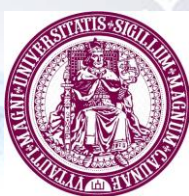


Міністерство освіти і науки України,
Хмельницький національний університет (Україна)
Люблінська Політехніка (Польща)
Університет Вітовта Великого (м. Каунас, Литва)

*Присвячується 60-річчю
Хмельницького національного університету*



СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРІЇ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТРАНСПОРТУ

**Збірник тез доповідей
Міжнародної науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти і молодих учених**

**18-19 жовтня 2022 року
м. Хмельницький**

Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту:
збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти і молодих учених, 18-19 жовтня 2022 р. –
Хмельницький : ХНУ, 2022. – 378 с.

У збірнику наведені тези доповідей, які розглядалися на Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту» (18-19 жовтня 2022 р.).

Тези доповідей подано в авторській редакції з дотриманням індивідуального стилю. За фактичний матеріал і його інтерпретацію відповідальність несуть автори.

Відповідальний за випуск: д.т.н., проф. Олександренко В.П.

Технічний редактор: д.т.н., проф. Диха О.В.

Комп'ютерний набір і верстка: Марченко М.В.

© «Хмельницький національний університет», 2022

ЗМІСТ

Інновації в машинобудуванні

<i>Залобовський М.Г., Панасюк І.В.</i> Synthesis of redundant-free seven-link spatial mechanisms of part processing machine	9
<i>Данчук Л.Р., Гордєєв А.І., Ткачук В.П.</i> Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «корпус гідроциліндра ГО-342» із застосуванням верстатів з ЧПК.....	14
<i>Каразей В.Д., Соколан К.С., Качановецький Д.Б., Ліньков Д.</i> Розроблення і дослідження пристрою для деталей типу «кришка»	19
<i>Кіт Д.С., Ткачук В.П., Литван Є.О., Соколан К.С.</i> Модернізація системи керування промислового робота МП-9С.....	24
<i>Косіюк М.М., Кравчук В.С., Мельник М.В.</i> Гібридна силова установка «ДВЗ - пневмодвигун / компресор» для автотранспортних засобів	28
<i>Костюк М.А., Литван Є.О., Косіюк М.М., Семенюк А.В.</i> Фрезерування складних декоративних елементів з натуральної деревини за допомогою верстатів із ЧПК	34
<i>Костюк М.А., Косіюк М.М.</i> Технологічне забезпечення нанесення антифрикційного покриття на неповні сферичні поверхні фрикційно-механічним способом	40
<i>Костюк С.А., Костюк М.А., Беринда Т.А., Косіюк М.М.</i> Удосконалення технології виготовлення геошурупів для модульних будинків.....	45
<i>Костюк Н.О., Гордєєв А.І.</i> Дослідження процесу знезаражування та зміни властивостей водного середовища у вібраційній машині поршневого типу	50
<i>Кошель О.С., Панасюк І.В.</i> Аналіз механізму з структурною групою ланок третього класу.....	56
<i>Кошель С.О., Верховенко О.С. Кошель Г.В.</i> Визначення послідовності дослідження механізмів вищих класів	59
<i>Кошель С.О., Сергєєв Д.Д. Кошель Г.В.</i> Структурні перетворення складного механізму третього класу	61
<i>Кушнірчук А.С., Ткачук В.П., Бубулis А., Бернацький В.В.</i> Розробка поворотного пристрою для пеленгаційної антени.....	64
<i>Миклуш Р.М., Урбанюк Є.А.</i> Підвищення точності оброблення довгомірних деталей на токарному верстаті з ЧПК врахуванням жорсткості його вузлів.....	68
<i>Хаврусь І.А., Савицький Ю.В., Гордєєв А.І.</i> Модернізація конструкції ділильної головки УДГ-160 для застосування на верстатах з ЧПК	73

**Трибологічні і матеріалознавчі проблеми
в інженерії та на транспорті**

<i>Padgurskas J., Volskis D., Jarašiūnas O.</i> Evaluation of machines and equipment maintenance systems	78
<i>Justas Uselis, Juozas Padgurskas, Anastasiia Storozhuk.</i> Gear oils and their tribological evaluation.....	82
<i>Беліков А.С., Маїчук З.М., Проців В.В.</i> Мазильні матеріали рейкового транспорту рідкі (пластичні) для пари тертя «колесо-рейка»	86
<i>Гетьман М., Диха О., Старий А.</i> Відпрацьовані кухонні олії (ВКО) як основа технічних мазильних матеріалів.....	92
<i>Гончар В.А., Баць О.Ю., Прус В.О., Кривіцький Я.В.</i> Типи паливних насосів, їх переваги та недоліки.....	97
<i>Диха О., Фасоля В., Старий А., Зябкін А.</i> Дослідження трибоконтактних характеристик роторного вузла турбокомпресора	103
<i>Заїка О.М., Самчук Л.М., Рудь В.Д.</i> Компонування складних конструкцій методами 3D друку	109
<i>Каплун П.В., Мельник В.О., Савельєв В.М.</i> Підвищення зносостійкості шестерень коробки передач автомобілів Ford Focus.....	114
<i>Козак Я.В., Івашко Я.М., Посонський С.Ф., Бабак О.П.</i> Дослідження характеристик вітрової турбіни Савоніуса та її модифікації.....	118
<i>Олександренко В.П., Свідерський В.П., Кириченко Л.М., Васильків В.В., Квасницький А.О.</i> Підвищення зносостійкості фторопластових покриттів, нанесених на металеві поверхні	124
<i>Паламарчук І., Романчук Ю., Дячук В., Дробот О.</i> Розробка та аналіз технологій підвищення абразивної зносостійкості деталей машин.....	129
<i>Поперечний Б.А., Бабак О.П., Вичавка А.А., Войтюк С.В.</i> Дослідження водневої системи живлення автомобіля та розробка систем зберігання водневого палива	133
<i>Потеряєв О.І., Євчун Д.І., Рудик А.В., Рудик О.Ю.</i> Проектування піднімача для ремонту автомобілів за допомогою Solidworks	137
<i>Стечишин М.С., Онищенко А.І., Бондар А.Ю.</i> Карбоазотування сталі ХВГ втлюючому розряді	141

**Шляхи удосконалення охорони праці та цивільної безпеки
за допомогою сучасних інноваційних технологій**

<i>Бородич П.Ю., Пономаренко Р.В., Дягілев К.А.</i> Удосконалення рятування постраждалого з приміщення з використанням новітніх нош НРВ-1	146
<i>Бородич П.Ю., Пономаренко Р.В., Лілохін М.О.</i> Удосконалення рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою новітніх нош НРВ-1	149
<i>Гаєвський В.Р., Филіпчук В.Л., Гаєвська С.Г.</i> Вплив коефіцієнта теплопровідності охолоджувальної води ТЕС на викиди шкідливих речовин.....	153

<i>Журбенко В.М., Беліков А.С.</i> Шляхи забезпечення охорони праці при виконанні робіт високої зорової точності	158
<i>Кусковець С.Л., Шаталов О.С., Овсіюк В.О.</i> Щодо питання вибухів побутового газу у житлових будівлях та шляхи їх запобігання	163
<i>Романішина О.В., Руснак Д.В.</i> Удосконалення напрямів забезпечення пожежної безпеки	169
<i>Третьяков О.В., Поташина К.С.</i> Визначення потенційної небезпеки у робочій зоні працівників транспортної галузі на основі інтегрального показника	174
<i>Третьяков О.В., Сігнаєвський О.М.</i> Визначення виробничого ризику промислового підприємства для управління охороною праці	180
<i>Черкашин О.В., Пономаренко Р.В.</i> Методика розрахунку імовірної кількості пожеж, які будуть ліквідуватися ланками газодимозахисної служби	184

Архітектура та містобудування

<i>Басалюк Л., Сердечна А.</i> Самчиківський розпис як засіб розвитку світовідчуття та творчого потенціалу студентів технічних спеціальностей.....	193
<i>Гнезділова Д.М., Костюк С.А., Негай Г.А.</i> Імплементация житлових комплексів з модульних будинків в архітектурне середовище міста	196
<i>Дорофєєв О., Гара А.</i> Машикулі: історія виникнення	202
<i>Кухарчук О.О., Савельєва Д.І., Негай Г.А.</i> Концепція диференціації прибудинкового простору	206
<i>Нікітчук В.В., Негай Г.А.</i> Криволінійність в архітектурі.....	210
<i>Підгайчук С.Я., Яворська Н.М., Смутко С.В., Мельник М.В.</i> Використання комп'ютерних програм при розробці креслень фортифікаційних споруд	214
<i>Потапчук М.С., Негай Г.А.</i> Природа інформативності архітектури	216
<i>Савельєва Д.І., Риба К.С., Машовець Н.С.</i> Аналіз рекреаційної системи Хмельницької області	221
<i>Синюк К.О., Конопльова О.В.</i> Зелена архітектура як засіб гуманізації міського середовища	224

Агроінженерія та галузеве машинобудування

<i>Білік Ю.М., Гусак І.О., Трофимчук М.О.</i> Установка для вирощування зеленого корму гідропонним методом	230
<i>Борис М.М., Остапцишин Е.С., Васильків В.В.</i> Установка для отримання соєвого молока	234
<i>Замойський С.М., Медведчук Н.К., Садовий І.Ю.</i> Автомобільні вантажні перевезення.....	238
<i>Замойський С.М., Помаля М.Я., Петренко А.Г.</i> Транспортно-технологічні процеси у сільськогосподарському виробництві	248

<i>Мартинюк А.В., Курської В.С., Салтановський Д.С.</i> Догляд за посадками картоплі	252
<i>Мартинюк А.В., Сторожук А.І., Нагірна О.В., Пасічник А.В.</i> Автоматизація визначення вегетаційного індексу NDVI в середовищі QGIS	258
<i>Марченко М.В., Харжевський В.О., Потаєв А.П.</i> Багатопараметрична оптимізація роботи циклона CFD-методом	263
<i>Нагабась В.В., Шляховий С.М., Лук'янюк М.В., Стечишин М.С.</i> Підвищення зносостійкості ножів подрібнювача соломи комбайна Claas Lexion азотуванням в тліючому розряді	267
<i>Олександренко В.П., Мартинюк А.В., Гончарук В.В.</i> Удосконалення процесу збирання кукурудзи на зерно	271
<i>Оничко В.І., Помала М.Я.</i> Вплив мінерального живлення і норм висіву насіння на врожайність зерна проса	277
<i>Ярошенко П.М., Остапшин Е.С., Васильків В.В.</i> Про застосування комбінованих агрегатів для обробітку ґрунту в різних зонах України	283

Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

<i>Белей О.І., Панчак С.Т.</i> Побудова моделі трафіку взаємодії пристроїв інтернету речей	286
<i>Біньковська А.Б., Мамедов Р.І.</i> Система стабілізації швидкості обертів привода електричного генератора	292
<i>Богдан С.Є., Козачок Л.М.</i> Моделювання управління системами за допомогою процесів нечіткої логіки	301
<i>Захарова А.М., Чибіряк Я.І., Лавров Е.А.</i> Моделі для аналізу варіантів технологій складання виробів у машинобудуванні	306
<i>Підгайчук С.Я., Яворська Н.М., Пасічник А.В., Сторожук А.І.</i> Розвиток просторової уяви студентів шляхом візуалізації завдань з нарисної геометрії	311
<i>Рудик О.Ю., Псьол С.В., Речицький В.В.</i> Дослідження працездатності деталей автомобілів за допомогою Solidworks Simulation	316
<i>Сульчаков Я.Є., Жмакін О.О.</i> Модель підсистеми побудови маршруту мобільного робота при наявності перешкод	321
<i>Харжевський В.О., Марченко М.В., Гураль Д.І.</i> Автоматизація проектування кулачково-цівкових механізмів у Solidworks з використанням методів оптимізації	328
<i>Хруцький А.О., Золотар Д.О.</i> Дослідження та розробка модуля САПР для побудови роликів стрічкового конвеєра	334

**Сучасні засоби автоматизації виробництва,
мехатроніка та робототехніка**

<i>Гарбар Є., Поліщук О.</i> Перспективи застосування робототехнічних систем для виконання операцій легкої промисловості	338
<i>Свачій Ю.С., Майдан П.С., Соколан Ю.С.</i> Моделювання роботи маніпулятора фірми Siemens	341
<i>Слободян А.С., Макаришкін Д.А.</i> Моделювання роботи стрічкового конвеєра фірми Siemens.....	346

Енерго-і ресурсозберігаючі технології та обладнання

<i>Лісевич С., Поліщук О., Грудінін В., Первак А.</i> Перспективи створення обладнання для виготовлення філаменту для 3D-друку з гранульованих чи подрібнених відходів полімерів	351
<i>Лучинський М., Поліщук О.</i> Пристрій з електромагнітним приводом для виконання операцій маркування і клеймування деталей та виробів легкої промисловості	354

**Новітні технології та засоби виробництва
в галузях промисловості**

<i>Polishchuk A., Tanski T., Polishchuk O.</i> Creation of polymer materials with specified properties based on secondary crushed polyethylene terephthalate for 3D printing of finished products and parts	358
<i>Polishchuk O., Polishchuk A., Bonek M., Lisevich S.</i> Prospects for creating technology and equipment for 3D printing with a mixture of polymer and metal powders	361
<i>Косенков В., Івлєв Д., Поліщук О., Лісевич С., Поліщук А.</i> Електрична машина бііндукторного типу.....	364
<i>Поліщук А., Скиба М.</i> 3D-принтер для друку гранулами та подрібненими відходами полімерних матеріалів	367
<i>Скиба М., Лісевич С., Поліщук О., Попитченко Б.</i> Систематизація обладнання, способів та процесів розкроювання текстильних матеріалів у підготовчо-розкрійному виробництві	371
<i>Смутко С., Кунцов О.</i> Аналіз шляхів підвищення точності механізмів технологічного обладнання	375

Інновації в машинобудуванні

УДК 621.924.7

Залюбовський М.Г.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

Панасюк І.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

SYNTHESIS OF REDUNDANT-FREE SEVEN-LINK SPATIAL MECHANISMS OF PART PROCESSING MACHINE

New redundant-free seven-link hinge mechanism of a machine with complex motion of the working tank have been developed. This machine is used for 3D machining of parts and mixing of bulk solids. The mathematical expressions for the analysis of the basic structural and geometrical parameters of the mechanisms are obtained.

СИНТЕЗ ПРОСТОРОВИХ СЕМИЛАНКОВИХ МЕХАНІЗМІВ МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Розроблено нову конструкцію семиланкового просторового шарнірного механізму без пасивного зв'язку машини зі складним рухом робочої ємкості, що використовується для об'ємної обробки деталей та змішування сипких речовин, отримані математичні вирази для розрахунку їх основних конструктивних та геометричних параметрів.

Spatial mechanisms have been used by man since ancient times. Now, they have found application in many different industries [1]. However, the use of spatial mechanisms with rotating kinematic pairs only is quite problematic. Such mechanisms are characterized by the complexity of their structural configuration. Quite often in the kinematic chains of such mechanisms there may be a redundant that adversely affects the performance of the relevant machining equipment or does not allow designing it in compliance with the necessary technological requirements.

An example of equipment based on a spatial mechanism with rotating kinematic pairs with a redundant in the kinematic chain is the basic configuration of a machine with complex spatial motion of the working tank [2] that is used for mixing of fine bulk substances [3, 4] as well as for 3D machining of parts, in particular, for the improvement of the surface quality [5] (grinding and polishing), the separation of parts from the sprue [6], etc.

It has been established [7] that this spatial mechanism does not function unless certain ratios of the lengths of its links are met. Accordingly, the presence of a redundant in the kinematic chain of the mechanism may lead to technological problems associated with the calculation and assignment of tolerance limits with increased accuracy as well as with the risk of sudden failure of the mechanism as a result of, for example, slight deformation of one of its links.

There is another way to remove the redundant by adding an additional movable link with a vertical axis of rotation to the kinematic chain of the machine. The model of the machine with an arm as additional movable link and the kinematic chain of its spatial mechanism are presented in Fig. 1.

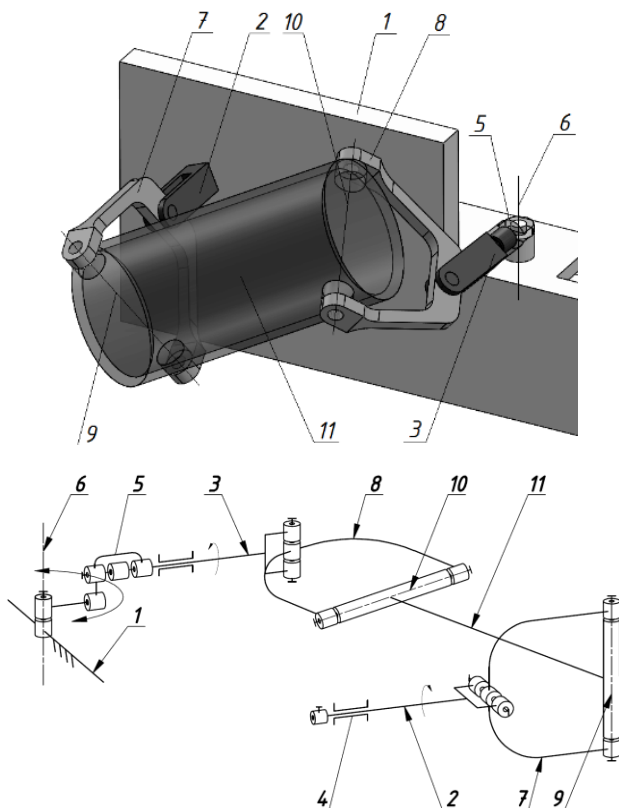


Fig. 1 – The model of the machine with an arm as additional movable link and the kinematic chain of its spatial mechanism

The spatial mechanism of the machine comprises frame 1, drive shaft 2, driving shaft 3, with drive shaft 2 mounted in bearing support 4, and driven shaft 3 kinematically connected to arm 5 that is movably mounted in frame 1 so that it may oscillate in a horizontal plane relative to vertical axis 6. The drive and driven shafts 2 and 3 hinged at the other ends with drive and driven forks 7 and 8, respectively, are diametrically orthogonal; their geometric axes 9 and 10 are the mounting axes of working tank 11.

When the machine mechanism with arm 5 as an additional movable link is operating, driven shaft 3 for one revolution of drive shaft 2 oscillates at angle δ . For developing this configuration of the machine, the main task is to determine rational distance l_0 between the horizontal axis of drive shaft 2 and the vertical axis of rotation 6 of arm 5, as well as to obtain an expression for determining the amplitude of oscillation angle δ of driven shaft 3, depending on the varying geometric parameters of the machine.

To do this, let us consider this configuration of the machine, provided that the driven shaft is at one of its extreme positions. The top view of the moving parts in this position is shown in Fig. 2 (the notation of the links in Fig. 2 coincide with that of the kinematic chain in Fig. 1).

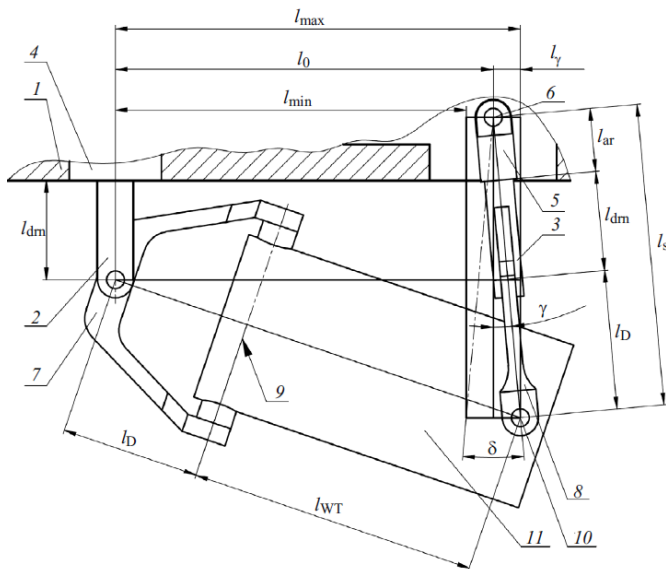


Fig. 2 – The top view of the moving parts in this position

The distance l_0 may be determined as follows:

$$l_0 = \frac{l_{MAX} + l_{MIN}}{2}. \quad (1)$$

Also, the distances l_{max} and l_{min} may be calculated with the use of formulas in [8]:

$$l_0 = \frac{\sqrt{(l_B + l_{PC})^2 - l_B^2} + \sqrt{l_{PC}^2 + 4(l_B \cos 45^\circ)^2}}{2}. \quad (2)$$

From Eq. (2) we may calculate the rational length l_0 that corresponds to the mean position of the oscillation angle δ of the arm together with the driven shaft of the machine. The amplitude of oscillation angle δ depends on the geometric parameters of the machine and is determined as follows:

$$\delta = 2\gamma, \quad (3)$$

where γ is the angle of oscillation of the arm during the displacement from the mean position. The angle γ may be determined as follows:

$$\gamma = \arcsin \frac{l_\gamma}{l_\delta}, \quad (4)$$

where l_γ is the difference between distance l_{max} (l_{min}) and l_0 ; l_s is the distance that comprises the length of the arm l_{ar} , the length of the driven shaft l_{dm} , and the length of the fork l_f .

Let us write the formula for the determination of the length l_δ :

$$l_\delta = l_e + l_{ge\delta} + l_k. \quad (5)$$

It is recommended that the arm having length l_{ar} in the position when the axis of the driven shaft is parallel to that of the drive shaft does not protrude over the machine frame.

As for l_γ , it is determined by the following formula:

$$l_\gamma = \frac{l_{MAX} - l_{MIN}}{2}. \quad (6)$$

Let us write formula (6) given Eqs. obtained in [8, 9]:

$$l_\gamma = \frac{\sqrt{(l_B + l_{PC})^2 - l_B^2} - \sqrt{l_{PC}^2 + 4(l_B \cos 45^\circ)^2}}{2}. \quad (7)$$

Expression (2.9) will have the form:

$$\delta = 2 \arcsin \frac{\sqrt{(l_B + l_{PC})^2 - l_B^2} - \sqrt{l_{PC}^2 + 4(l_B \cos 45^\circ)^2}}{2 \cdot (l_a + l_{\text{rod.}} + l_k)}. \quad (8)$$

Hence, based on Eq. (8) we may calculate the amplitude of oscillation angle δ of the driven shaft, depending on the varying geometric parameters of the machine links.

Conclusion. A possible option for freeing the spatial mechanism of the machine for processing parts from passive communication is presented. The synthesis and further analytical study of a seven-link spatial mechanism, in the kinematic chain of which there is no passive connection, was performed. Mathematical dependencies are analytically obtained for determining the main geometric ratios of the lengths of the links of the developed machine structure.

References

1. Antonyuk E.Ya., Sakharnov V.A., Koval' N.I. Dynamic System of an Engine with Spatially Rocking Links: a Mathematical Model // *Int. Appl. Mech.* – 2010. – 46, N 9. – P. 1039 – 1049;
2. *Marigo M.* Discrete Element Method Modelling of Complex Granular Motion in Mixing Vessels: Evaluation and Validation: dissertation – The University of Birmingham, UK., 2012. – 316 p.;
3. Zalyubovskii M. G., Panasyuk I. V. On the study of the basic design parameters of a seven-link Spatial mechanism of a part processing machine // *Int. Appl. Mech.*, 56, issue 1, April 2020, 54 – 64;
4. Zalyubovskiy M.G., Panasyuk I.V., Smirnov Y.I., Klaptsov Y.V., Malyshev V.V. Experimental investigation of the handling process of polymeric units in a machine with a compacted space movement of working capacity // *Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design* – 2019. – Vol. 2. – P. 24 – 32;
5. Willy A. Bachofen (WAB): сайт Willy A. Bachofen AG, Maschinenfabrik. – 2022 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.wab-group.com/en/mixing-technology/products/> (дата відвідування: 09.10.2022).
6. Залюбовський М.Г. Розробка конструктивних параметрів машини для змішування та обробки деталей легкої промисловості зі складним рухом робочої ємкості // 2-га Міжнародна науково-практична інтернет-конференція "Актуальні проблеми інженерної механіки" 16-20 березня 2015 р. Тези доповідей – С. 20-25;
7. Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., Малишев В.В. Машини зі складним рухом робочих ємкостей для обробки полімерних деталей: монографія – К.: Університет «Україна», 2018. – 228 с.;
8. Zalyubovskiy M. G. Synthesis and analysis of redundant-free seven-link spatial mechanisms of part processing machine / M.G. Zalyubovskiy, I.V. Panasyuk, S.O. Koshel', G.V. Koshel' // *International Applied Mechanics*, 57, No. 4, July 2021, 466 – 476;
9. Zalyubovskii M. G. Studying the main design parameters of linkage mechanisms of part-processing machines with two working barrels / M. G. Zalyubovskii, I. V. Panasyuk // *International Applied Mechanics*, 56, No. 6, November 2020, 762 – 772.

УДК 621.9

Данчук Л.Р., Гордєєв А.І., Ткачук В.П.
Хмельницький національний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ГІДРОЦИЛІНДРА ГО-342» ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

***Анотація.** Вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу, застосувавши верстати з ЧПК, а саме токарний центр з ЧПК ST30 фірми HAAS (США) та вертикально-свердлувальний верстат з ЧПК 2P135Ф2 для якого спроектовано переналагоджуєми пристрій для встановлення, базування та закріплення заготовки.*

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURING PARTS "HYDRAULIC CYLINDER BODY GO-342" USING CNC MACHINES

***Abstract.** The technological process of manufacturing the case has been improved by using CNC machine tools, namely a turning center with CNC ST30 from HAAS (USA) and a vertical drilling machine with CNC 2R135F2, for which a reconfigurable device for installing, basing and fixing the workpiece has been designed.*

Постановка проблеми. Машинобудування є важливою галуззю промисловості народного господарства країни. Його продукція – машини різного призначення поставляються всім галузям народного господарства. Ріст промисловості і народного господарства, а також темпи переозброєння їх новою технікою в значній мірі залежать від рівня розвитку машинобудування. Перед технологами-машинобудівниками стоять задачі подальшого збільшення якості машин, зниження працєемкості, собівартості та матеріалоемності їх виготовлення, впровадження поточних методів роботи, механізації і автоматизації виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва до нових об'єктів.

У наш час питання розвитку виробництва є наукомістким завданням, але розвиток виробництва без вкладення в нього сучасних засобів підприємства існувати не можуть. На сьогодні стало помітне

прагнення заводів максимально знижувати собівартість своєї продукції, застосовувати більше високопродуктивне встаткування й оснащення, оснащувати верстати промисловими роботами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Верстати з числовим програмним керуванням дозволяють автоматизувати процеси механічної обробки навіть в умовах дрібносерійного виробництва. Гнучкість систем ЧПК і можливість підключення верстатів до загальної системи управління від однієї ЕОМ створюють перспективу використання цих верстатів і в умовах масового виробництва. Ефективність застосування верстатів з ЧПК досягається за рахунок зменшення витрат на технічне оснащення, втрат від браку, скорочення виробничих площ, підвищення режимів різання та концентрації операцій. В умовах дрібносерійного та серійного виробництва складова машинного часу на універсальних верстатах складає від 20 до 40 %, а на верстатах з ЧПК вона збільшується від 50 до 70 % [1].

Постановка завдання. Технічна задача вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу полягає у використанні багатогоцілових верстатів з ЧПК та нових інструментальних матеріалів, що дозволяє значно скоротити час обробки деталі, що в свою чергу призводить до зменшення собівартості, підвищує точність оброблення та його конкурентоспроможність на ринку даної продукції.

Тому вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», та розроблення конструкцій верстатних пристроїв є актуальною технологічною задачею.

Виклад основних матеріалів. Деталь «Корпус гідроциліндра ГО-342», є базовою деталлю одностороннього гідроциліндра й призначена для встановлення різних деталей гідроциліндра, що входять у його конструкцію, щодо її поверхонь. До деталі корпус гідроциліндра пред'являються високі технічні вимоги до виготовлення відповідальних поверхонь та вимоги високого опору зношування.

З точки зору аналізу по геометричній формі, деталь є простою і немає поверхонь, що важко оброблюються, крім канавки, що потребує застосування борштанги. Усі поверхні є простими і являють собою торці, зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні. Це є перевагою тому що точність та стабільність обробки в значній мірі залежить від простоти конструктивних форм. Розміри на кресленні деталі (рис. 1). проставлені так, що дозволяють використовувати суміщення баз. Це призводить до більшої точності виготовлення деталі за рахунок

виключення похибок установки та базування. Значення допустимих та граничних відхилень розмірів та шорсткості проставлені тільки на робочі поверхні, а на невідповідальні поверхні проставлені невисокі умови та є поверхні, що не оброблюються.

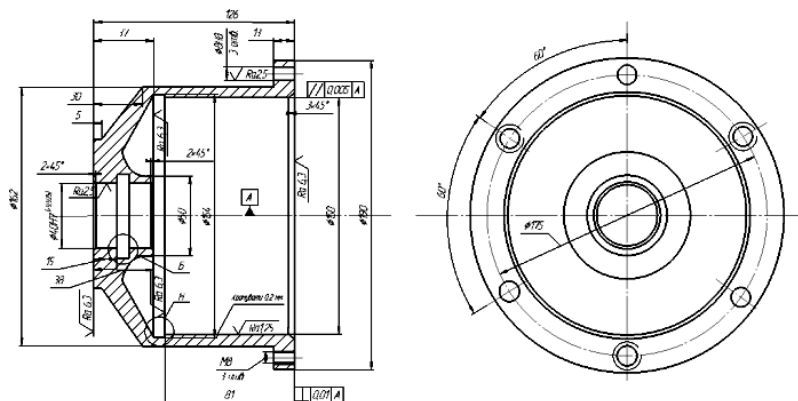


Рис. 1 – Креслення деталі корпуса одностороннього гідроциліндра

Верстати з ЧПК оснащені сервомоторами, які приводяться в дію системою ЧПК, а та, в свою чергу, в точності виконує команди керуючої програми. Узагальнюючи, можна сказати, що тип руху, величина і швидкість переміщення програмується у всіх типах систем з ЧПК. В умовах нормальної експлуатації один верстат з ЧПК дозволяє замінити від 2 до 6 одиниць універсального обладнання, крім того, значно скорочується термін підготовки виробництва і тривалість циклу виготовлення продукції, зростає гнучкість.

Перша перевага використання верстатів з ЧПК полягає у більш високому рівні автоматизації. Більшість верстатів з ЧПУ можуть працювати автономно впродовж усього процесу обробки заготовки деталі, тому оператор-верстатник може виконувати інші завдання.

Друга перевага використання технології ЧПК полягає в точнішому виготовленні деталі. Сьогодні виробники верстатів з ЧПУ говорять про найвищу точність і надійність устаткування. Це означає, що програма, яка управляє, може бути використана на верстаті з ЧПК для виробництва десяти або тисячі абсолютно ідентичних деталей, причому при повному дотриманні вимог до точності.

Третьою перевагою застосування будь-якого устаткування з ЧПК являється гнучкість і можливість швидкого переналагоджування верстата. На устаткуванні з програмним керуванням виготовлення різних деталей зводиться до простої заміни програми, що керує.

У новому технологічному процесі оброблення деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», для виконання операції токарної обробки, запропоновано використовувати токарний центр з ЧПК ST30 нового покоління фірми HAAS (США), а його вигляд представлений на рис. 2. [2].

Для операції свердлування отворів на фланці деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342» запропоновано застосовувати верстат з ЧПК 2P135F2 з відповідним проектуванням переналагоджуемого пристрою для встановлення, базування та закріплення заготівки.



Рис. 2 – Загальний вигляд верстата з ЧПК ST30 фірми HAAS

Застосування верстатів з ЧПК у вдосконаленому технологічному процесі дозволить скоротити кількість одиниць обладнання та підвищити точність та якість виробу.

Висновки

1. Проаналізовано призначення, конструкцію та технічні вимоги на об'єкт виробництва. Визначено тип виробництва та степінь технологічності деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», проаналізовано сучасні досягнення та шляхи удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу гідроциліндра, визначено перспективне обладнання та різальний інструмент.

2. Для визначеного типу виробництва проведено вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу, застосувавши верстати з ЧПК, а саме токарний центр з ЧПК ST30 фірми HAAS (США) та вертикально-свердлувальний верстат з ЧПК 2P135Ф2 для якого спроектовано пристрій, що переналагоджується для встановлення, базування та закріплення заготовки «Корпус гідроциліндра ГО-342».

3. Проведено обґрунтування технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі «Корпус гідроциліндра ГО-342», а саме вибрано обладнання та різальний інструмент, розраховано припуски на обробку, розраховано режими різання по операціях, проведено нормування операцій.

Література

1. Марголит Р.Б. Эксплуатация и наладка станков с программным управлением и промышленных роботов. М.: Машиностроение, 1991. 272 с.
2. Багатоцільові токарні верстати з ЧПК Haas Automation Ink. Каталог.

УДК 65.011.56

Каразей В.Д., Соколан К.С., Качановецький Д.Б.

Хмельницький національний університет, Україна

Ліньков Д.

Університет Торонто, Канада

РОЗРОБЛЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «КРИШКА»

Анотація. У роботі розглядається дослідження та розроблення пристрою для встановлення плоских деталей типу кришок, плит, підкладок, фланців.

Запропонована конструкція пристрою призначена для встановлення та закріплення прямокутних плит та кришок, що здійснюється за допомогою притисків. Установочний пристрій може бути встановлений як на столі верстата, так і на базових плитах, що входять до різних комплектів збірних верстатних пристроїв.

Ключові слова: деталь, схема базування, притиск, розмірний ланцюг, напружено-деформований стан, пристрій.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A DEVICE FOR "COVER" TYPE PARTS

Abstract. The work considers the study and development of a device for installation of flat parts such as covers, plates, pads, flanges. The main operations of the technological process in the manufacture of these parts are the processing of flat surfaces and holes: milling, grinding, drilling, countersinking, reaming, threading.

The proposed device design is designed for mounting and fixing rectangular plates and covers with clamps. The setting device can be installed both on the machine table and on the base plates included in different sets of prefabricated machine tool devices.

Keywords: part, basing scheme, clamping, dimensional chain, stress-strain state, device.

Постановка проблеми. Тонкостінні деталі широко використовуються у виробі машинобудівного виробництва. Тонкостінні конструкції деталей знижують металомісткість виробу, але досягнення необхідної точності для таких деталей стає складною виробничою та технологічною задачею. Головною задачею технологічної підготовки виробництва в таких умовах стає

максимально точне оцінювання і прогнозування похибок, які можуть виникнути в процесі технологічної наладки та механічної обробки.

У конструкціях виробів на багатьох підприємствах використовується велика кількість деталей типу кришок, пластин, косинців, підкладок, що мають товщину 4 -7 мм (рис. 1).

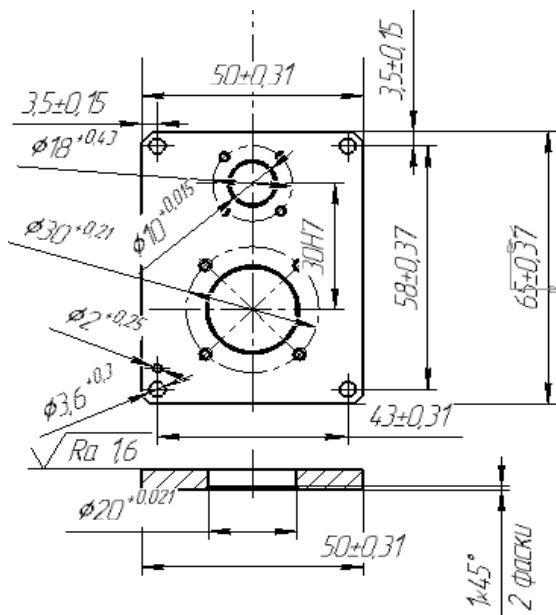


Рис. 1 – Деталь «Кришка»

Основними операціями технологічного процесу при виготовленні таких деталей є обробка плоских поверхонь та отворів: фрезерування, шліфування, свердлування, зенкерування, розвірчування, нарізання різьби.

Під час обробки деталі кріпляться безпосередньо на столі верстата за допомогою простих установочних притисків та упорів, що значно знижує продуктивність праці і точність обробки.

Виклад основного матеріалу. Вибір схеми базування заготовки залежить від геометричної форми та конструктивних особливостей заготовки (наявність площин, уступів, отворів тощо), точності розмірів, форми та просторового розташування поверхонь одна відносно іншої, якості та шорсткості поверхонь, жорсткості.

Були проаналізовані різні схеми базування плоских заготовок на верстатах з ЧПК; на основі аналізу схем базування вибрана найбільш раціональна схема базування по трьом площинам (в координатний кут), при цьому заготовка втрачає всі 6 степенів вільності. Начисто оброблена площина основи служить основною базою, бокова поверхня – напрямною базою, поверхня торця – опорною базою. Така схема базування є найбільш простою, надійною і точною.

Розрахунок точності верстатного пристрою проводиться на базі теорії розмірних ланцюгів.

Схема розмірних ланцюгів деталі «Кришка» приведена на рис. 2.

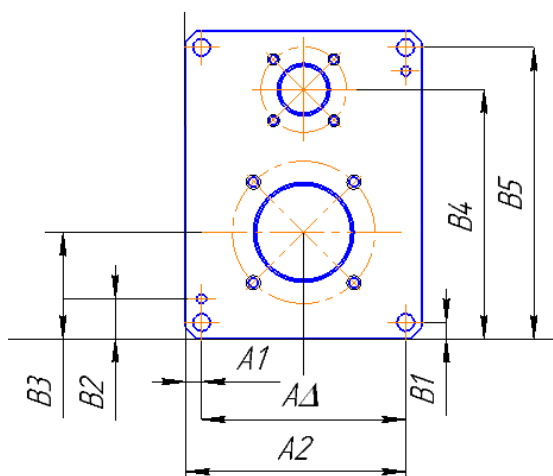


Рис.2 – Розмірні ланцюги деталі «Кришка»

Для визначення можливості досягнення точності розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь деталі «Кришка» при проведенні механічної обробки поверхонь на верстатному пристрої також виконано дослідження напружено-деформованого стану деталі «Кришка» за допомогою програми SOLIDWORKS Simulation.

Модель деталі апроксимувалася регулярною сіткою, що складається з трикутних призматичних кінцевих елементів.

Визначаються переміщення та напруження, що виникають в деталі при різних навантаженнях опорної поверхні при обробці та визначаються переміщення елементів системи під дією сили різання.

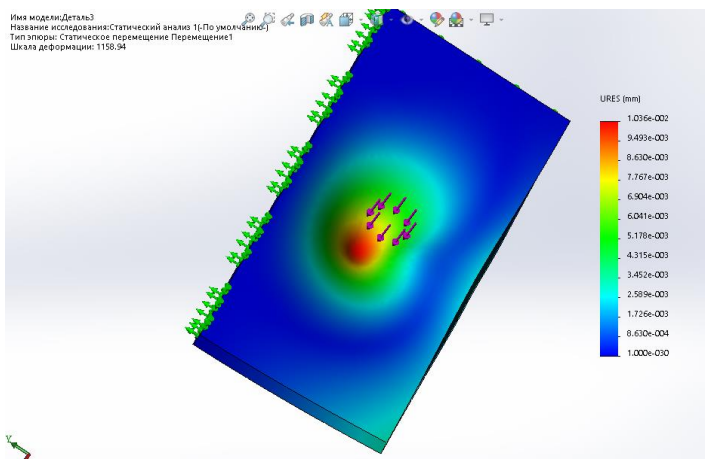


Рис.3 – Перемещения детали при зусиллі різання 1000 Н

Результати досліджень напружено-деформованого стану показали, що величини переміщень і напружень, які виникають у процесі механічної обробки, у запропонованому верстатному пристрої є незначними, наприклад, деформації не перевищують 0,3 мкм.

Після затиску заготовки утворюється єдина система, що включає заготовку, опори, корпус пристрою.

Запропонована конструкція пристрою призначена для встановлення та закріплення прямокутних плит та кришок, що здійснюється за допомогою притисків. Установочний пристрій може бути встановлений як на столі верстата, так і на базових плитах, що входять до різних комплектів збірних верстатних пристроїв. [3].

Таке технічне рішення у сукупності з обертовим столом верстата дозволяє виконати всі свердильно-фрезерно-розточувальні операції при незмінному закріпленні заготовки на одній комплексній операції, виконуваний на оброблювальному центрі з ЧПК. Таким чином, технологічний процес скорочується на декілька операцій

Висновки. Проведені дослідження напружено-деформованого стану показали, що розроблена конструкція пристрою дозволяє виконувати обробку деталей типу плит та кришок при одному закріпленні, забезпечує необхідну точність оброблення, відповідає умовам міцності, а також значно скорочує витрати часу на переналагодження.

Література

1. Розмірні ланцюги/Ю.С.Паливода, А.Є.Дячук., Ю.Б.Кацапіля.,І.С. Ткачук – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018 – 132с.
2. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1./ Ю.І Адаменко, О.М.Герасимчук та ін.. – Івано-Франківськ: Симфонія-форте, 2016 - 164с.
3. Резерви підвищення гнучкості верстатних пристроїв механообробного виробництва /В.О. Іванов В.Є. Карпусь, І.М. Дегтярьов //Вісник ЖДТУ / Серія «Технічні науки. – Житомир: ЖДТУ, 2015. – № 4 – с. 38–44.

References

- 1.Dimensional chains/Y.S. Palivoda, A.E. Dyachuk, Y.B. Katsapilya, I.S. Tkachuk - Ternopil: Ivan Pulyu National Technical University of Ternopil, 2018 - 132 p.
2. Tolerances, fits and technical measurements. Practicum. Part 1./ Y.I. Adamenko, A.M. Gerasymchuk et al. - Ivano-Frankivsk: Symphony-Forte, 2016 - 164p.
3. Reserves to increase the flexibility of machine tools machining production / V.A. Ivanov V.E. Korpus, I.M. Degtyarev // Bulletin of ZhDTU / Series "Technical Sciences. - Zhitomir: ZhDTU, 2015. - №4 - с. 38-44.

УДК 62-522.7

Кіт Д.С., Ткачук В.П., Іштван Є.О., Соколан К.С.

Хмельницький національний університет

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА МП-9С

***Анотація.** У даній статті запропоновано варіант модернізації системи керування промислового робота МП-9С за допомогою мікроконтролера Arduino, який дозволяє зменшити габарити та масу системи керування, підвищити її ефективність та спростити процес автоматизації виробничого процесу*

***Ключові слова:** система керування, промисловий робот, пневматичний привод, реле, контролер, arduino*

MODERNIZATION OF THE MP-9S INDUSTRIAL ROBOT CONTROL SYSTEM

***Abstract.** This article proposes an option to modernize the control system of the MP-9S industrial robot using an Arduino microcontroller, which allows you to reduce the size and weight of the control system, increase its efficiency, and simplify the process of automating the production process*

***Keywords:** control system, industrial robot, pneumatic drive, relay, controller, arduino*

Промисловий робот МП-9С досить широко використовується для підготовки студентів у різних ЗВО.



Рис. 1 – Робот МП-9С

До його складу входять маніпулятор з однією «рукою», електронний цифровий програмний пристрій ЕЦПУ-6030, кабелі, компресор і вузол підготовки повітря. Компресор забезпечує подачу повітря. У вузлі підготовки повітря регулюється його тиск і впорскується мастило для пневмоциліндрів. У маніпуляторі кожен рух виконує окремий пневмоциліндр, у протилежні порожнини якого стиснене повітря потрапляє через два електропневморозподільники (електропневматичні клапани). Причому при подачі повітря він поступає в порожнину циліндра, а з протилежної порожнини повітря скидається в атмосферу через дросель (пневмоопір), яким забезпечений кожен клапан. За рахунок зміни прохідного перерізу дроселя при обертанні викруткою його шліц вдається регулювати швидкість переміщення пневмоциліндрів. Відкрити клапан і подати повітря в пневмоциліндр можна, подавши напругу 24VDC на його котушку. При досягненні крайніх положень пневмоциліндрів спрацьовують безконтактні (герконові) замикачі, за сигналами яких можна відключити напругу живлення на відповідній котушці клапана [1].

Існують два способи програмування робота: навчання та програмування за допомогою деякої алгоритмічної мови. Перший спосіб відрізняється простотою і вимагає високої кваліфікації людини-оператора, але не дозволяє програмувати складні технічні процеси. Мовне програмування перспективніше, оскільки мало обмежень за рівнем складності створюваних програм і допускає інтерактивне управління роботами.

Відомі два різні підходи до створення мови управління роботами. Один із них полягає у розробці нової, спеціально призначеної для програмування робототехнічних завдань мови. При цьому підході передбачається, зокрема, що синтаксис мови пристосований до опису поведінки робота, тобто настільки зрозумілий та економічний, наскільки це можливо. Альтернативним підходом є використання традиційних універсальних мов програмування високого рівня для вирішення завдань робототехніки за умови, що обрана мова дозволяє визначати необхідні структури даних та керуючі команди маніпулятора.

Ціль цієї статті – показати приклад модернізації промислового робота МП-9С за рахунок використання замість пристрою ЕЦПУ-6030 контролера Arduino. Маніпулятор та пристрій ЕЦПУ-6030 з'єднуються між собою за допомогою двох багатожильних кабелів, на кінцях яких

встановлені круглі 19-ти контактні роз'єми. Причому якщо через перший сигнали з герконових замикачів надходять на пристрій програмування, через другий управлячі сигнали надходять на котушки клапанів. Враховуючи, що в другому роз'ємі є вільні контакти, було вирішено всі сигнали звести в один роз'єм, як на рис. 2.

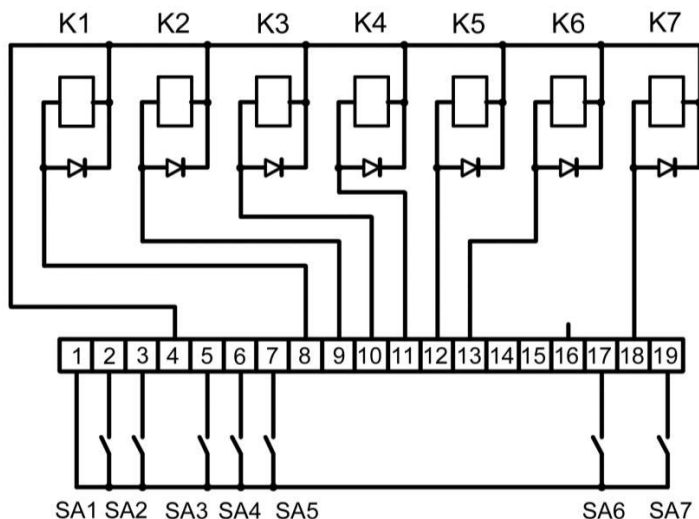


Рис. 2 – Принципова електрична схема підключення котушок клапанів та герконових замикачів до роз'єму маніпулятора

Маніпулятор МП-9С використовує пневмоелектричні клапани П-РЭЗ/2,5-1112 [2], які при живленні 24 В споживають до 1 А кожен. Одночасно можуть працювати до 4 клапанів, що і складає основне споживання роботою 4 ампер струму, додаючи 20% ми отримаємо параметри блоку живлення 24В 5А. Керування системою відбувається мікроконтролером фірми Atmel ATmega328 це 8-бітний контролер родини AVR. Оскільки робоча напруга контролера не перевищує 5В, то керування силовою частиною використовуються електромеханічні реле, які, для уникнення ризику залипання контактів, планується замінити на збірку mosfet транзисторів IRF520[1], для керування яких можна використовувати напругу 4-5В, а струм комутації 2 А до 100 В напруги, що повністю задовольняє потреби нашої системи на кожен окремий канал керування.

Для підключення сенсорів кінцевого положення типу геркон додано гальванічну розв'язку на кожную лінію та dc-dc перетворювач для зниження напруги живлення.

Література

1. Лісовець С.М. Автоматизована система керування промисловим роботом МП-9С з використанням ПЛК110-32.P / С.М. Лісовець, С.В. Барилко, В.Г. Здоренко, І.Л. Ківа // Вісник інженерної академії України. – 2018. – No 3. – С. 112–116.
2. Лісовець С.М. Мікроконтролерне керування промисловим роботом МП-9С / С.М. Лісовець // Вісник інженерної академії України. – 2019. – No 4. – С. 159–163.

УДК 621.541

Косіюк М.М., Кравчук В.С., Мельник М.В.

Хмельницький національний університет

ГІБРИДНА СИЛОВА УСТАНОВКА «ДВЗ - ПНЕВМОДВИГУН / КОМПРЕСОР» ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

***Анотація.** Запропонована гібридна силова установка (ГСУ) автотранспортного засобу (АТЗ). Вона є композицією основного двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) і допоміжного пневматичного агрегату, здатного працювати в режимі пневмодвигуна або компресора завдяки використанню оригінального оборотного перетворювача напрямку руху (ПНР). Практичне використання ГСУ дозволяє суттєво знизити вартість пробігу АТЗ, суттєво поліпшити його енергетичні та екологічні показники.*

HYBRID POWER PLANT "ICE - PNEUMATIC ENGINE / COMPRESSOR" FOR MOTOR VEHICLES

***Annotation.** The proposed hybrid power unit (HPU) of a motor vehicle (MV). It is a composition of the main internal combustion engine (ICE) and an auxiliary pneumatic unit capable of operating in air motor or compressor mode thanks to the use of the original reversible converter of the direction of movement. The practical use of HPU makes it possible to significantly reduce the cost of MV mileage and significantly improve its energy and environmental performance.*

Постановка проблеми. Сучасний автомобільний транспорт створює значні екологічні проблеми. ДВЗ, як силовий агрегат автомобіля, на ряді експлуатаційних режимів працює вкрай неекономно і з підвищеним вмістом шкідливих компонентів у відпрацьованих газах. Для зниження впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище уведені стандарти на викиди шкідливих речовин автомобілями. У зв'язку із цим, створення екологічно чистих й економічних силових установок для АТЗ є надзвичайно актуальним завданням, яке має велике економічне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідність розвитку ГСУ заснована на цілому ряді об'єктивних причин [1-3]. Сучасний АТЗ має досить хороші показники паливної економічності і екологічності при рівномірному русі в досить широкому діапазоні робочих швидкостей. У той же час, при русі в режимі міського циклу, що

представляє собою постійне чергування фаз розгону, рівномірного руху, уповільнення і стоянки на холостому ході, ці ж показники істотно погіршуються. При гальмуванні втрачається від 15 до 60% кінетичної енергії, переданої автомобілю двигуном. Якщо цю енергію акумулювати і потім використовувати в режимах руху з перевантаженням, то можна заощадити до 30% палива. Застосування комбінованої енергетичної установки, яка має більше одного джерела енергії є найбільш ефективним. Найвідомішим прикладом ГСУ АТЗ є електричний гібрид, який забезпечує до 60% зниження витрат палива в порівнянні зі звичайними автомобілями, що працює на бензині. Основним недоліком електричного гібриду є те, що він вимагає додаткового джерела електричної енергії та великої важкої батареї з обмеженим терміном служби. В даний час досліджуються інші гібриди, такі як пневматичні, гідравлічні, паливні елементи, маховики тощо. Актуальність застосування пневматичної тяги в АТЗ диктується високими екологічними показниками та низькими витратами на енергоносії. Крім того, пневматичні силові агрегати порівняно недорогі через простоту конструкції, мають властивість оборотності та дозволяють отримувати максимальний крутний момент та ККД на мінімальних оборотах. Аналіз експлуатаційних характеристик пневматичних гібридів зарубіжних автовиробників складає передумови для подальшого удосконалення силових установок АТЗ за рахунок використання енергії стисненого повітря [2,3].

Метою роботи є узагальнення результатів роботи зі створення ГСУ з основним ДВЗ і допоміжним пневматичним агрегатом для експлуатації АТЗ в міському їздовому циклі.

Виклад основних матеріалів дослідження. Авторами пропонується ГСУ АТЗ [4,5]. Вона є композицією основного ДВЗ і допоміжного пневматичного агрегату, здатного працювати в режимі пневмодвигуна або компресора завдяки використанню оригінального оборотного ПНР. ГСУ забезпечує такі режими: привід від ДВЗ на потужнісних режимах; сумісний привід від ДВЗ та пневмодвигуна на режимах розгону; в режимі холостого ходу або при гальмуванні пневмоагрегат працює в режимі компресора та забезпечує підзарядку повітря в пневмоакумулятор (ресивер).

Загальне керування силовими агрегатами АТЗ (рис.1,а) здійснюється електронним блоком керування 1. Енергоносієм у основному силовому агрегаті 2 є рідке або газоподібне паливо. Він

забезпечує основне енергопостачання АТЗ і передачу крутного моменту через механізм трансмісії 3 на задній ведучий міст з колесами 4. Основний силовий агрегат оснащений механізмом відбору потужності 5, що забезпечує прийом крутного моменту від допоміжного силового агрегату 6 (при роботі в режимі пневмодвигуна) або відбір потужності на допоміжний силовий агрегат 6 (при роботі в режимі компресора) від основного силового агрегату 2, наприклад, у режимі рекуперації енергії гальмування або в режимі холостого ходу АТЗ. Погодження роботи основного силового агрегату 2 і допоміжного силового агрегату 6 забезпечується електронним блоком керування 1 у відповідності до алгоритму їх функціонування. Стиснене повітря накачується в пневмобалон 7 у стаціонарних умовах. Поповнення запасу повітря в ресивері 10 ГСУ здійснюється в процесі гальмування або в режимі холостого ходу АТЗ.

На рис.1, б зображено просторову схему машини (клапанно-розподільну систему не показано), оснащеної 2-ма поршневими модулями об'ємної дії 12, які кінематично зв'язані одноплечим важелем 13 з оборотним перетворювачем руху 14 (верхня частина корпусу, кришки підшипникових вузлів і маховик не показані).

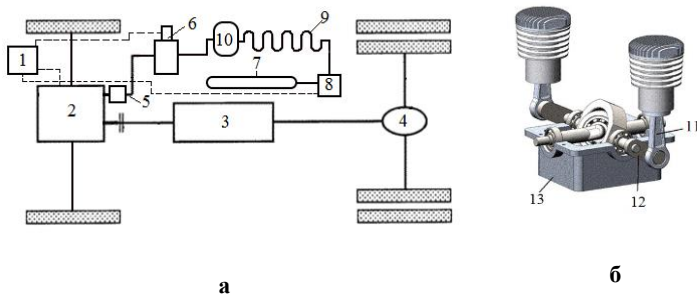


Рис. 1:

а – блок схема ГСУ АТЗ; б – просторова схема допоміжного 2-х поршневого пневматичного агрегату

Оборотний перетворювач руху (рис.2, а) виконаний на основі сферичного кривошипно-повзунного механізму (корпус і маховик не показані), у якому геометричні осі усіх установлених з можливістю обертання деталей перетинаються в одній "центральної" точці, має вал 14, встановлений у підшипниках 15, рознімний кривошип 16, жорстко

зв'язаний з валом 14 у його середній частині і оснащений посадочним місцем для внутрішнього кільця підшипника 17, площина симетрії якого нахилена до геометричної осі вала 14 під кутом, що перевищує 0° , але менший 90° і містить у собі згадану "центральну" точку, повзун 18, виконаний на основі зовнішнього кільця підшипника 17, щонайменше один стрижневий проміжний елемент 19 кінематичного зв'язку повзуна 18 з обоймою 20, що з безперервним зазором вільно його охоплює, і жорстко зв'язану з двома співвісними напіввалами 21, установленими на підшипниках 22. При обертанні вала 14 з кривошипом 16, напіввали 20 здійснює зворотно-обертальний рух і навпаки. Це дозволяє забезпечити роботу допоміжного пневматичного агрегату в режимі пневматичного двигуна або компресора.

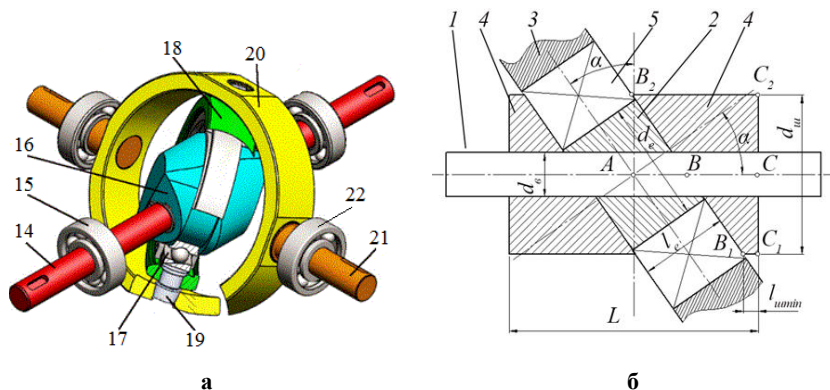


Рис. 2:
а – просторова схема оборотного ПНР; б – розрахункова схема кривошипно-повзунного механізму оборотного ПНР, де 1 – вал; 2 – ексцентрик; 3 – обойма; 4 – косі шайби; 5 – підшипник

Розрахунок геометрії основних деталей сферичного кривошипно-повзунного механізму ПНР здійснюється у такій послідовності (рис.2, б):

1) підбираємо стандартну призматичну шпонку для з'єднання ведучого вала з діаметром d_e та ексцентрика d_e та уточнюємо висоту паза;

2) визначаємо мінімальний діаметр ексцентрика за формулою t :

$$d_e = d_e + t + \Delta t,$$

де Δt – висота запасу товщини ексцентрика на шпонковим пазом. Приймаємо $\Delta t = 2 \dots 5$ мм. Округлюємо даний діаметр у більшу сторону до значення, кратного п'яти, якщо $d_e \geq 20$ мм;

3) підбираємо радіально-упорні підшипники для установки на ексцентрик. Уточнюємо розміри підшипника – довжину підшипників B_n , зовнішній діаметр внутрішнього кільця d_n і зовнішній діаметр D_n . Перевіряємо умову $R - l_e \geq 0,5D_n$. У разі його невиконання необхідно приймати підшипники легшої серії або встановлювати підшипники ковзання. При встановленні двох підшипників визначаємо довжину ексцентрика як

$$l_e = 2 \times B_n + \Delta b_n,$$

де Δb_n – відстань між підшипниками (2...5 мм);

4) діаметр косих стопорних шайб $d_{ш}$ повинен забезпечувати притискання шайбами 4 внутрішніх кілець підшипника 5, на якому встановлений повзун.

$$d_{ш} = 0,5d_n.$$

Приймаємо мінімальну товщину косої шайби $l_{ш\min} = 2 \dots 5$ мм.

5) визначаємо довжину всього з'єднання:

$$L = 2 \times (l_{ш\min} + d_{ш} \times \operatorname{tg} \alpha) + \frac{l_e}{\cos \alpha}.$$

Округлюємо отримане значення до цілого числа (бажано, кратного двом);

6) уточнюємо мінімальну товщину стопорної косої шайби:

$$l_{ш\min} = B_1 C_1 = 0,5 \times \left(L - \frac{l_e}{\cos \alpha} - d_{ш} \times \operatorname{tg} \alpha \right).$$

7) габаритний розмір стопорної косої шайби, необхідний для проставлення на її робочому кресленні

$$B_2 C_2 = 0,5 \times \left(L - \frac{l_e}{\cos \alpha} + d_{ш} \times \operatorname{tg} \alpha \right).$$

Практичне використання ГСУ дозволяє суттєво знизити вартість пробігу АТЗ, поліпшити його енергетичні та екологічні показники.

Висновки. Розглянуто проблему підвищення екологічних і енергетичних показників АТЗ за рахунок використання енергії стисненого повітря. Запропонована ГСУ АТЗ «ДВЗ-

пневмодвигун/компресор» з використанням оригінального оборотного ПНР на основі сферичного кривошипно-повзунного механізму. Роботу планується продовжити у напрямку оптимізаційного синтезу окремих модулів ГСУ.

Література

1. Кубіч В. І. Гібридні силові установки легкових автомобілів: навчальний посібник / Кубіч В. І. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 193 с.
2. Pneumatic Hybrid power leading the future. Retrived from: <https://pneumaticservovalve.wordpress.com/2015/03/26/>
3. Бороденко Ю. Н. Концепции построения пневматических гибридов // Автомобильный транспорт (Харьков). – 2020. – №. 46. – С. 19-26.
4. Косіюк М.М. Комбінована силова установка автомобіля / М.М. Косіюк, А.М. Косіюк, В.С. Кравчук // Вісник Хмельницького національного університету. – 2021. – № 4. – С. 84-88.
5. Патент 150207 Україна, МПК В60К 6/00 В60К 25/00. Комбінована силова установка автотранспортного засобу / Косіюк М.М., Косіюк А.М., Кравчук В.С. – № u 2021 04902; заявл. 31.08.2021; опубл. 12.01.2022, Бюл.№ 2.

УДК 621.941

Костюк М.А., Іштван Є.О., Косіюк М.М., Семенюк А.В.

Хмельницький національний університет

ФРЕЗЕРУВАННЯ СКЛАДНИХ ДЕКОРАТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З НАТУРАЛЬНОЇ ДЕРЕВИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕРСТАТІВ ІЗ ЧПК

***Анотація.** На сьогодні існує значна кількість матеріалів, які використовуються в рамках проектування та відтворення різних технологічних та дизайнерських рішень, які останнім часом є все більше наближені до модернізованого хай-теку. Поширеними стали рекламні ролики у соціальних мережах де присутні фрагменти відображених елементів декору античних часів на деревині різних порід, коли йде мова про дизайн та декорацію оселі. Більш статусного матеріалу для підкреслення декоративного смаку і заможності не має, окрім благородних металів. Ручна робота цінується більше за машинну, на сьогоднішній час є популярною, але дуже затратною.*

Найбільш простим та економічно доцільним у даній сфері діяльності є верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК). На перший погляд для виготовлення таких речей вибір верстатів з ЧПК є ідеальним рішенням, і це дійсно так, але дизайн інтер'єру та інших декоративних виробів із складним високо естетичним декором є індивідуальним і масовому чи серійному виробництву не належить.

MILLING OF COMPLEX DECORATIVE ELEMENTS FROM NATURAL WOOD USING CNC MACHINES

***Abstract.** Today, there is a significant amount of materials that are used in the design and reproduction of various technological and design solutions, which have recently become closer to modernized high-tech. Commercials have become common in social networks, where there are fragments of the displayed elements of the decor of ancient times on wood of various species, when it comes to the design and decoration of the home. There is no more prestigious material for emphasizing decorative taste and wealth, except for precious metals.*

Manual work is valued more than machine work, it is currently popular, but very expensive.

The most simple and economically expedient in this field of activity are numerically controlled machines. At first glance, for the manufacture of such things, the choice of CNC machines is an ideal solution, and it really is, but the design of the interior and other decorative products with complex highly aesthetic decor is individual and does not belong to mass or serial production

Для створення елементів складного декору застосовують фрезерні верстати із ЧПК. Попитом користуються вироби як з двовимірною фрезерною обробкою (рисунк 1, а), так і тривимірною (рисунк 1, б).



Рис. 1 – Вироби з дерева із двовимірним та тривимірним фрезеруванням

Фрезерування декоративних елементів – надзвичайно складний технологічний процес, який має ряд вимог до геометричних параметрів і ступеня заточування. фрези, частоти обертання, подачі, точності позиціонування а також дискретності переміщення фрези. При декоративному фрезеруванні на верстатах з ЧПК фреза рухається у просторі за складною траєкторією одночасною в двох або п'яти координатах.

При середньосерійному та дрібносерійному виробництві меблів, освоєння нових декоративних елементів вимагає значних трудозатрат, та як наслідок псування деревини на відпрацювання технології.

Для підвищення керованості процесу і повторюваності результатів до технологічної операції фрезерування проводять попередню підготовку меблевих заготовок. Вона полягає в склеюванні окремих

заготовок із строго підбраною орієнтацією волокон [1]. Більшість декоративної обробки зводиться до лінійного фрезерування профільними фрезами. При цьому подача фрез здійснюється переважно строго вздовж і поперек волокон [2].

Технологічні параметри фрезерування, частоту обертання і швидкість подачі фрези, як вздовж так і поперек волокон підбирають експериментальним шляхом.

При одиничному виробництві немає можливості попередньо відпрацювати технологічні режими експериментальним шляхом. Тому фрезерування проводять із постійними технологічними параметрами (швидкість подачі і частота обертання), які забезпечують задовільну шорсткість поверхні, продуктивність, та низький відсоток браку. Однак через анізотропію структури якість обробки поверхні різна вздовж та поперек волокон.

При одиничному виробництві не можливо дібрати алгоритм зміни технологічних параметрів у процесі фрезерування декоративного елемента. Тому при фрезеруванні декоративних частин з малим радіусом кривизни (рисунок 2) через невідповідність технологічних параметрів та зміній структурі поверхні, часто утворюються сколи та інші дефекти, які призводять до браку або потребують додаткових операцій на виправлення браку.

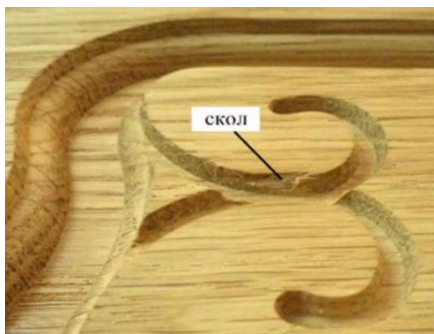


Рис. 2 – Скол під час руху фрези вздовж волокон із невідповідними технологічними параметрами (завищеною швидкістю)

Додаткові труднощі виникають при обробленні малоцінної деревини, яка суттєву неоднорідність структури. Також останніми часом популярності набрали вироби із сучками, які становлять

естетичну цінність (рисунк 3). Область деревини поблизу сучка дуже чутлива до режимів фрезерування.



Рис.3 – Виріб із сучками, який потребує змінних режимів фрезерування

Найбільші декоративно-художні переваги на сьогодні має деревина, оскільки має сукупність фізичних властивостей, природну будову, форму стовбура, тому оброблення деревини має здійснюватися з врахуванням естетичних властивостей заготовки, а також експлуатаційних, функціональних, техніко - економічних вимог.

На сьогодні виділяють основні технології обробки деревини:

- фарбування барвниками, протруйне фарбування або відбілювання;
- тиснення рельєфних малюнків на плиті;
- виконання рельєфних (об'ємних) декоративних елементів за допомогою верстатів з ЧПК.
- піскоструминна обробка поверхні, для нанесення складних декоративних зображень;
- різьблення, мозаїка та розпис;
- застосування накладних декоративних елементів;
- гаряче пресування деревини;
- випалювання.

Перераховані види технологій характеризують усі способи виготовлення виробів з декоративними елементами. Але найбільший попит сьогодні на вироби з індивідуальними декоративними

елементами (одиничне виробництво), тому доцільно використовувати верстати з ЧПК.

Отже, автоматизовані технології виробництва виробів із декоративними елементами мають переналаштовуватись для кожного індивідуального замовлення та забезпечувати високу якість виробу.

Нові технології та верстати з ЧПК значно спростили роботу по дереву.

Дерево вважається зручним, практичним та естетично привабливим матеріалом, але якщо проаналізувати технологію, то вона значно складніша та залежить від 3D-моделі та структури деревини.

Заготовки з деревини класифікуються за щільністю сортів дерева:

- м'які породи (осика, липа);
- універсальні (береза, клен);
- тверді сорти (бук, дуб, червоне дерево);
- волокнисті породи (сосна, ялина та інші хвойні).

Основні властивості деревини різних порід, приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики деревини

Основні фізико-технічні характеристики деревини							
Порода	Міцність кгс/см ²				Щільність кг/м ³		
	Стиск вздовж волокон	На згин	На скол		При вологості 12%	Абсолютно суха	Умовна
			Радіальна площина	Тангенціальна площина			
Береза	44,7	99,7	8,5	11,5	630	600	500
Бук	55,5	108,5	11,6	11	670	640	530
Дуб	52,0	93,5	8,5	10,4	690	650	560
Сосна	43,9	79,3	6,9	8,0	500	470	400
Липа	39	68	7,3	8,7	495	640	400
Ясен	51	115	13,8	13,3	680	640	550
Клен	54	109,7	8,7	12,4	690	650	5520
Вільха	36,8	69,2	-	-	520	490	420

Аналіз даних, наведених у таблиці 1 показує, що міцність деревини вздовж волокон приблизно в рази більша за міцність впоперек волокон. У поперечному напрямку міцність більша ніж в

радіальному напрямку. Хвойні породи порівняно з листяними мають значно меншу міцність на розтяг.

У процесі фрезерування деревини, орієнтація волокон деревини при поверхневому шарі є змінною. Механічні властивості деревини залежать від її макроструктури. Вплив орієнтації волокон на фізико-механічні властивості (щільність, твердість, міцність тощо). Деревина є анізотропним матеріалом. Через сильно виражену симетрію вздовж осі стовбура дерева, спостерігається наявність річних шарів, що спричиняє істотну відмінність властивостей деревини в поздовжньому, радіальному та тангенціальному напрямках.

Таким чином, при декоративному фрезеруванні деревини великою проблемою є вибір технологічних параметрів через безперервну зміну локальної структури, локальних особливостей переміщення фрези, геометричних форм фрези. Використання тих самих, оптимальних, технологічних параметрів для обробки всієї заготовки призводить до різної якості поверхні і високої ймовірності руйнування декоративного елемента. Тому в ідеальному варіанті необхідно керувати технологічними параметрами в процесі обробки залежно від локальних особливостей заготовки, що буде розглянуто в подальших дослідженнях.

Література

1. Wood Based Panel Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Plywood, Particleboard, MDF, HDF, OSB, Hardboard), By Application (Furniture, Construction), By Region, And Segment Forecasts, 2019–2025.
URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/wood-based-panel-market>
2. The FAO Yearbook of Forest Products 2017. Food and agriculture organization of the united nations. Rome, 2019. 436 p. URL: <http://www.fao.org/3/ca5703m/ca5703m.pdf>
3. Paoletti S, Spinelli M, Amico M. The European Market for RTA Furniture. Centre for Industrial studies (CSIL). Milano, MI, Italy, 2012. 187 p.
4. Knauf M., Frühwald A. The future of the German wood industry. “Delphi study wood 2020 revisited” product innovations (part III). [Die Zukunft der deutschen Holz wirtschaft. “Delphistudie Holz 2020 revisited” – Produkt innovationen (Teil 3)]. Holz-Zentralblatt. 2011. № 137(7). P. 192–193

УДК 621.941

Костюк М.А., Косіюк М.М.
Хмельницький національний університет

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАНЕСЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ НА НЕПОВНІ СФЕРИЧНІ ПОВЕРХНІ ФРИКЦІЙНО-МЕХАНІЧНИМ СПОСОБОМ

***Анотація.** В сучасній техніці широко застосовуються різні трибо спряження. Вирішення задачі підвищення їх надійності та довговічності є актуальним завданням. Вихід з ладу деталей машин, як правило, спричинений руйнуванням їх поверхневого шару, тому все більшу увагу приділяють питанням зносостійкості, змащуванню та інженерії робочих поверхонь.*

Для зменшення тертя в світі на рік витрачається понад 100 млн. тонн мастильних матеріалів, які під час експлуатації зазнають старіння та підлягають заміні. Мастила, які відпрацювали, підлягають переробці або утилізації, інакше вони будуть небезпечні для навколишнього середовища.

Процес зношування призводить до виходу з ладу всієї машини або виробу в цілому. Втрати коштів у машинобудуванні промислово розвинених держав унаслідок тертя та зношування досягають 4...5% національного доходу.

TECHNOLOGICAL ENSURING THE APPLICATION OF ANTI-FRICTION COATING ON INCOMPLETE SPHERICAL SURFACES BY THE FRICTION-MECHANICAL METHOD

***Abstract.** Various tribo conjugations are widely used in modern technology. Solving the problem of increasing their reliability and durability is an urgent task. Failure of machine parts, as a rule, is caused by the destruction of their surface layer, therefore more and more attention is paid to issues of wear resistance, lubrication and engineering of working surfaces.*

In order to reduce friction, more than 100 million tons of lubricants are used annually in the world, which undergo aging during operation and are subject to replacement. Spent lubricants must be recycled or disposed of, otherwise they will be dangerous for the environment.

The process of wear leads to the failure of the entire machine or the product as a whole. Losses of funds in machine building in industrialized countries due to friction and wear and tear reach 4...5% of the national income.

Енергія яка виникає внаслідок тертя перетворюється в теплоту, яка поширюється на механізми та вузли машини, надмірне нагрівання в багатьох випадках призводить до відмов та аварій. Дослідження

показують, що приблизно 80...90% відмов машин відбувається через зношування вузлів або окремих деталей.

Проведено аналітичний огляд науково-технічної літератури. Розглянуті типові трибо спряження машин, а також встановлено основні фактори впливу на процес зношування.

До найважливіших і найактуальніших інженерно-технічних проблем можна віднести: створення «беззношувальних» вузлів тертя;

створення та виробництво принципово нових змащувальних матеріалів; розроблення нових видів фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО) поверхонь тертя; розроблення захисту деталей машин від водневого зношування.

На основі аналізу науково-технічної літератури, розглянуто основні методи технологічного впливу на поверхневий шар деталей машин з метою підвищення його експлуатаційних властивостей.

Відкриття вибіркового перенесення при терті лягло в основу розробки методів підвищення зносостійкості поверхонь тертя деталей машин, одним з яких є фінішна антифрикційна безабразивна обробка (ФАБО).

Вибірковий перенос – це комплекс фізико-хімічних явищ на контакті поверхонь при терті, який дозволяє подолати обмеженість ресурсу спряжень машин, що труться, та зменшити втрати на тертя. У вибіркового переносі присутні фундаментальні фізико-хімічні процеси. На відміну від тертя при граничному змащуванні, де основою є механічна взаємодія та ефект Ребіндера.

Складність вибіркового переносу полягає в тому, що це сукупність різних хімічних і фізико-хімічних процесів. Унікальність вибіркового переносу полягає також у тому, що ряд його фізичних та хімічних процесів є малодослідженими.

Для проведення експерименту та отримання дослідних зразків обрано автомобільні кульові шарніри, які містять деталі з неповними сферичними поверхнями (НСП).

Антифрикційне покриття нанесено шляхом тертя латунного, мідного або бронзового прутка (інструменту) об поверхню заготовки, змащуючи при цьому поверхню тертя технологічною рідиною.

На основі результатів проведеного аналізу технологічних можливостей ФАБО та методів зміцнення ППД, запропоновано новий комбінований спосіб фінішної антифрикційної статико-імпульсної обробки (ФАСІО) (рисунок 1).

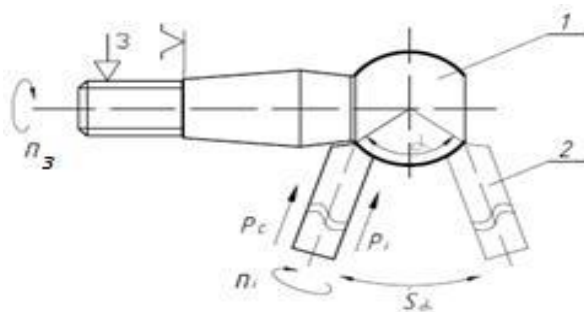


Рис. 1 – Кінематична схема пристрою для ФАСІО

Використання такої схеми дозволяє наносити антифрикційне покриття відразу після чистової лезової обробки та забезпечує деформації зсуву поверхневих шарів інструменту за рахунок чого досягається відрив мілко дисперсних частинок, які краще заповнюють мікронерівності поверхні деталі та утворюють суцільний антифрикційний поверхневий шар. Основною умовою протікання процесу ФАСІО є забезпечення постійного контакту інструмента і заготовки із заданим статичним навантаженням в середовищі активуючої технологічної рідини. Даний спосіб передбачає нанесенням антифрикційного покриття з одночасним зміцненням поверхневого шару НСП основного матеріалу заготовки.

З метою отримання траєкторії руху точки вершини інструменту по НСП, проведено моделювання процесу обробки у середовищі SOLIDWORKS з використанням системи для проведення кінематичного та динамічного аналізу технічних систем SOLIDWORKS Motion, окремі результати якого на рисунку 2.

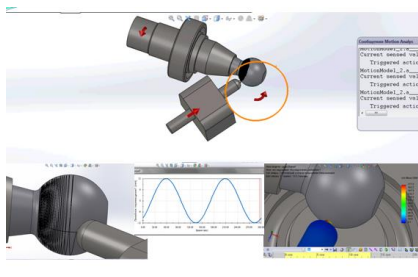
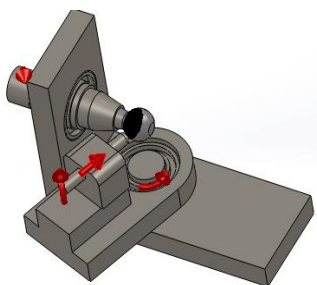


Рис. 2 – Моделювання процесу обробки у середовищі SOLIDWORKS

На основі результатів комп'ютерного моделювання, приведено схему утворення кругової подачі відповідно до якої розроблено методику розрахунку подач та встановлено зв'язок кругової подачі і технологічних факторів при ФАСІО НСП. Отримано діаграму лінійних переміщень вершини інструменту по НСП.

Проведено дослідження стану поверхневого шару оброблених зразків, за результатами яких отримано експериментальні графіки залежностей товщини нанесеного покриття в залежності від технологічних параметрів процесу обробки. На основі проведених досліджень запропонована технологія формування антифрикційного поверхневого шару із заданими експлуатаційними характеристиками. Розроблено технологічне спорядження для ФАСІО НСП, яке відрізняється компактністю і високим коефіцієнтом корисної дії, малою енергоємністю та високою продуктивністю при незначних матеріальних витратах (рисунок 3).

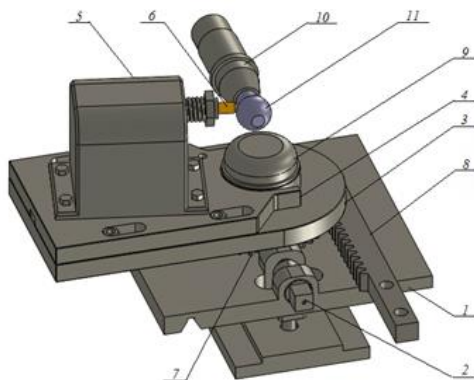


Рис. 3 – Технологічне спорядження для ФАСІО НСП

- 1 - платформа, 2 - механізм фіксації, 3 - поворотний стіл, 4 - плита,
 5 - механізм статико-імпульсної дії з індивідуальним приводом, 6 - інструмент,
 7 - зубчастий вінець, 8 – рейка, 9 - підшипниковий вузол,
 10 - патрон токарного верстату, 11- заготовка

Процеси, які відбуваються при терті, при накопиченні дислокацій та при її деформації сервовитної плівки підтримується на низькому рівні, що сприяє безношуваності трибоспряження.

Сервовитна плівка виникає на початковій стадії тертя в результаті вибіркового розчинення анодних компонентів поверхневого шару

матеріалу. Процес утворення адгезійного зв'язку між поверхнями різнорідних твердих тіл, які працюють в спряженні, призводить до утворення в контактні подвійного електричного шару. У вибірковому перенесенні електричні явища відіграють визначальну роль. На початковій стадії вибіркового переносу має місце вибіркове (електрохімічне) розчинення, в результаті роботи мікроелементів мідного сплаву, пришвидшеного механічним та динамічним впливом.

В результаті на поверхневому шарі утворюється сервоитна плівка, яка пасивує поверхню. Починає одночасно працювати елемент мідь–сталь, а на поверхні тертя виникає два одночасно однойменно заряджені шари між якими виникає кулонівське відштовхування, що зменшує адгезійну взаємодію.

Дане явище сприяє зменшенню інтенсивності зношування, зменшується опірність зсуву та з'являються властивості самоорганізації.

Основними перевагами способу є те, що вибірковий перенос та утворення сервоитних плівок працюють диференційовано проти факторів, які призводять до руйнування поверхневого шару деталей машин.

Література

1. Закалов, О.В. Триботехніка і підвищення надійності машин [Текст]: О.В. Закалов. – Тернопіль: ТДТУ, 2000. – 354 с.
2. Wójcik A., Frączek J., Niemczewska-Wójcik M. “The relationship between static and kinetic friction for plant granular materials,” *Powder Technol.*, vol. 361, Feb. 2020, pp. 739-747, DOI: 10.1016/j.powtec.2019.11.048.
3. Lu J., “The Influence of Tangential Relative Velocity on Interface Friction in Vibration State,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 237, no. 3, Mar. 2019, p. 5, DOI: 10.1088/1755-1315/237/3/032100
4. Marmulev A.V., Herman G., Poliak E.I., Kaputkina L.M. Factors Affecting Gauge Uniformity of Flat Cold Rolled AHSS, *Proceeding of Materials Science and Technology (MS&T-2011) International Conference*, October 16-20, 2011, Columbus, Ohio, USA, p. 470 – 476.
5. Anastasiadi, G.P., Kolchina, R.V., Smirnova, L.N. (1985) Effect of cooling rate and heat treatment on chemical microheterogeneity of 09Kh16N4BL steel. *Metallovedenie i Term. Obrab. Metallov*, 9,35-37.
6. Friction, wear and lubrication (tribology and tribotechnics)/A.V. Chichinadze, E.M. Berliner, E.D. Brown et al. Ed. by A.V. Chichinadze – M.: Mashinostroenie, 2003. – 576 p.
7. Manolov N., Assenova E., Danev K.: Über die Modellierung von selbstorganisierenden Tribo-systemen. *Forschungswerke des Seminars “Neue Prinzipien und Prüfmethode in der Tribotechnik”*, Zwickau, 1989.
8. Zum Gahr K.-H., Mann M.: Considering interdependence of materials, surface engineering and lubricants for efficient sliding system. *19th Int. Colloquium Tribology*, Ostfildern, Germany, January 2014
9. Heylighen, F.: The science of self-organization and adaptivity, in: L. D. Kiel, (ed.) *Knowledge Management, Organizational Intelligence and Learning, and Complexity*, in: *The Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Eolss Publishers, Oxford, 2001

УДК 621.941

Костюк С.А., Костюк М.А., Беринда Т.А., Косіюк М.М.

Хмельницький національний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ГЕОШУРУПІВ ДЛЯ МОДУЛЬНИХ БУДИНКІВ

***Анотація.** Останнім часом актуальним напрямком стало проектування та встановлення модульних будинків, будівництво об'єктів агропромислового та промислового призначення (тепличні комплекси, літні павільйони, логістичні центри, складські приміщення та ін.). Такі будівлі часто класифікуються як тимчасові, та такі які мають невеликий термін служби (10–20 років). Дані будівлі легко і швидко монтуються завдяки особливостям конструктивних рішень.*

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURING GEOSRUPS FOR MODULAR BUILDINGS

***Abstract.** Recently, the design and installation of modular buildings, the construction of agricultural and industrial facilities (greenhouse complexes, summer pavilions, logistics centers, warehouses, etc.) have become a relevant direction. Such buildings are often classified as temporary, and those that have a short service life (10-20 years). These buildings are easily and quickly assembled thanks to the features of the constructive solutions.*

Конструкція геошурупа включає накінецьник, конус, стовбур з гвинтовими лопатями, що забезпечують несучу здатність. Геошуруп вважають гвинтовою палею 2-го покоління.

На основі аналізу робіт Murashev A.K., Perko H.A., Rao S.N., Prasad Y.V.S.N., Mitsch M.P., Clemence S.P., Hoyt R.M., Zhang D.J.Y., Weech C. N., Rack J. S., можна стверджувати, що на сьогоднішній день у багатьох зарубіжних країнах на долю модульних тимчасових будівель надходить до 30% від усього обсягу будівництва. Вони характеризуються низькою питомою вагою будівельних конструкцій, що дозволяє значно знизити навантаження на основу. Застосування традиційних фундаментів, для проектування даного виду приміщень призводить до нераціонального вкладення матеріальних засобів та підвищення трудоемкості будівництва.

Для вдосконалення конструктивних рішень фундаментів швидко зведених тимчасових будівель застосовують геощурупи (рисунок 1) довжиною до 3 м та діаметром лопатей до 0,4 м.

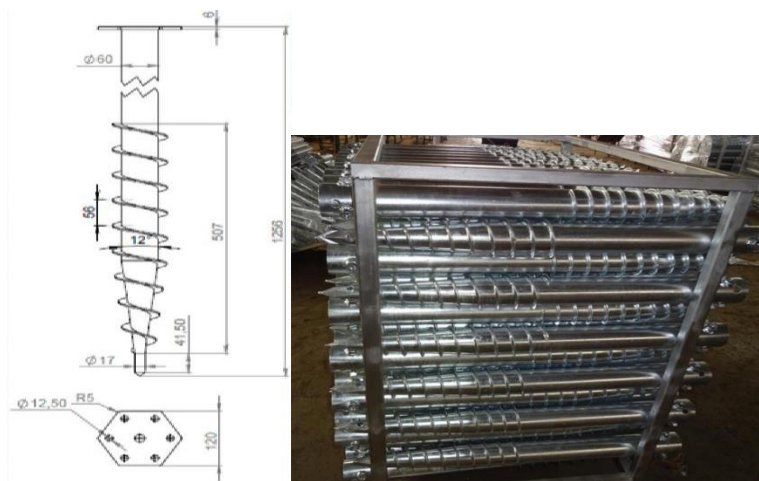


Рис. 1 – Геощурупи для фундаментів

Перевагами фундаментів з використанням геощурупів є: мінімальне порушення структури ґрунту при їх облаштуванні, можливість виробництва робіт за умов щільної міської забудови, висока продуктивність порівняно із традиційним будівництвом.

Ключовою особливістю геощурупа виступає оголовок, який може бути шестигранний, квадратний або П-подібний.



Рис. 2 – Різновиди оголовків геощурупу

Аналіз робіт вітчизняних фахівців показує, що в основному дослідження спрямовані на розробку конструкцій геощурупів, що забезпечують зниження енергоємності процесу їх ввірчування. Вітчизняні дослідження спрямовані на оцінку несучої здатності геощурупів як на стискаючі, так і напруження розтягу. Зарубіжні дослідження частіше спрямовані на отримання розрахункових співвідношень між крутильним моментом при ввірчуванні геощурупу та їх несучою здатністю у ґрунті, які враховують вплив фізико-механічних властивостей ґрунтів та їх геометричних параметрів на опори. Схема встановлення геощурупу в несучий ґрунт наведена на рисунку 3.

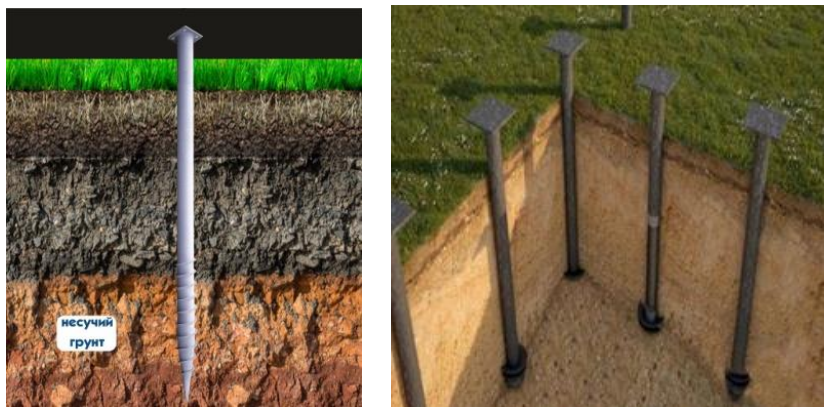
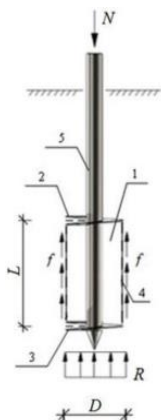


Рис. 3 – Встановлення геощурупу в несучий ґрунт

Ефективність застосування геощурупів у глинистих та кам'янистих ґрунтах зростає, якщо в їхньому конструктивному рішенні використовуються не одну, а дві лопаті, змінити крок прикінцевих витків шнекової спіралі. Дане рішення дозволить досягти необхідної несучої здатності геощурупа, який включає накінецьник, конус, стовбур з гвинтовими лопатями, які забезпечують несучу здатність.

Схема взаємодії геощурупу з глинистим ґрунтом наведена на рисунку 4.



- 1 – глинистий ґрунт;
- 2,3 – відповідно, верхня та нижня лопаті геощурупу;
- 4 – бокова поверхня «ґрунтового циліндра» (Зовнішній контур);
- 5 – стовбур геощурупу;
- L – відстань між лопатями;
- N – зовнішнє вдавлююче навантаження на геощуруп;
- f – опір (тертя) ґрунту по бічній поверхні «ґрунтового циліндра»;
- R – опір ґрунту під нижньою лопатою;
- D – діаметр лопаті

Рис. 4 – Схема взаємодії геощурупу з глинистим ґрунтом

На основі аналізу стану питання з використання геощурупів та детального аналізу взаємодії геощурупу з ґрунтом, шуруп змінено конструктивно та досліджено у середовищі SOLIDWORKS (рисунок 5).

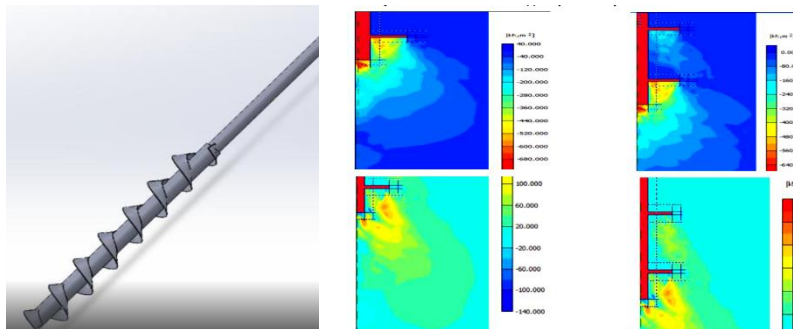


Рис. 5 – Результати комп'ютерного моделювання для однолопатевого та двох лопатевого геощурупів

За даними експериментальних і теоретичних досліджень встановлено раціональне конструктивне рішення гвинтових металевих дволопатевого геощурупів у глинистих та кам'янистих ґрунтах.

Для підвищення несучої здатності гвинтових паль прийнято рішення про збільшення їх довжини, діаметра стовбура або лопаті. Одним з основних параметрів, що характеризують роботу таких паль у глинистих ґрунтах, є відстань L між лопатями. При довжині натурних гвинтових паль до 3,0 м і діаметрі лопаті 0,3 м раціональна відстань L між лопатями в глинистих ґрунтах становить 2,0 ... 2,5 діаметра лопаті.

Література

1. Evans K. A model study of the end bearing capacity of piles in layered calcareous soils. Thesis of PhD at the University of Oxford., 2019, 232 с.
2. Impre, J. Franki colopok weretezenek problemai / J. Impre // Melyitestudo-manyi szem, 2009. № 5. — old. 210–213.
3. Anjum R. Static pile-soil-pile interaction in offshore pile groups. Thesis of PhD at the University of Oxford., 2014., 250 с.

УДК 621.01

Костюк Н.О., Гордєєв А.І.
Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНЕЗАРАЖУВАННЯ ТА ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА У ВІБРАЦІЙНІЙ МАШИНИ ПІРШНЕВОГО ТИПУ

***Анотація.** Запропоновано інноваційну конструкцію вібраційної машини поршневого типу для знезаражуванню та зміни властивосте водного середовища. Проведено експериментальні дослідження по знезаражуванню річкової води та досліджено зміну основних параметрів водопровідної води після оброблення гідрокавітацією.*

RESEARCH OF THE PROCESS OF DISINFECTION AND CHANGES IN THE PROPERTIES OF THE WATER ENVIRONMENT IN A PISTON-TYPE VIBRATING MACHINE

***Abstract.** An innovative design of a piston-type vibrating machine for disinfection and changing the properties of the water environment is proposed. Experimental studies on the disinfection of river water were carried out, and the change in the main parameters of tap water after hydrocavitation treatment was investigated.*

Постановка проблеми. У даний час багато уваги приділяється питанням процесу знезаражуванню та зміни властивостей природних і стічних вод, модернізації технології та розроблення нових ефективних методів та машин, що дозволить підвищити якість і зменшити собівартість очищеної та знезараженої води.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз стану наукових досліджень застосування вібраційних технологій у процесах знезаражування та зміни властивостей води показав, що кавітаційна обробка рідин, має різноманітні технологічні можливості в біологічному знезаражуванні води та зміни властивостей водного середовища. З аналізу літературних джерел [1] встановлено, що вплив гідрокавітації на водні розчини зводиться до єдиного процесу – розщепленню молекул води в кавітаційних бульбашках. Незалежно від природи розчинених речовин, кавітація діє на одну речовину – на воду, що призводить до зміни її фізико-хімічних властивостей: збільшення

pH, електропровідності, числа вільних іонів і активних радикалів, структуризації і активації молекул, знезаражуванню.

Постановка завдання. Мета роботи полягає у дослідженні та розробленні вібраційних машин для кавітаційного знезаражування і зміни властивостей води з визначенням їх конструктивних параметрів і режимів роботи приводу та їх працездатності.

Виклад основних матеріалів.

Кавітація може виникати в потоці рідини, що має перемінне поле тиску, а також поблизу і на поверхні тіл різної форми – у місцях найбільшого розрідження. Перемінне поле тиску створюється різним чином: у результаті зміни швидкості потоку (руху тіла), впливу форми тіла, в наслідок механічних впливів на рідину (ультразвук, коливання низької звукової частоти). Запропоновано конструкцію вібраційної машини поршневого типу для знезаражування та зміни властивостей води [2], схема якої показано на рис. 1. Конструкція вібраційної машини поршневого типу має ексцентриковий привід. Застосування такого приводу дає можливість здійснювати жорсткий керований вплив на процес виникнення кавітаційних порожнин з утворенням кавітаційних пухирців шляхом підбору конструктивних параметрів обладнання та режимів його роботи.

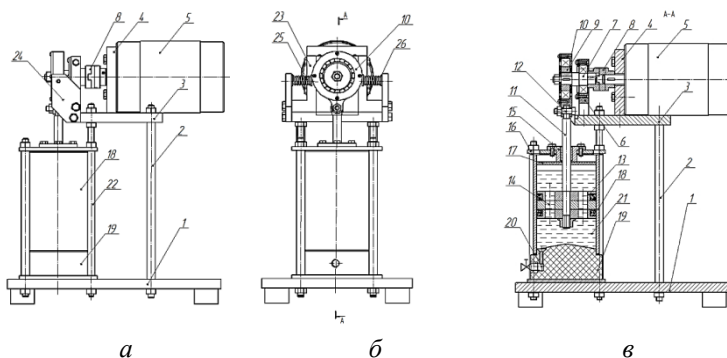


Рис. 1 – Схема вібраційної машини для знезаражування водних середовищ:

- 1 – основа; 2 – стійки; 3 – плита; 4 – фланець;
- 5 – електродвигун; 6 – підшипникова опора; 7 – вал; 8 – муфта;
- 9 – ексцентрик; 10 – корпус шатуна; 11 – шток; 12 – палець;
- 13 – поршень; 14 – отвір; 15 – корпус; 16 – кришка; 17 – гумовий відбійник;
- 18 – циліндр; 19 – кришка; 20 – отвір; 21 – кран; 22 – стійка; 23 – планка;
- 24 – пластина; 25 – палець; 26 – пружина

Працює машина наступним чином: попередньо через відкритий кран та отвір 20 заливають в циліндр 18 водне середовище 21. Кран закривається. Після вмикання електродвигуна 5 ексцентрик 9 починає обертатися у підшипниковому корпусі шатуна 10 і приводить у зворотно-поступальний рух шток 11 та поршень 13, крізь отвори 14 з гострими крайками багаторазово проходить водне середовище 21. Для того, щоб водне середовище 21 не розбризкувалась, на штокові 11 встановлено гумовий відбійник 17. При проходженні водного середовища 21 крізь отвори 14 з гострими крайками у поршні 13 періодично утворюється кавітаційні порожнини, тобто, виникає гідрокавітація. При ході поршня 13 уверх створюється пониження тиску у нижній порожнині циліндра 18 і виникають кавітаційні пухирці, які при ході поршня 13 униз сплескуються і створюють кавітаційні ефекти: розрив та послаблення водневих зв'язків між молекулами та руйнування оболонок бактерій і вірусів. Оптимальна продуктивність процесу знезараження досягається при найбільшому тиску в камері пульсації при ході поршня вниз і максимальному тиску рідини витоку з отвору. Тому в якості критерію продуктивності роботи приводу вібраційної машини було прийнята зміна величини максимального тиску в камері пульсації з урахуванням найбільшого тиску струменя на виході з отвору в поршні при ході його вниз.

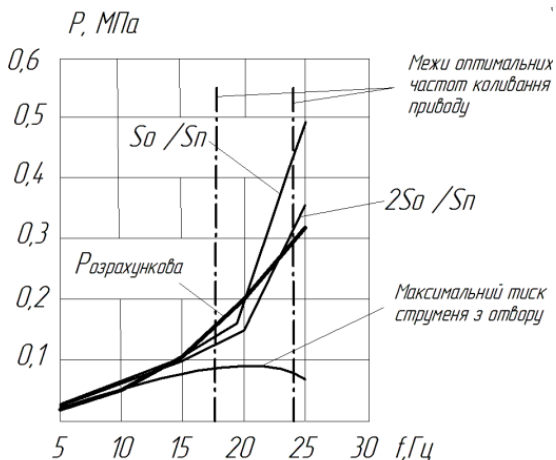


Рис.2 – Порівняльні графіки залежності максимального тиску в робочому органі від зміни частоти при ході поршня вниз:
 S_o/S_n – експериментальні залежності

Провівши порівняння залежностей, отриманих аналітично та експериментально (рис.2) встановлено, що з ростом частоти коливань поршня в робочому органі максимальний тиск рідини зростає, але збільшення величини співвідношення площі отвору до площі поршня S_0/S_n в два рази призводить до зменшення значення максимального тиску на 0,1 МПа при тій же частоті та наступних параметрах: амплітуда $A = 0,002$ м; діаметр поршня $D_n = 0,1$ м; діаметр отвору у поршні $d_0 = 0,006$ м;

Залежність максимального тиску струменя від частоти коливань нанесено на сітку графіків (див.рис.2, нижня крива). Ця крива характеризує величину витрат рідини через отвір: чим більше тиск тим більше виток рідини. Однак, при значних швидкостях (частотах коливань більше 24 Гц) при втягуванні рідини в камеру пульсації, відбувається лавинний зріст обсягу газово-парових бульбашок в отворі поршня, внаслідок чого в камеру пульсації потрапляє менший об'єм води. При ході поршня вниз в камері пульсації тиск зростає вище атмосферного і газово-парові бульбашки сплескуються, зменшуючи обсяг рідини, що проходить через отвір у поршні, що призводить до зниження циркуляції об'ємів рідини у камері пульсації та зниження продуктивності обробки рідини.



Рис. 3 – Фотографії росту колоній на контрольному зразку та після оброблення кавітацією 20 хвилин:

а – зразок з річковою водою не обробленою кавітацією; б – зразок з річковою водою обробленою кавітацією

У результаті проведених досліджень встановлено, що після оброблення кавітацією річкової води деякі види колоній бактерій знищуються рис.3, б (виглядають червоним та коричневим кольором на

рис.3,а), а кількість інших колоній бактерій зменшується у десятки разів після оброблення 20 хвилин кавітацією (світлий колір, рис.3, б).

В експериментальних випробуваннях по впливу кавітації на зміну властивостей водного середовища досліджувалась зміна основних параметрів водопровідної води, а саме: зміна показника рН з часом оброблення кавітацією та часом відстоювання, зміна окислювального відновлювального потенціалу з часом оброблення кавітацією (показник ORP) та часом відстоювання і зміна вмісту загальної мінералізації з часом оброблення кавітацією та часом відстоювання (показник – TDS). Результати досліджень приведені на рис. 4.

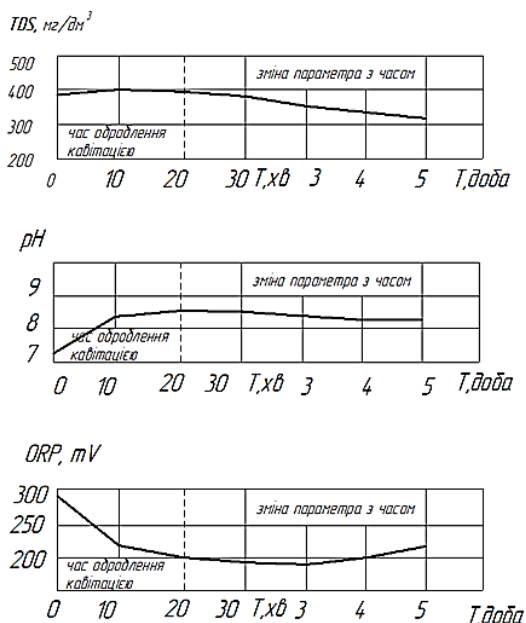


Рис. 4 – Зміна основних показників TDS, рН, ORP водопровідної води з часом оброблення гідрокавітацією та часом відстоювання: параметри приводу амплітуда $A = 2$ мм; частота $f = 20$ Гц; діаметр отвору у поршні $d_n = 0,006$ м

Висновки

1. У результаті проведених експериментальних досліджень по знезаражуванню річкової води встановлено, що після оброблення

кавітацією 20 хвилин загальна кількість колоній бактерій зменшується до 80%.

2. У результаті експериментальних досліджень зміни показників водопровідної води, обробленої кавітацією 20 хвилин у вібраційній машині, встановлено, що після оброблення показник рН збільшується до 8,4 рН, зменшується показник ОРР, що говорить про насичення киснем рідинного середовища, зменшення показника TDS 420 до 330 одиниць говорить про зменшення сольового складу, а в цілому про поліпшення властивостей води.

Література

1. Маргулис М. А. Основи звукохимии (химические реакции в акустических полях). Учеб. пособие для хим. и хим.-технол. спец. вузов. М. Высш. шк., 1984. 272 с.
2. Вібраційна машина для знезараження водних середовищ / А. І. Гордєєв, Н. О. Костюк: пат. накорисну модель 126495 Україна: МПК C02F 1/00, № u201810090: заяв. 02.01.2018: опубл. 28.08.2018, Бюл. №12.

УДК 621.01

Кошель О.С., Панасюк І.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ З СТРУКТУРНОЮ ГРУПОЮ ЛАНОК ТРЕТЬОГО КЛАСУ

Проведено аналіз складного механізму зі структурною групою ланок четвертого порядку. Отримано результати, які наочно демонструють необхідність урахування структурних перетворень складних механізмів залежно від умовно обраного іншого можливого початкового механізму. Складний механізм третього класу зі структурною групою ланок четвертого порядку можна досліджувати як механізм другого класу.

ANALYSIS OF A MECHANISM WITH A STRUCTURAL GROUP OF THE THIRD CLASS

An analysis of a complex mechanism with a structural group of fourth-order links is performed. The results are obtained, which clearly demonstrate the need to take into account the structural transformations of complex mechanisms depending on the conditionally chosen other possible initial mechanism. Complex mechanism of the third class with a structural group of links of the fourth order can be investigated as a mechanism of the second class.

Задачі дослідження складних механізмів є актуальними, тому їм приділяється значна увага в наукових публікаціях останніх років [1-5].

Виконаємо аналіз складного механізму з структурною групою ланок четвертого порядку (рис. 1).

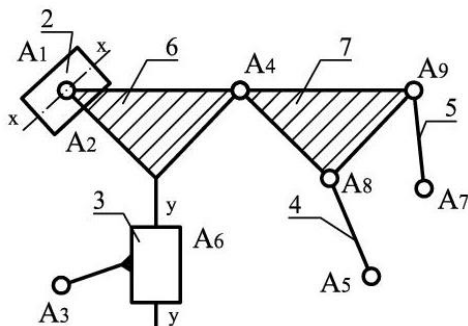


Рис. 1 – Структурна схема групи ланок четвертого порядку

Для визначення послідовності дослідження механізму на основі наведеного варіанту структурної групи третього класу четвертого порядку згідно з можливими варіантами умовної заміни ведучої ланки механізму будемо вважати, що дійсна ведуча ланка 1 механізму утворює з ланкою 2 кінематичну пару A_1 , а інші зовнішні кінематичні пари A_3, A_5, A_7 утворені, відповідно, ланками 3, 4, 5 та стояком 0.

Складний механізм утворюється сьома рухомими ланками та десятьма обертальними кінематичними парами, тому рухомість його ланок по відношенню до нерухомого корпусу дорівнює одиниці, а формула будови набуває вигляду:

$$1\text{клас (ланки }0,1) \rightarrow 3\text{клас } 4\text{порядок (ланки }2-7)$$

Розглянемо варіанти формул будов механізму для інших можливих варіантів початкових механізмів. Так для випадку, коли ведучою ланкою є ланка 3, формула механізму наступна:

$$1\text{клас (ланки }0,3) \rightarrow 3\text{клас } 3\text{порядок (ланки }4-7) \rightarrow 2\text{клас } 2\text{порядок (ланки }1,2)$$

Оптимальна послідовність дослідження такого механізму обумовлена наявністю умовно інших ведучих ланок, а саме кривошипів 4 або 5. Якщо за початковий механізм умовно обрати сукупність ланок 0, 4, то механізм набуває вигляду механізму другого класу, а подальша послідовність аналізу такого умовного механізму відповідає наступній формулі будови:

$$1\text{клас (ланки }0,4) \rightarrow 2\text{клас } 2\text{порядок (ланки }5,7) \rightarrow 2\text{клас } 2\text{порядок (ланки }3,6) \rightarrow 2\text{клас } 2\text{порядок (ланки }1,2)$$

Аналогічна ситуація спостерігається для випадку, якщо в механізмі умовно іншою ведучою ланкою обрати кривошип 5, тоді подальший аналіз буде проводитися в послідовності, що відповідає формулі:

$$1\text{клас (ланки }0,5) \rightarrow 2\text{клас } 2\text{порядок (ланки }4,7) \rightarrow 2\text{клас } 2\text{порядок (ланки }3,6) \rightarrow 2\text{клас } 2\text{порядок (ланки }1,2)$$

Так складний механізм третього класу можна дослідити в послідовності, яка обумовлена формулою будови умовного структурно-еквівалентного механізму другого класу.

Література

1. R. Przytulski, J. Zajaczkowski, Kinematic analysis of the sewing mechanisms of an over edge machine. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 2016, Vol. 14, Issue 1, pp. 79-82.
2. Roussev R., Bl. Paleva-Kadiyska, Determination of the kinematic features of the feed dog of mechanisms for transportation of material of the sewing machines, *Journal of Textiles and clothing*, Vol. 3, 2015, pp. 58-63.
3. Koshel S. Analysis of fourth class plane mechanisms with structural groups of links of the second order / S. Koshel, A. Koshel // *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi* - 2018.- №1 P. 12-17
4. Koshel S. Definition of accelerations of points of a plane mechanism of the fourth class by graph-analytical method / S. Koshel, A. Koshel // *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi* - 2018.- №2 P. 28-33
5. Koshel S. Analysis of fourth-grade flat machines with movable close-cycle formed by the rods and two complex links / S. Koshel, A. Koshel // *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi* - 2016.- №2 P. 9-13.

УДК 621.01

Кошель С.О., Верховенко О.С.

Київський національний університет технологій та дизайну

Кошель Г.В.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

ВИЗНАЧЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ВИЩИХ КЛАСІВ

Виконано аналіз різних структурно можливих видів складних механізмів на основі структурних груп ланок третього та четвертого класів, відповідно, третього та другого порядків.

Отримано формули будов механізмів, які дозволяють розробити послідовність дій для подальшого дослідження їхніх параметрів.

DETERMINATION OF THE RESEARCH OF THE ANALYSIS OF THE MECHANISMS OF THE HIGHER CLASSES

An analysis of various structurally possible types of complex mechanisms was performed based on structural groups of links of the third and fourth classes, respectively, of the third and second orders. The formulas of the structures of the mechanisms were obtained, which allow to develop a sequence of actions for further research of their parameters.

Питанням дослідження механізмів вищих класів присвячується ряд робіт, в яких розглядаються задачі структурного синтезу шестиланкового складного механізму [1] або аналізу механізму зі складною структурною групою ланок третього класу [2], кінематичного [3] та силового [4] аналізу складних механізмів, аналітичним [5] та графоаналітичним методами [6, 7].

Метою роботи є дослідження структури механізмів вищих класів різних варіантів з структурними групами, до складу яких надходить чотири ланки та шість обертальних та поступальних кінематичних пар, яке б дозволило отримати структурні формули будов таких механізмів та визначити послідовність їх подальшого аналізу.

Виконано аналіз різних структурно можливих видів складних механізмів на основі структурних груп ланок третього та четвертого класів, відповідно, третього та другого порядків.

Отримано формули будов механізмів, які дозволяють розробити послідовність дій для подальшого дослідження їхніх параметрів. Такі дослідження виконуються для оптимального варіанту початкового механізму в формулі будови механізму, тобто для варіанту клас механізму якого набуває найменшої можливої величини.

Отримано структурні формули будов складних механізмів різних видів, які дозволяють дослідити механізми третього та четвертого класів в послідовності, що, відповідно, обумовлена структурно еквівалентними механізмами другого та третього класів.

Дослідження складних механізмів на основі можливих варіантів структурних груп третього класу третього порядку та четвертого класу другого порядку за допомогою умовної зміни ведучої ланки механізму дозволяють спростити кінематичний аналіз таких механізмів та збільшити точність результатів аналізу за рахунок спрощення, що обумовлено зменшенням класу механізму, що досліджується.

Література

1. Joldasbekov Skanderbek, Ibraev Sayat, Zhauyt Algazy, Nurmagambetova Aiman, Imanbaeva Nurbibi Modular synthesis of plane lever six-link mechanism of high class. Middle-East Journal of Scientific Research, Vol. 21, Issue 12, 2014, p. 2339-2345. [CrossRef]
2. Koshel S. Structural analysis of the mechanism with a third-class structure group of the fourth order / S. Koshel, A. Koshel //Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi - 2019.- №1 P. 29-34
3. Чашников Д.О. Кинематическое исследование плоского восьмизвенного механизма шестого класса с поступательной парой аналитическим методом / Д.О. Чашников, В.В. Гаряшин // Успехи современного естествознания. - 2012. - №6. – С. 158 – 159.
4. Дворжак В. М. Силовий аналіз механізму коливального руху вушкових голок основ'язальної машини / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2019. – № 3 (134). – С. 26-35.
5. Дворжак В. М. Математичне моделювання механізмів швейних машин зі структурними групами третього класу третього порядку з двома поступальними парами / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2016. – № 5. – С. 99-108.
6. Koshel S. Definition of accelerations of points of a plane mechanism of the fourth class by graph-analytical method / S. Koshel, A. Koshel //Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi - 2018.- №2 P. 28-33
7. Koshel S. Analysis of fourth class plane mechanisms with structural groups of links of the second order / S. Koshel, A. Koshel //Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi - 2018.- №1 P. 12-17

УДК 621.01

Кошель С.О., Сергеев Д.Д.

Київський національний університет технологій та дизайну

Кошель Г.В.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

СТРУКТУРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ СКЛАДНОГО МЕХАНІЗМУ ТРЕТЬОГО КЛАСУ

Виконано структурний аналіз механізму, що складається з трьох вхідних механізмів і двох послідовно з'єднаних між собою структурних груп ланок, відповідно, третього і другого класів. Зроблено висновок, що дослідження такого механізму можна проводити як механізму другого класу.

STRUCTURAL TRANSFORMATIONS OF A COMPLEX MECHANISM OF THE THIRD CLASS

A structural analysis of the mechanism, consisting of three input mechanisms and two sequentially connected structural groups of links, of the third and second classes, respectively, was performed. It was concluded that the study of such a mechanism can be carried out as a mechanism belonging to the second class.

Для визначення послідовності дослідження складних плоских шарнірно-важільних механізмів попередньо виконують їх структурно-кінематичний аналіз [1-5].

Розглянемо механізм третього класу з трьома початковими механізмами, до яких одночасно приєднується структурна група ланок третього класу четвертого порядку, а потім група ланок другого класу другого порядку. Механізм в своїй структурі має три ведучі ланки, що обертаються та рух яких є визначеним.

Для структурного дослідження механізму умовно зупиняємо ланки 2 та 3. Формула будови такого механізму має вигляд:

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ клас} & \longrightarrow & 3 \text{ клас } 4 \text{ порядок} & \longrightarrow & 2 \text{ клас } 2 \text{ порядок} \\ (\text{ланки } 0, 1) & & (\text{ланки } 4 \div 9) & & (\text{ланки } 10, 11) \end{array}$$

Рис. 1 – Формула будови

Послідовність дослідження механізму обумовлена наявністю умовно іншої ведучої ланки, а саме кривошипу 6. Механізм набуває вигляду механізму другого класу, а подальша послідовність структурного аналізу механізму відповідає наступній формулі будови:



Рис. 2 – Формула будови

Досліджуємо вплив руху ланки 2, для чого ланки 1, 3 вважаємо умовно нерухомими. Структурна будова механізму набуває вигляду формули (Рис 1), тому структурні дослідження проводимо згідно з наступною формулою будови:



Рис. 3 – Формула будови

Досліджуємо вплив руху ланки 3, для чого ланки 1, 2 вважаємо умовно нерухомими. Структурна будова механізму для подальшого дослідження проводимо згідно з наступною формулою будови:



Рис. 4. Формула будови

Вище наведені формули дозволяють стверджувати, що шляхом структурного перетворення складного механізму третього класу для його подальшого дослідження можна використовувати метод аналізу механізму другого класу.

Література

1. R. Przytulski, J. Zajaczkowski, Kinematic analysis of the sewing mechanisms of an over edge machine. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 2016, Vol. 14, Issue 1, pp. 79-82.
2. Roussev R., Bl. Paleva-Kadiyska, Determination of the kinematic features of the feed dog of mechanisms for transportation of material of the sewing machines, *Journal of Textiles and clothing*, Vol. 3, 2015, pp. 58-63.
3. Koshel S. Analysis of fourth class plane mechanisms with structural groups of links of the second order / S. Koshel, A. Koshel // *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi* - 2018.- №1 P. 12-17
4. Koshel S. Definition of accelerations of points of a plane mechanism of the fourth class by graph-analytical method / S. Koshel, A. Koshel // *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi* - 2018.- №2 P. 28-33
5. Koshel S. Analysis of fourth-grade flat machines with movable close-cycle formed by the rods and two complex links / S. Koshel, A. Koshel // *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi* - 2016.- №2 P. 9-13.

УДК 621.396.1

Кушнірчук А.С.¹, Ткачук В.П.¹, Бубуліс А.², Бернацький В.В.¹

¹Хмельницький національний університет, Україна

²Каунаський технологічний університет, Литва

РОЗРОБКА ПОВОРОТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПЕЛЕНГАЦІЙНОЇ АНТЕНИ

DEVELOPMENT OF ROTATING DEVICE FOR DIRECTIONAL ANTENNA

В даний час кількість сфер застосування малих безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стрімко зростає. Серед порівняння нових споживчих ринків БПЛА можна відзначити лісове, сільське та дорожнє господарство, енергетику та зв'язок, видобуток та транспортування нафти та газу, військову безпеку та охорону навколишнього середовища тощо. Багато малих BPLA стали доступними для звичайних користувачів, оскільки їх оснащення досить складне та включає фото- та відеокамери, системний автопілот і навігацію, що робить керування таким BPLA досить простим. Рішення цих завдань, вони дозволяють економити більші матеріальні, енергетичні та людські ресурси. БПЛА істотно скорочують час вирішення таких завдань, у ряді випадків дозволяють зберегти людське життя, що є особливо важливим на полі бою, а також зменшити збитки від стихійних лих і позаштатних ситуацій, яких останнім часом стає все більше [1, 2].

Спільно з одним із підприємств концерну «Укроборонпром», ведеться розробка антени для пасивної пеленгації БПЛА. Для

забезпечення працездатності антени необхідна періодичне калібрування її елементів, запропоновано спроектувати поворотний пристрій, що має забезпечувати коливальні рухи антени відносно вертикальної осі на 22,5 град. в обох напрямках. До механізму висуваються вимоги точного позиціонування веденої ланки, плавність та безшумність роботи, відсутність вібрацій, а також мінімальні маса та габарити.

Опираючись на масо-габаритні параметри антени, запропонована конструкція поворотного пристрою з черв'ячною передачею, оскільки така передача самоблокується, що дозволяє уникнути додаткових елементів фіксації після проведення калібрування, також передача дозволяє досягнути великих передаточних чисел при мінімальних габаритах, це дозволить забезпечити точне позиціонування і встановити менш потужний привід, що в свою чергу зменшить вібрації та масу. Недоліком обраної передачі є значне тертя, що вимагає використання сплавів кольорових металів для виготовлення черв'ячного колеса.

За прототип було обрано опорно-поворотний пристрій, що зображений на рисунку 1.



Рис. 1 – Опорно-поворотний пристрій

Пропонується виготовити черв'ячне колесо з полімеру, використавши адитивні технології. Для виготовлення дослідного зразка, використовуючи продукт «SOLIDWORKS» змодельовано вінець колеса (Рис. 2 а), а для виготовлення зразка залишено невеликий сектор (Рис. 2 б).

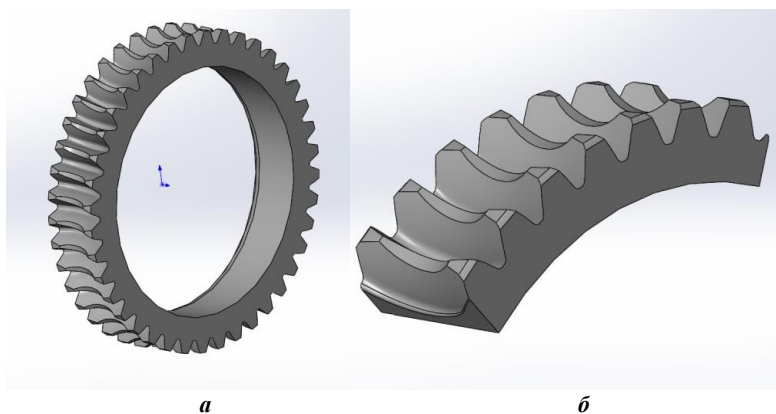


Рис. 2 – Червячне колесо
а – вінець, б – фрагмент

Для виготовлення зразка використано метод FDM друку (Fused Deposition Modeling). Модель в форматі STL відправлена в програмне середовище Simplify3D. Програма використовується для підготовки управляючої програми в форматі G-code, при підготовці є можливість налаштувати багато параметрів виходячи з матеріалу який використовується, а також необхідної точності та якості майбутньої моделі.

Матеріалом обрано ABS пластик, висота шару – 0.15 мм. швидкість друку зовнішнього контуру моделі – 1200 мм/хв. кількість зовнішніх шарів – 5, заповнення моделі – суцільне з перехреснуванням шарів на 90 град. Було успішно згенеровано управляючу програму, а також візуалізацію процесу друку (Рис. 3).

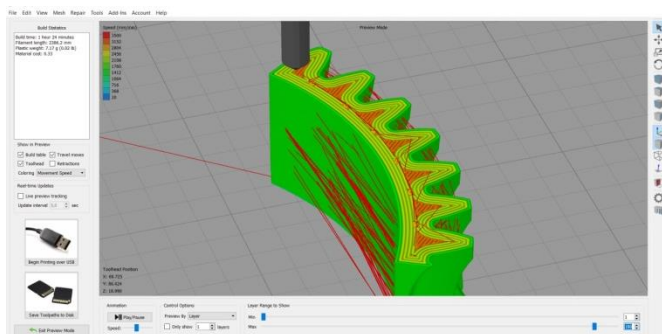


Рис. 3 – Симуляція процесу друку вінця черв'ячного колеса

Готова модель показана на рисунку 4 проаналізувавши яку можна відзначити, що форма моделі правильна, відсутня деламінація і як наслідок деформація, шари мають гарне спікання, тріщини і розшарування – відсутні.



Рис. 4 – Фрагмент черв'ячного колеса отриманого 3D друком

На бічних поверхнях зубців помітні вкраплення кульок пластику, що спричинені завершенням побудови шару і швидким переміщенням екструдера, такий недолік є технологічною особливістю процесу друку і позбутись його майже неможливо, але припрацювання колеса і вал-черв'яка мають значно покращити шорсткість поверхонь контакту.

Для оцінки працездатності такого колеса необхідні подальші дослідження на знос при контакті обраного пластику з матеріалом вал-черв'яка.

Література

1. Даник Ю.Г., Пулеко І.В., Бугайов М.В. Виявлення безпілотник літальних апаратів на основі аналізу акустичних та радіолокаційних сигналів // Вісник ЖДТУ. – 2014. – № 4 (71). – С.71- 80.
2. Nanjaport Intrater, W. Nathan Alexander, William J. Davenport, Sheril M. Grace, and Amanda Dropkin. Experimental Study of Quadcopter Acoustic and Performance at static Thrust Conditions. Aeroacoustics Conferences. 30 May-1 June. 2016, Lyon, France. 22Nd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference. American Institute of Aeronautics and Astronautics. – P. 1-14.

УДК 621.9.06-52

Миклуш Р.М., Урбанюк Є.А.
Хмельницький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ДОВГОМІРНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК ВРАХУВАННЯМ ЖОРСТКОСТІ ЙОГО ВУЗЛІВ

Запропонований метод підвищення точності форми нежорстких довгомірних деталей при їх обробленні на токарських верстатах з числовим програмним керуванням на основі використання алгоритму розрахунку відхилень положення деталі та інструменту, викликаних різною податливістю складових технологічної системи, та створення приводу поперечної подачі супорта верстата з корегувальним пристроєм для його реалізації.

INCREASING THE ACCURACY OF PROCESSING DURABLE PARTS ON A CNC LATHE BY TAKING INTO ACCOUNT THE RIGIDITY OF ITS NODES

The proposed method of increasing the accuracy of the shape of non-rigid long parts during their processing on lathes with numerical software control is based on the use of an algorithm for calculating deviations in the position of the part and the tool, caused by different compliance of the components of the technological system, and the creation of a transverse feed drive of the machine tool caliper with a correction device for its implementation.

Сучасний етап використання верстатів та автоматів з числовим програмним керуванням характеризується високими вимогами до точності переміщення їх виконавчих органів [1]. Відповідати цим вимогам можуть верстати, які оснащені додатковими пристроями, що враховують вплив на точність оброблення жорсткості окремих вузлів верстата, так як жорсткість вузлів верстата – це один із основних критеріїв його працездатності, який впливає як на точність, так і на якість оброблення деталей.

Загалом, це можуть бути слідкуючі пристрої, з допомогою яких у процесі оброблення розміри деталі контролюються індуктивними чи оптичними засобами, що реалізують зворотній зв'язок між верстатом та вимірювальною системою і здійснюють корекцію керуючої програми

верстата. Керувати точністю форми довгомірної деталі в поздовжньому перетині при обробленні деталей в центрах можна з допомогою прогнозування її осевого профілю та внесення відповідної корекції в керуючу програму верстата.

Основним вузлом токарного верстата, який відповідає за точність оброблення, є шпindelний вузол, тому нього ставляться найбільш високі вимоги. Наприклад, у токарних верстатів з ЧПК підвищеної точності його коефіцієнт жорсткості j складає приблизно 300 Н/мкм. При цьому сила різання в окремих випадках може досягати значень порядку 10000Н. Тому при тривалій експлуатації верстата в таких умовах жорсткість шпindelного вузла зменшується.

Жорсткість же задньої бабки та супорта верстата різна і дещо менша, ніж у шпindelного вузла, тому їх вплив на точність форми деталі має інший характер. Отже для підвищення точності оброблення необхідно враховувати комплексний вплив різної жорсткості основних вузлів верстата. Тому актуальним є створення механізму чи пристрою, який дав би можливість уникати похибок із-за вказаних причин, тобто, корегувати профіль деталі, тим самим збільшуючи точність її виготовлення.

За результатами аналізу впливу жорсткості елементів технологічної системи верстат-пристрій-інструмент-деталь (ВПІД) при обробленні на токарному верстаті деталей у центрах була створена програма розрахунку відхилень положення деталі, викликаних різною податливістю складових технологічної системи ВПІД.

Розрахункова схема, яка відповідає схемі оброблення при обточуванні довгомірної деталі, закріпленої в центрах, представлена на рисунку 1.

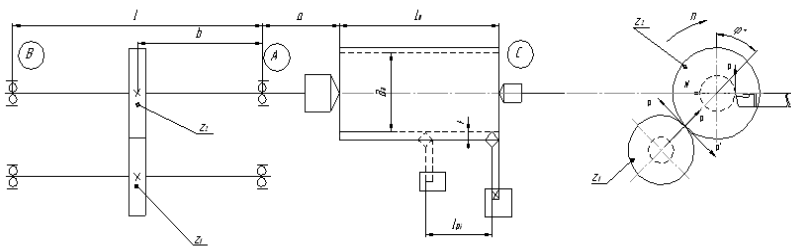


Рис. 1 – Розрахункова схема оброблення деталі на токарському верстаті з ЧПК

Через різну податливість складових системи ВПД деталі під час оброблення можуть приймати дві форми профілю, які зображені на рисунку 2. Це бочкоподібність (рис. 2, а) і корсетоподібність (рис. 2, б).

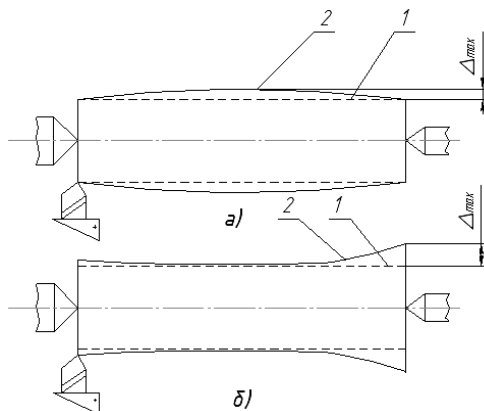


Рис. 2 – Можливі варіанти відхилення від теоретичного профілю деталі:
 1 – теоретичний профіль; 2 – дійсний профіль.

Так як форма кривих бочкоподібності і корсетоподібності описується нелінійною залежністю, то врахувати похибки відхилень форми поверхні деталі від циліндричної і відобразити це в керуючій програмі верстата з ЧПК є проблематичним.

Відомий метод компенсації похибок верстата з використанням корегувальної лінійки [2]. Проте даний метод не може бути використаний для кожної деталі, яка оброблятиметься на верстаті, так як вимагає додаткових досліджень і виготовлення індивідуальних корегувальних лінійок.

Нами пропонується застосувати внесення корегувальних імпульсів в масив даних датчика зворотного зв'язку з допомогою додаткового крокового двигуна, який управляється від електронної схеми, що генеруватиме імпульси керування кроковим двигуном за результатами оцінки можливих переміщень елементів системи ВПД для кожного конкретного випадку за спеціальним алгоритмом, що враховує сили різання, сили, що діють на приводний елемент приводу, параметри, які визначають податливість переднього кінця шпинделя, задньої бабки, супорта з револьверною голівкою, жорсткість самої деталі.

Загальна схема такого варіанту для приводу поперечних переміщень супорта верстата (координата X) представлена на рисунку 3.

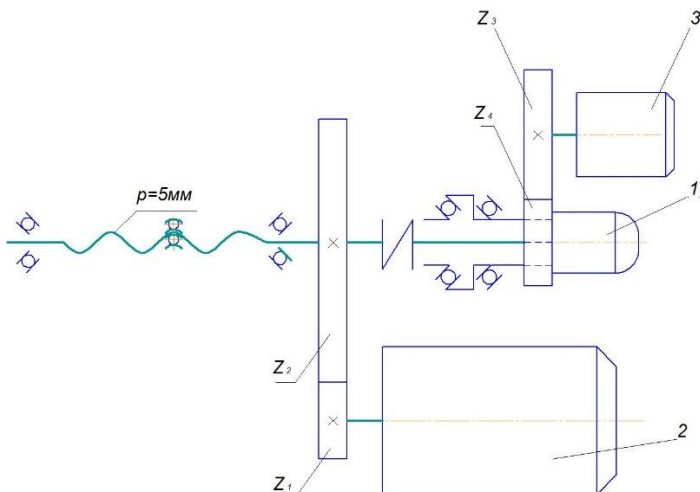


Рис. 3 – Схема приводу поперечних подач супорта верстата із запропонованим корегувальним пристроєм

Привод поперечних переміщень супорта складається із високомоментного двигуна постійного струму (поз. 2), крокового двигуна (поз. 3), беззазорної прямозубої циліндричної передачі z_3/z_4 , датчика зворотного зв'язку (поз. 1), який зв'язаний із веденою шестернею z_4 беззазорної передачі, що знаходиться на рухомому стакані.

Підбір характеристик крокового двигуна і передавального відношення шестерень беззазорної передачі здійснений таким чином, щоби при повороті крокового двигуна на один крок (одному імпульсу крокового двигуна відповідає поворот його ротора на кут $\alpha=1,5^\circ$), датчик зворотного зв'язку повертався би на кут, який відповідає мінімальному переміщенню супорта верстата по координаті X, тобто, 0,005 мм.

На основі алгоритму розрахунку зміни профілю деталі, викликану різною жорсткістю вузлів верстата і графіки відхилень від заданого профілю деталі, що спричинені різною жорсткістю елементів системи ВПД [3], розроблена програма, яка з використанням Math CAD буде графіки залежності поточного радіуса деталі від положення різця при різних параметрах жорсткості вузлів верстата і компенсує можливість зміни профілю деталі уздовж її осі.

Механізм корекції дозволяє коректувати профіль деталі під час оброблення. Перехід на інші параметри оброблення або на інший типорозмір деталі не потребує додаткових опрацювань, вимірювань чи перерахунків. Система працює наступним чином: надсилаються дані з кодом контролю профілю деталі з керуючої програми або з блоку кодування в мікроЕОМ. МікроЕОМ видає інформацію корекції в блок компенсації, який в одночасно отримує інформацію від керуючої програми. Після їх сумування на пристрій керування кроковим двигуном надходить та інформація, яка потрібна для врахування похибок форми деталі, які можуть виникнути. А пристрій керування кроковим двигуном генерує таку кількість імпульсів, яка необхідна для забезпечення правильної форми поверхні деталі.

Розроблена 3-D модель приводу переміщень супорта токарського верстата з ЧПК по координаті X з корегувальним пристроєм представлена на рисунку 4.

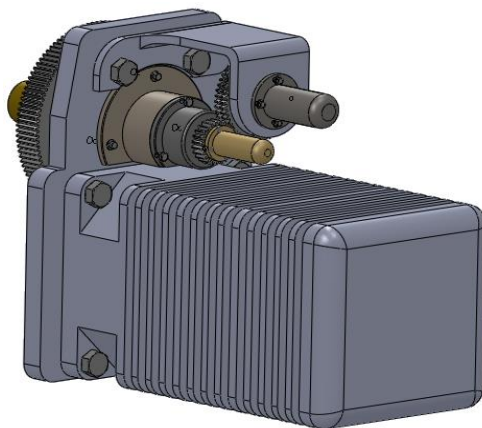


Рис. 4 – 3-D модель приводу переміщень супорта токарського верстата з ЧПК по координаті X

Література

1. Бочков В.М., Сілін Р.І. Обладнання автоматизованого виробницт-ва. Навчальний посібник / За ред. Сіліна Р.І. – Львів: Видавництво Державного університету “Львівська політехніка”, 2000. – 380 с.
2. Гусев А.И. Устройства числового программного управления. - М.: Машиностроение, 1990. - 335 с.
3. Капучак Ю.О., Ковальчук С.С., Прошин О.А. До питання про синтез системи управління точністю форми деталей при обробці на металорізальних верстатах з ЧПК. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технічних процесах. – 2006. - №1. – С.122-127.

УДК 62.5

Хаврус І.А., Савицький Ю.В., Гордєєв А.І.

Хмельницький національний університет

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ДІЛИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ УДГ-160 ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

***Анотація.** Проаналізовано сучасні досягнення в технології фрезерного оброблення і встановлено шляхи удосконалення технологічного оснащення для верстатів з ЧПК при знижених витратах. Запропоновано конструктивні зміни до конструкції ділильної головки УДГ-160, що є одним із шляхів її застосування та підвищення ефективності використання верстатів з ЧПК.*

MODERNIZATION OF THE DESIGN OF THE DIVIDING HEAD UDH-160 FOR USE ON CNC MACHINES

***Abstract.** Modern advances in milling technology have been analyzed and ways to improve technological equipment for CNC machines at reduced costs have been established. Design changes to the design of the dividing head UDH-160 are proposed, which is one of the ways of its application and increasing the efficiency of the use of CNC machines.*

Постановка проблеми. Машинобудівна галузь – основа науково-технічного прогресу промисловості. Безперервне вдосконалення та розвиток машинобудування пов'язано з прогресом верстатобудування, оскільки металорізальні верстати разом з іншими деякими видами технологічних машин, забезпечують виготовлення будь-яких нових видів обладнання.

Автоматизації верстатів завжди надавалося велике значення. На теперішній час необхідна автоматизація, що охоплює дрібносерійне і одينية виробництво [1]. В результаті науково-технічного прогресу були створені сучасні малабаритні і надійні засоби комп'ютерної техніки. Одним із шляхів підвищення ефективності використання верстатів з ЧПК являється використання ділильних головок, що забезпечують обробку максимального числа поверхонь деталі із одного установа. Також найбільш важливим питанням є економічне – придбання того чи іншого обладнання з системою ЧПК. На теперішній час на ринку є великий вибір як самих верстатів, так і технологічного

оснащення до них, але, на жаль, далеко не кожна пропозиція може мати реальне обґрунтування своєї вартості. В процесі застосування обробних центрів виникає завдання модернізації верстатів шляхом істотної зміни самих пристосувань і відповідно програмних засобів. Також постає питання про можливість модернізації звичайних верстатів та верстатів з ЧПК пристроями, які будуть забезпечувати достатній рівень точності, продуктивності, а також мати прийнятну вартість.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективність застосування верстатів з ЧПК досягається за рахунок зменшення витрат на технічне оснащення, втрат від браку, скорочення виробничих площ, підвищення режимів різання та концентрації операцій. Для виготовлення деталей на фрезерних верстатах застосовують ділильні головки як універсальні, не механізовані, так і з приводом від крокового двигуна. Відома конструкція ділильної головки фірми Haas пропонує систему QuikChange, яка містить системи QuikPlate (рис.1) [2].



Рис. 1 – Загальний вигляд ділильної головки фірми Haas

Відома конструкція ділильної головки фірми TRIAG рис.2.

Ділильна головка UT400/CNC–24423 призначена для бездоганної тривимірної обробки в одиничному виробництві або виробництва в невеликих кількостях для деталей з метою градування, виготовлення роз'ємів, виробництва шестерень, косозубих зачеплень, у тому числі неправильних профілів. Будь-які кути можуть бути встановлені через комп'ютерне управління. Легкий монтаж в горизонтальній і вертикальній площинах. Приводиться в рух потужним кроковим електродвигуном через зубчастий ремінь і черв'ячною передачею. Передавальне відношення (40:1) забезпечує значний обертаючий момент. Мінімальний крок 0,003°. Розпізнає граничну позицію за рахунок фоторелейного бар'єру. Основний шпindel з 14 мм - отвором і фланцем для планшайби, а також обертаючий патрон. Вартість ділильної головки становить 28 147 грн.



Рис. 2 – Загальний вигляд ділильної головки UT400/CNC–24423

Постановка завдання. Метою роботи є розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПК із застосуванням при обробленні заготовок вдосконаленої конструкції ділильної головки УДГ-160, модернізованою за допомогою крокового двигуна NEMA23 та підвищення точності обробки за умов зниження собівартості ділильної головки.

Виклад основних матеріалів. Модернізація конструкції ділильної головки УДГ-160 полягає у тому, що замість ділильного диску на вал встановлено кроковий двигун NEMA23, який керує поворот патрона на певний кут за допомогою подачі необхідної кількості імпульсів від керуючої програми верстата з ЧПУ, чим досягається розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПУ та підвищується точність обробки. Кроковий двигун – це безщітковий синхронний електродвигун, який перетворює електричну енергію в механічну. Основна відмінність крокових електродвигунів від звичайних полягає в способі обертання «кроками», через що і виникла ця назва електродвигуна. На сьогоднішній час крокові двигуни широко використовуються в різній оргтехніці, автоматичному електроінструменті, в машинобудуванні тощо, там де потрібна висока точність позиціонування.

Після з'єднання черв'ячного валу ділильної головки за допомогою шестерень з валом крокового двигуна, за допомогою муфти та перехідного корпусу (див. рис.3), ділильна головка отримує можливість керування поворотом кулачкового патрону з певним кутом від крокового двигуна, якій отримує згідно програми верстата з ЧПУ, на певну кількість кроків з високою точністю позиціонування, що підвищує точність оброблення заготовки та можливість оброблення деталі з чотирьох сторін.

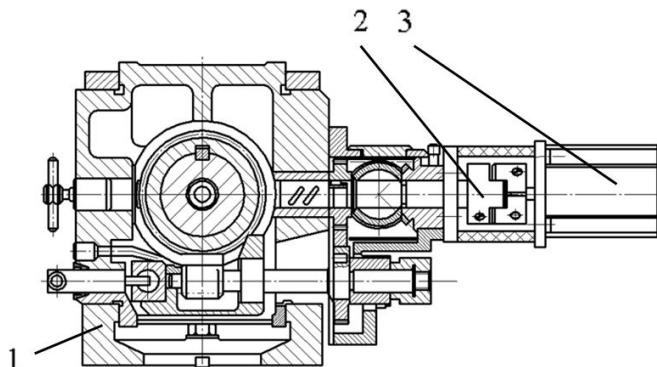


Рис. 3 – Вид перерізу ділильної головки УДГ-160 з встановленим кроковим двигуном NEMA23:

1 – корпус ділильної головки; 2 – муфта; 3 – кроковий двигун

Завдяки застосуванню крокового двигуна у конструкції ділильної головки та відповідного програмного забезпечення на фрезерних верстатах з ЧПК забезпечується обробка максимального числа поверхонь деталі із одного установа, а висока точність повороту (мінімальний крок $0,003^\circ$) забезпечує відповідну точність поверхонь, що обробляються. Модернізація конструкції ділильної головки УДГ-160 дає значну економію коштів у порівнянні з придбанням існуючих аналогів.

Висновки

1. Проаналізовано конструкції ділильних головок вітчизняних та закордонних виробників та сучасні досягнення в технології фрезерного оброблення і встановлено шляхи удосконалення технологічного оснащення для верстатів з ЧПК при знижених витратах.

2. Запропоновано зміни до конструкції ділильної головки УДГ-160, що є одним із шляхів підвищення ефективності використання верстатів з ЧПК, які забезпечують обробку максимального числа поверхонь деталі із одного установа.

Література

1. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, В.А. Шкаберин. 2-е изд. М.: ФЛИНТА, 2014. 355 с.

2. Поворотные и делительно-поворотные столы Haas Automation Inc. (http://int.haascnc.com/DOCLIB/brochures/PDF/rotary_1049.pdf?0327)

Трибологічні і матеріалознавчі проблеми в інженерії та на транспорті

Padgurskas J., Volskis D., Jarašiūnas O.
Vytautas Magnus University, Lithuania

EVALUATION OF MACHINES AND EQUIPMENT MAINTENANCE SYSTEMS

Сучасне обладнання є складним і часто автоматизованим, тому технічне обслуговування є складним і адаптованим до конкретного типу обладнання. Важливо проаналізувати та вирішити, яка система обслуговування найбільш підходить для цих пристроїв. Компанії, які прагнуть до ефективної роботи свого обладнання, вибирають системи технічного обслуговування, спрямовані на підтримку обладнання в найкращому стані, тобто відповідно до експлуатаційних вимог, і уникають незапланованих простоїв обладнання, що спричиняє непередбачені втрати. Часто проводиться профілактичне обслуговування, під час якого проводиться плановий ремонт або моніторинг пристрою або його елемента.

ОЦІНКА СИСТЕМ ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

Modern equipment is complex and often automated, so maintenance is complex and tailored to the specific type of equipment. It is important to analyze and decide which maintenance system is most appropriate for those devices. Companies striving for efficient operation of their equipment choose maintenance systems aimed at keeping the equipment in the best possible condition, i.e. suitable according to operational requirements and avoid unplanned downtime of equipment, which causes unforeseen losses. Preventive maintenance is often carried out, during which planned repairs are carried out or monitoring of the device or its element is carried out.

Maintenance is all technical, administrative and management measures applied when using an object (workplace, machine or device) aimed at preserving or restoring the condition of this object so that it can be used for its intended purpose and prevent breakdowns or deterioration [1].

Maintenance activities include: checking; test; measurement; exchange; regulation; troubleshooting; service.

Davies [2] describes the strategic view of maintenance by the equipment state, the operating load, maintenance actions (strategies) and business objectives. The state of the equipment is affected by the operating load as well as the maintenance actions. The operating load is dependent on the production plans and decisions which are in turn effected by commercial

needs and market consideration. Therefore, maintenance planning has to take into consideration the production planning, maintenance decisions, equipment inherited reliability and market and commercial requirements.

Experimental. Materials and testing methods

The evaluation of the engine oils tribological properties and their variation was performed in operating conditions for multifunctional high capacity armoured terrain heavy-duty trucks.

The types of engine oils which were investigated in this research are presented in table 1.

Table 1 – Marking and description of investigated engine oil.

Marking of engine oil	Description of engine oil
MINERAL1	Mineral engine oil 15W40 for heavy-duty diesel engines, operating continuously long time under hard conditions.
MINERAL2	Mineral engine oil 15W40 for advanced high-speed powerful turbo diesel engines
SEMISYNTH	Semi-synthetic engine oil 10W40 for advanced high-speed powerful turbo diesel engines

Tribological tests of friction torque and surface wear according to the wear scar diameter (WSD) were performed using the four-balls testing machine at the room temperature. Testing methodology according to the standard DIN 51 350 was used [3]. The diameter of the steel balls used in the test was 12.7 mm. According to the standard the tests were carried out at 150 and 300 N loading. The tests were performed with oils which were new and with oils which operated after a 2500 and 5000 km run of the truck.

Results and discussion. Tribological testing. The friction torque was measured during the tests at two different loading versions for each tested oil. The data analysis shows that for the testing of new oils at a 150 N load there are no significant differences in the friction torque for all three tested oils it was stable (45-55 mNm) during the entire test. When testing at a load of 300 N, important differences emerged. Only the MINERAL1 oil ensured a stable friction torque 110 - 115 mNm during the entire test period. The friction torque increased significantly to 150-160 mNm when testing the MINERAL2 (after 20-30 minutes) and SEMISYNTH oils (after 5-10 minutes). This demonstrates the lower performance of the lubricating properties of these oils (especially the semi-synthetic oil SEMISYNTH) at higher loading compared to MINERAL1.

Extremely informative tribological testing results were the variations in the friction torque of the tested oils after a 2500 km and a 5000 km run. The value of the friction torque started to differ and change from 7 min (especially at 5000 km) and fluctuated until the end of the test. The variation range for the oils of a 5000 km run was about 10-15 mNm. This testifies to the unstable friction conditions in the contact and possible fitful breaking of the boundary lubrication layer. Changes in the friction torque were also remarkable in tests of the 2500 km run oils, but further investigations of the surface wear show that the advantages and disadvantages of tested oils according to the wear decrease abilities were apparent only after the 5000 km run, especially under higher load (300 N) conditions.

When analysing the results of the surface wear of different oil samples, we see that the loading of 150 N is not displaying which oil is better taking into consideration both the new oil and after a 2500 km and 5000 km run. Moreover, when evaluating the wear spot at the new oil, the worst results were achieved with MINERAL1 (WSD was 0.33 ± 0.01 mm), while the other two oils showed lower wear (WSD of 0.25 ± 0.008 mm).

The actual lubrication efficiency of the oils according to the surface abrasion became evident in the case of higher loading at 300 N, especially after a longer run. Even the new oil MINERAL1 displayed the best wear protection at the 300 N load (0.38 ± 0.01 mm WSD) compared to MINERAL2 (0.43 ± 0.03 mm) and SEMISYNTH (0.45 ± 0.02 mm). The difference is more pronounced after 5000 km: the MINERAL1 oil has an average wear scar diameter of 0.58 ± 0.01 mm, while MINERAL2 is 0.73 ± 0.08 mm and SEMISYNTH is 0.71 ± 0.05 mm.

Data analysis and discussion. The data on the wear resistance and character of the surface wear of different lubricants shows that the oil behaviour of separate oil types could differ for various loadings. This means that the properties of engine oils can be formulated for different loading operation conditions. The difference in wear resistance can be argued that in the range of lower loads, all of the tested oils had similar tribological characteristics. In view of the fact that the oils are used in heavy-duty trucks in extreme conditions, i.e. often close to the limits of their possibilities, tests were carried out at a load of 300 N. At this loading, after 2500 km of operation, significant differences were found in the tribological characteristics of the lubricants. The main difference is the reduced ability of the oil to protect the friction surface from abrasion [4, 5].

The behaviour of oils' tribological properties is loading and time dependent. The oil can show comparably good wear resistance at lower loading at the beginning of its services, but with the oil aging the tribological properties can sharply worsen. This is clearly evident for higher loading, which is characteristic for heavy-duty trucks.

Conclusions. The tribotechnical properties of the lubricants (friction losses and surface wear) are more objectively estimated by determining these properties not only for the new lubricants, but also for the variation of these properties during operation.

Tribotechnical tests for lubricants should be carried out on loads that are adequate for the operating loads in the investigated machines and equipment. The testing results in the surface wear at 150 N load are obviously similar for all tested oils, but when higher loading (300 N) was applied, there substantial differences in wear results appears after the 5000 km run of the trucks: the wear is higher 2,7 times applying the oil MINERAL2 and 2,5 times at the oil SEMISYNTH comparing to MINERAL1. It shows that oil change interval for heavy-loaded engines should be shorter or those oils should be not recommended to be used at engine systems of heavy-duty trucks.

References

1. Handbook of Maintenance Management and Engineering. Editors: Mohamed Ben-Daya, Salih O. Duffuaa, Abdul Raouf, Jezdimir Knezevic, Daoud Ait-Kadi. DOI 10.1007/978-1-84882-472-0
2. Handbook of Condition Monitoring. Techniques and Methodology. by A. Davies (ed.).
3. DIN 51350-3. Testing of lubricants - Testing in the four-ball tester- Part 3: Determination of wearing characteristics of liquid lubricants. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin (in German)
4. Totten G.E., Westbrook S.R., Shah R.J.: Fuels and Lubricants Handbook: Technology, Properties, Performance, and Testing. ASTM International (2003)
5. Mang T., Dresel W.: Lubricants and lubrication. Wiley-VCH Verlag GmbH: Weinheim (2007)

Justas Uselis, Juozas Padgurskas

Vytautas Magnus University, Lithuania

Anastasia Storozhuk

Khmelnytskyi National University, Ukraine

GEAR OILS AND THEIR TRIBOLOGICAL EVALUATION

Gear oil is a lubricant made specifically for transmissions, transfer cases, and differentials in tractors, automobiles, trucks, and other machinery. It is of high viscosity and usually contains organosulfur compounds. Some modern automatic transaxles (integrated transmission and differential) do not use heavy oil at all but lubricate with the lower viscosity hydraulic fluid, which is available at a pressure within the automatic transmission. Gear oils account for about 20% of the lubricant market.

ТРАНСМІСІЙНІ МАСТИЛА ТА ЇХ ТРИБОЛОГІЧНА ОЦІНКА

Трансмiсiйне масло – це мастило, виготовлене спецiально для трансмiсiй, роздавальних коробок i диференцiалiв тракторiв, автомобiлiв, вантажiвок та iншої технiки. Вiн має високу в'язкiсть i зазвичай мiстить сiркоорганiчні сполуки. Деякi сучаснi автоматичнi коробки передач взагалi не використовують важке мастило, а змащують гiдролiчною рiдиною меншою в'язкостi, яка доступна пiд тиском всерединi автоматичної коробки передач. На трансмiсiйнi масла припадає близько 20% ринку мастильних матерiалiв.

One of the most important tasks of the state is the economical use of energy resources. The problem of reducing the consumption of motor oils in automobile engines, due to the wide use of high-quality and at the same time expensive oils, is the most acute.

The effectiveness of transmission oils' anti-wear capabilities is successfully evaluated using the four-ball testing technique.

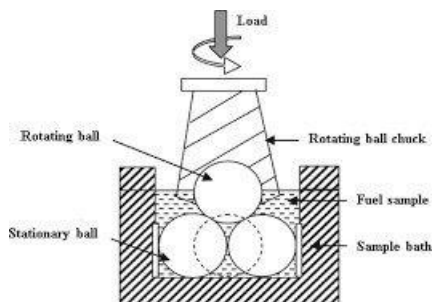


Fig. 1 – Four-ball testing method

The tribological characteristics of transmission oils A, which are used in standard tractor gearboxes, and B, which are used in more powerful tractor gearboxes, were compared under a load of 300 N. This research method can be used to determine transmission system oils.

Our goal was to test transmission oils using the four ball test method for tribological analysis. Using a microscope to measure the diameter of the wear scar. Compare gear oils to assess quality.

The steel balls used in the ball specimen, measuring 12.7 mm in diameter, are made of GCr15 steel.



Fig. 2 – GCr15 steel balls

Transmission oil A, which is used to lubricate the transmission systems of standard tractors. For more sophisticated tractors, transmission oil B was created based on oil A and has increased anti-wear performance.

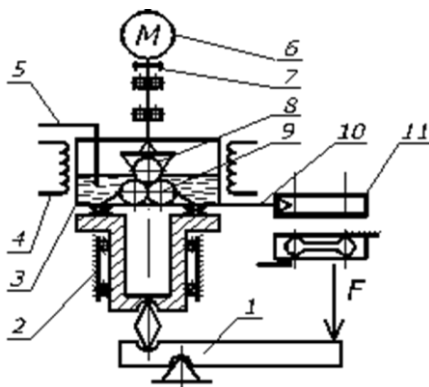


Fig. 3 – Four-ball testing system

- 1 – load transfer lever; 2 – vertical center bearing; 3 – oil sample compartment;
- 4 – oil heater; 5 – thermocouple; 6 – electric motor; 7 – clutch; 8 – upper rotary ball;
- 9 – lower stationary balls; 10 – torque transfer lever; 11 – force transducer

Tribological tests on a four-ball wear test system were carried out following the DIN 51.350 standard. A Nikon Eclipse 100M optical microscope was used to analyze the surface in order to gauge the worn scar diameter.

The following test conditions were applied to the four-ball wear test system: Ball diameter: 12.7 mm; load: 300 N; testing duration: 60 minutes. The frictional moment and oil temperature were measured continuously during the testing period. With 300 N weights, each transmission oil was put through two different tests.

The friction process for both tries was stable when using transmission oil A, as shown by the results of the four-ball wear test system tests (Fig. 4). However, the outcomes of the oil that had superior anti-wear ability (Fig. 5) were worse than those of the first one: the temperature was rising faster and the frictional moment wasn't as steady.

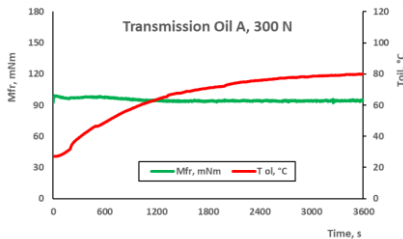


Fig. 4 – Transmission oil A tribological properties

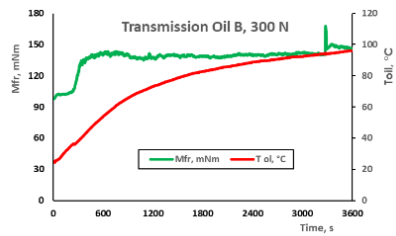
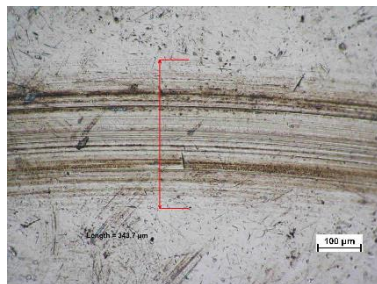
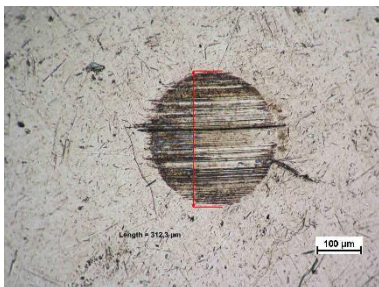
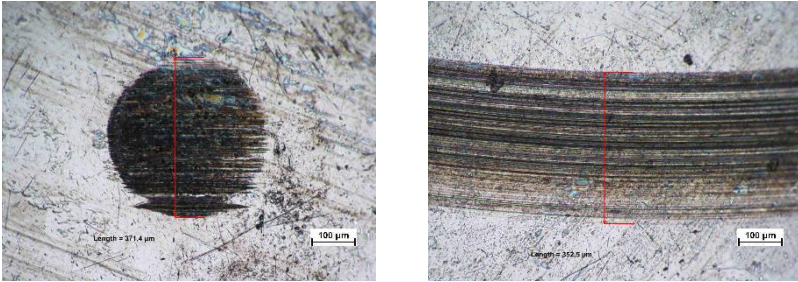


Fig. 5 – Transmission oil B tribological properties

Transmission oil A outperformed transmission oil B in terms of wear scars since they were less obvious.



Pic. 6 – Transmission oil A wear scar (1st and 2nd test)



Pic. 7 – Transmission oil B wear scar (1st and 2nd test)

Conclusions. The key components within the selected parameters and levels that have the biggest impacts on the wear scar diameters are the test speed, test time, test temperature, and test load.

The best outcomes in terms of evaluation criteria were achieved by Oil A: in contrast to oil B, which attained a temperature of 94 °C, the temperature peaked at 83 °C.

The greatest frictional moment was 116 mNm, while the maximum frictional moment for transmission oil B was 136 mNm.

After all attempts have been effective, it is feasible to conclude that transmission oil A, which is less expensive, has better tribological characteristics than oil B.

References

1. B.T.Liu, H.Gao, H.Zhou, J.Zheng, Y.Xing, “Applications of four-ball testers in evaluation of liquid lubricants,” Physical Testing and Chemical Analysis(Part A:Physical Testing), vol.51, pp.795-798,2015.
2. J.H.Ding,L.Z.Zhou, “Investigation on Influencing Factors of accuracy of four ball wear test results of lubricating oil,” Petroleum Products Application Research, vol.35,pp.78-81,2017.
3. Bhushan, B. (2013). Introduction to Tribology. John Wiley & Sons, New York, DOI:10.1002/9781118403259.
4. Gohar, R., Rahnejat, H. (2008). Fundamentals of Tribology. Imperial College Press, London, DOI:10.1142/p553.

УДК 62.04: 62.91: 62.92: 620.179:534.6: 629.4.082.053

Беліков А.С., Мацук З.М.
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,
м. Дніпро, Україна.

Проців В.В.
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна.

МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ РІДКІ (ПЛАСТИЧНІ) ДЛЯ ПАРИ ТЕРТЯ «КОЛЕСО-РЕЙКА»

***Мета.** Сформулювати вимоги до базових властивостей мастильних матеріалів, що є придатними для використання у системах бортових лубрикаторів рейкових транспортних засобів.*

***Методи** досліджень – статистичний аналіз результатів експериментальних випробувань властивостей існуючих та запропонованих мастильних матеріалів в умовах реальної експлуатації рухомого складу АТ «Укрзалізниця».*

***Результати досліджень.** За підсумком експлуатаційних випробувань встановлено, модифікований твердозмащувальними домішками, навіть з вичерпаним терміном придатності, мастильний матеріал Рельсол-М зберігає та демонструє «ефект переносу».*

LUBRICANTS FOR RAIL TRANSPORT LIQUID (PLASTIC) FOR FRICTION PAIR "WHEEL-RAIL"

***Purpose.** Formulate the requirements for the basic properties of lubricants suitable for use in the systems of on-board lubricators of rail vehicles.*

***Methodology** – statistical analysis of the results of experimental tests of the properties of existing and proposed lubricants in the conditions of real operation of the rolling stock of JSC "Ukrzaliznytsia".*

***Findings.** Based on the results of operational tests, it was found that regenerated, homogenized and modified with solid lubricating impurities, even with an expired shelf life, Relsol-M lubricant retains and demonstrates the "transfer effect".*

З метою підвищення безпеки та енергоресурсоефективності перевезень, зниження інтенсивності процесів зношування гребенів коліс рухомого складу (бічних поверхонь рейок) залізничних

господарств, забезпечення роботи бортових систем лубрикації гребенів колісних пар локомотивів вітчизняного виробництва (СПП 12-5, ГС-3, інших) в Україні застосовуються змашувальні матеріали типу «Рельсол ГС», «Рельсол М» (ТУ У 23.2-30802090-055:2006), мастила осьові (ГОСТ 610-72), суміші відпрацьованих мастил/олив/бензину/дизпалива та дрібнодисперсного графіту, які або пожежонебезпечні, або містять воду, або містять занадто крупнодисперсні та трибологічно не виправдані механічні домішки, або мають від партії до партії нестабільний (неконтрольований) хімічний склад, або мають низькі показники здатності підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування, та інше. Перелічені та інші недоліки застосованих мастильних матеріалів роблять їх такими, що не відповідають сучасним умовам експлуатації рухомого складу, не забезпечують стабільної роботи систем лубрикації. Разом з цим, сучасні прилади (давачі, алгоритми) системи управління автоматизованих лубрикаторів (СПП 12-5, ГС-3 та інших) не дозволяють їм наносити спеціалізовані мастильні матеріали на поверхні тертя гребенів коліс в певний час, певною тривалістю. Вищезазначені технічні недоліки не надають можливості залізничним господарствам різко знизити інтенсивність процесів зношування гребенів коліс (бічних поверхонь рейок), що в свою чергу призводить до зниження рівня безпеки та енергоресурсоефективності вантажних/пасажирських перевезень та значних фінансових втрат.

Процес взаємодії колеса і рейки є фізичною основою руху рейкового транспорту. Всі ці функції реалізуються в зоні комбінованого фрикційно-антифрикційного контакту колеса з рейкою і істотно впливають як на роботу всього локомотиву, так і на безпеку руху в цілому. Сила тертя, що виникає при контакті гребеня з рейкою, призводить до втрати від 5 % до 15 % тягової потужності локомотиву, до активного зносу гребенів коліс, а також бічної поверхні головки рейки.

Аналіз процесів зношування пари тертя «колесо-рейка», визначення характерних видів основного і супутнього зношування показує, що в зоні фрикційного контакту під дією навантажно-швидкісних, температурних, динамічних, циклічних, корозійно-атмосферних, пилоабразивних впливів протікають складні трибофізико-хімічні явища, в результаті яких відбувається зношування і деградація контактних поверхонь [1, 2]. Для трибоконтакту «гребень колеса – рейка» характерна експлуатація в екстремальних умовах

(високі значення контактних тисків величиною від 2,5 ГПа до 3 ГПа і температур ТК біля 1000 °С на швидкостях ковзання V_s від 0,1 м/с до 3 м/с) [3, 4].

З 18.04.2019 до 01.05.2021, за спільною ініціативою ТОВ «МОДІФІК» та АТ «Укрзалізниця», під науковим керівництвом д-ра техн. наук В.В. Проціва (НТУ «ДП») та д-ра техн. наук А.С. Белікова (ДВНЗ «ПДАБА») було проведено стендові, з годом, експлуатаційні випробування наповнювачів твердозмашувальних ТУ 20.5-001-42277844-2019 (надалі – НТ) та спеціалізованого мастильного матеріалу (надалі – ММ) «MARIOL NT» ТУ У 23.2-31709624-002:2009 (змін. 3), до складу якого в якості антифрикційних наповнювачів додається НТ виробництва ТОВ «МОДІФІК».

Отримані результати дозволили підтвердити той факт, що основними видами зношування гребенів коліс і бічної поверхні головки рейки є зношування при заїданні, водневе, стомлююче і зношування внаслідок пластичної деформації, а супутнім зношуванням є ударно-стомлююче зношування. Характерним є і те, що інтенсифікація процесу зношування відбувається в разі, коли втомний та водневий види зношування на фоні поточних процесів заїдання викликають катастрофічне руйнування поверхонь тертя коліс і рейок в результаті багаторазово доданого динамічного навантаження при напруженнях, значно менших, ніж у разі одноразового їх високого навантаження. Варто зазначити, що при великій кількості повторних навантажень напруження, за яких відбувається руйнування, можуть бути нижчими не тільки границі міцності конструкційних матеріалів пари тертя, а й раніше прийнятої границі пружності для матеріалу бандажа колеса і рейки.

За підсумком проведених досліджень встановлено, що:

– саме показник інтенсивності зносу гребенів коліс внаслідок тертя переважає над аналогічним показником зносу бандажів, тому знос гребенів коліс рейкового транспорту лімітує ресурс колісних пар на рівні з показниками якості монтажу колісних пар та складання колісомоторних блоків локомотивів;

– найбільш небезпечними видами зношування досліджуваної пари тертя є зношування при заїданні (задири, навари) і втомне зношування, а найбільш перспективним напрямком вирішення проблеми зменшення інтенсивності зношування гребенів коліс рухомого складу і рейок є використання систем змащення та ММ;

– коефіцієнт тертя ММ в граничному режимі, зокрема у суспензіях, залежить не стільки від їх в'язкості, скільки від їх здатності змочувати поверхні;

– ковзання всередині шару рідкого або пластичного змащувального матеріалу здійснюється за рахунок в'язкого тертя;

– високоенергетичне аморфне тертя характеризується тим, що частота перескоку молекул під дією сили тертя стає більшою, ніж частота зміщення дислокацій в твердих тілах, або більшою частоти теплових перескоків в рідинах, в результаті чого з'являється ефект зниження коефіцієнта тертя під час збільшення швидкості;

– наявність у складі ММ наповнювачів твердозмащувальних, які реалізують ефект технології безрозбірної інженерії поверхонь тертя ТОВ «МОДІФІК», має вирішальне трибологічне значення у високонавантажених парах тертя;

– найбільш перспективним напрямком вирішення проблеми зниження інтенсивності зношування гребенів коліс рухомого складу і рейок є використання систем змащення, раціональних алгоритмів змащування та ММ, які відповідають умовам експлуатації і мають високий показник здатності підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування (U_d , %) [5].

Отже, враховуючи той факт, що для трибоконтакту «гребень колеса – рейка» є властивою експлуатація в екстремальних умовах констатуємо:

– будь-який рідкий (пластичний) змащувальний матеріал пари працює в умовах граничного змащення, а пара тертя, що змащується, має постійну тенденцію до переходу у режим часткового металевого контактування;

– відсутність змащування веде до стрімкої деградації конструкційних матеріалів пари тертя та, згодом, до катастрофічного зношування;

– застосування змащувальних матеріалів, які під час напрацювання не модифікують поверхні тертя у напрямку підвищення їх опору до переходу в катастрофічні режими зношування, нерациональне та недоцільне з усіх точок зору.

Що стосується вибору ММ для пари тертя «колесо-рейка» [6]. Відомо, що консистенція та індекс в'язкості не впливають на поведінку змащувального матеріалу в умовах граничного і змішаного змащування [7], а отже, і на працездатність в системі «гребень колеса – рейка», але

вірним є і те, що цей лубрикант повинен наноситися точно, локально і триматися іноді на майже вертикальній поверхні. Таким умовам з відомих відповідають лише консистентні (пластичні, не рідкі) змащувальні матеріали, тому їм слід віддати перевагу.

Відомо, що основним триботехнічним критерієм пари «гребень колеса – рейка» є довговічність коліс і рейок, яка оцінюється в пробігах і перевезеному тоннажі. Тоді першою і важливою властивістю консистентних колісно-рейкових ММ є їх здатність до переносу вздовж поверхонь тертя [8]. Другою важливою властивістю ММ є строк служби (ресурс роботи,) довговічність [9]. Але з огляду на те, що на довговічність змащувальних матеріалів дуже сильно впливає рельєф поверхонь тертя, який постійно змінюється в реальних умовах експлуатації системи «гребень колеса – рейка» завдяки циклічності основних руйнівних факторів, під час вибору змащувального матеріалу критерієм «довговічність» можливо знехтувати. Третьою властивістю є комплекс характеристик, який іменується «змащувальні властивості» [9] і який оцінюється коефіцієнтом тертя, зносом поверхонь тертя, критичним навантаженням, швидкістю ковзання і температурою переходу до катастрофічного зносу. Четвертою важливою властивістю ММ є, так звана, кількість змащувального матеріалу, що не видавлюється з контакту – не видавлювана кількість [10].

Проведеними дослідженнями та експериментально встановлено, що основною, п'ятою властивістю ММ є показник здатності підвищувати опір поверхонь тертя у парі тертя до переходу в катастрофічні режими зношування [5].

Література

1. А. А. Воробьев, Т. Г. Бунькова, А. А. Соболев. (2019). К вопросу об оптимальном соотношении твердости пары «колесо–рельс». Известия ПГУПС 2019/1. 77-86.
2. A.V. Voitov. (2020). Modeling the processes of friction and wear under dynamic influences on the tribosystem. Problems of Tribology. Vol 25 No 3/97. DOI: <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2020-97-3-45-49>.
3. Михайлов Е.В., Семенов С.А. (2016). Определение пути трения гребня колеса по рельсу. Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 1 (225) 2016. 122-128.
4. Bunkova T.G. (2019). Mathematical description of wheel–rail wear process. World of Transport and Transportation. 17(5):6-15. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-5-06-15>
5. Проців В.В., Мацук З.М., Козечко В.А., Колесник С.В. (2018). Використання гребнезмащувачів коліс на рейковому транспорті кар'єрів і шахт. Геотехнічна механіка. Інститут геотехнічної механіки. Вип. 143. 164 – 172.

6. Бєліков А.С., Кравченко О.Г., Завалій О.Б., Лихарев М.В., Мацук З.М., Проців В.В., Григоренко В.У., Козечко В.А. Матеріали змащувальні рідкі і пластичні. Метод експрес відбору (2020). Гірнична електромеханіка та автоматика. НТУ «ДП», № 103. 107–114.

7. W.J. Wang, R. Lewis, B. Yang, L. Guo, Q. Liu, M. Zhu. (2016). Wear and damage transitions of wheel and rail materials under various contact conditions. *Original Research Article Wear*. Vol. 362–363. 146–152. doi: 10.1016/j.wear.2016.05.021.

8. Sciences S. V. Panchenko, S. V. Voronin, M. P. Remarchyk, B. S. Asadov. (2018). Substantiation of requirements for lubricants of automatic lubrication systems of rails. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. вип. 175. 6-11. DOI: 10.18664/1994-7852.175.2018.127020.

9. О.І. Игнатъев, В.О. Говорунов. (2017). Современные системы лубрикации трибопары «колесо-рельс». *Успехи современной науки*. Т.6. № 3. 148-152.

10. S. Voronin, O. Skoryk, V. Stefanov, D. Onopreychuk, Y. Korostelov. (2017). Study of the predominant defect development in rails of underground systems after preventive grinding and lubrication. *MATEC Web of Conferences*. V.116.

УДК 621.891

Гетьман М., Диха О., Старий А.
Хмельницький національний університет

ВІДПРАЦЬОВАНІ КУХОННІ ОЛІЇ (ВКО) ЯК ОСНОВА ТЕХНІЧНИХ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Представлено, описано та обговорено поточні доступні технології переробки ВКО. Розглянуто типи обробки ВКО: хімічні перетворення, щоб використовувати хімічні функціональні групи, присутні у відходах, для синтезу продуктів з доданою вартістю, і фізичні обробки як процедури екстракції, фільтрації та дистиляції. Хімічна частина пов'язана здебільшого з виробництвом палива. Фізична переробка зосереджена на виробництві біомастильних матеріалів.

WASTE COOKING OILS (WCO) AS THE BASIS OF TECHNICAL LUBRICANTS

Presented, described and discussed the currently available technologies for the processing of WCO. The types of WCO treatment are expanded: chemical transformations to use the chemical functional groups present in the waste to synthesize value-added products, and physical treatments such as extraction, filtration and distillation procedures. The chemical part is mostly related to the production of fuel. Physical processing is focused on the production of biolubricants.

Відпрацьоване кухонне масло (ВКО) значною мірою утворюється та утилізується в навколишнє середовище, що робить його одним із найбільших забруднювачів навколишнього середовища. Утилізація великих кількостей ВКО спричиняє багато шкідливих проблем для навколишнього середовища, включаючи засмічення каналізації, перешкоди очищенню стічних вод на очисних спорудах, а також забруднення води та ґрунту, якщо ВКО скидається на муніципальні звалища твердих відходів.

Останнім часом інтерес до перетворення відпрацьованих кулінарних олій на сировину зріс експоненціально. Рушійною силою такої тенденції в основному є збільшення кількості заявок Всесвітньої митної організації у поєднанні з визначенням у багатьох країнах нових правил управління відходами. З промислової точки зору простий хімічний склад ВКО робить їх придатними як цінні хімічні будівельні

блоки у виробництві палива, матеріалів і мастильних матеріалів. Екологічність таких програм безпосередньо залежить від належних процедур переробки. У цьому контексті розробка нових процесів переробки, а також оптимізація існуючих є пріоритетом для прикладної хімії, хімічної інженерії та матеріалознавства.

Що стосується реконверсії ВКО, то вони можуть бути використані як основна сировина в багатьох промислових процесах, таких як біомастило [1] або паливо [2-4] виробництва, або як добавки до асфальту [5] і корм для тварин [6]. Інші можливі варіанти застосування ВКО суворо пов'язані з їхнім хімічним складом. ВКО в основному є сумішшю тригліцеридів і жирних кислот, забруднених деякими похідними під час процесу смаження, як вільні жирні кислоти (FFA), гетероцикли, продукти реакції Майяра та сліди металу, що походять із подушечок і вимивання їжі [7,8]. Специфічний склад ВКО також може бути використаний як корисне джерело хімічних речовин для виробництва біопластифікаторів, синтетичного газу та сорбентів для летких органічних сполук.

В даний час на ринку можна знайти кілька невеликих машин для регенерації ВКО. На можливість використання таких технологічних рішень сильно впливає місцеве законодавство, оскільки в деяких країнах переробка ВКО для харчових цілей суворо регулюється. Наприклад, деякі компанії продають пристрої для переробки, щоб подовжити термін служби олії для смаження, стверджуючи, що досягають до 50% додаткового часу приготування.

Незважаючи на високу ефективність видалення твердих часток, які виявляють звичайні, порошкоподібні та волокнисті фільтри, утримання дрібніших небажаних частинок (<0,5 мкм) залишається проблемою, яка ще не вирішена. Ці матеріали, насправді, характеризуються середньо-низькою площею поверхні (<500 м²/г) і макропористістю ($d > 0,1$ мкм). З цієї причини все більша увага приділялася в попередні роки мезопористості мікропористі матеріали з розміром пор 2–50 нм і дуже високою питомою поверхнею (>500 м²/г), які діють як системи сорбентів для дрібних частинок, що утворюються в кулінарній олії під час процесу смаження. Нещодавно, наприклад, було виявлено, що алюміній-, цинк- і титанвмісні металоорганічні каркаси (Al-, Zn- і Ti-MoF) значно покращуються порівняно з традиційними; фільтраційні, смакові та запахові властивості нерафінованих рослинних олій, обумовлені зв'язуванням вільних

жирних кислот і перекисних сполук. На жаль, висока вартість синтезу і регенераційна обробка є основними перешкодами для швидкої комерціалізації цього класу матеріалів для цієї конкретної мети. Тому не дивно, що увага частини наукового співтовариства, хоча й нещодавно, зосередилася на тестуванні природних пористих матеріалів, таких як бентоніти. Наприклад, монтморилоніт (домінуючий компонент бентоніту), протестований на очищення ВКО, здається, зберігає певні хімічні групи, такі як карбонові кислоти або подвійні зв'язки, що значно покращує якість кольору відфільтрованої олії.

В роботі [9] зробили спробу передачі знань, засновану на поєднанні обробки води та фільтрації на пористих матеріалах, шляхом проектування міні-заводу з переробки вторинної сировини, призначеного для виробництва біомастильних матеріалів з ВКО (рис.1).

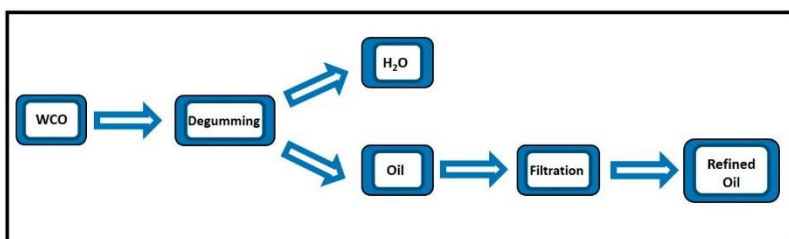


Рис. 1 – Процес переробки ВКО [9]

Запропонований процес можна схематизувати таким чином: ВКО підлягає очищенню води, а стічні води скидаються. Потім дегумована відпрацьована олія проштовхується через напірний трубопровід до фільтруючого модуля, де вона обробляється пористим матеріалом. Автори описали фільтрацію під тиском (4 бар) для проштовхування проміжної олії через контейнер зі скловолокна, що містить фільтруючий матеріал. Була запропонована фільтрація «глибокого шару», коли масло перетинає довжину фільтра. Поеднання дегумування та фільтрації дає змогу отримати рафіновану перероблену рослинну олію.

Незважаючи на значний прогрес, досягнутий у сфері таких фільтрів, необхідні подальші зусилля для покращення продуктивності та економічності. Зокрема, все ще потрібні ретельні дослідження, щоб зменшити кількість олії, що поглинається целюлозними фільтрами, знизити вартість синтезу та регенерації синтетичних матеріалів і,

останнє, але не менш важливе, зрозуміти мікроскопічні механізми процесу секвестрації, фундаментального для покращення адсорбуючих властивостей цих матеріалів аж до їх промислового масштабування та комерціалізації.

Перероблені кулінарні олії, отримані дистиляцією, фільтруванням або комбінацією перших, можуть продаватися як мастила для бензопил або як розчинники. У першому випадку, залежно від необхідної якості, може знадобитися деяке подальше очищення, особливо для підвищення стійкості до окислення та температури застигання, наприклад, шляхом етерифікації та/або додавання антиоксидантів. У другому випадку перероблена рослинна олія може бути перетворена в багато похідних, таких як алкіді, полі(естераміди), полі(ефіраміди), поліуретани, епоксиди та гліцерин, які, змішані з природними пігментами, можуть знайти застосування як біологічно розкладані покриття та фарби.

Відпрацьована кулінарна олія (ВКО) є цінним джерелом сировини з широким спектром застосування, від енергії до мастил або мила. Більше того, через свою відходну природу та величезну та розсіяну доступність ВКО добре вписуються в модель циклічної економіки, що призводить до зацікавленості в їх інтеграції в існуючі процеси, а також у розвитку нових стійких виробництв. Старі методи та технології переробки рослинних олій у наш час не потребують спеціальних оновлень, щоб адаптувати їх до поточних характеристик, які вимагають сучасні компанії. Ця модернізація обробки включає не тільки дослідницьку діяльність щодо більш зручного хімічного синтезу, але також розробку нових матеріалів і визначення нових комбінованих методів обробки, які включають інтегровані різні методи. Перша хімічна трансформація сирого матеріалу, головним чином через етерифікацію, представляє наскрізну тему; багато авторів займаються застосуванням біодизеля, а також біомастильних матеріалів. Тим не менш, технологічний прогрес, як щодо процесів, так і матеріалів, спрямований на переробку ВКО більш ефективним і стійким способом, привертає увагу. У зв'язку з цим на ринку зараз доступні міні-установки, засновані на швидкій фізичній обробці відпрацьованих масел (здебільшого шляхом дистиляції). Дивлячись у майбутнє, інтеграція між науковою та промисловою дослідницькою діяльністю буде фундаментальною для розробки методів переробки, які справді здатні замінити існуючі виробництва, які включають безвідходну сировину.

Жірепарыя

1. Karmakar, G.; Ghosh, P.; Sharma, B. Chemically Modifying Vegetable Oils to Prepare Green Lubricants.
2. *Lubricants* 2017, 5, 44. [CrossRef]
3. Hazrat, M.A.; Rasul, M.G.; Khan MM, K.; Ashwath, N.; Rufford, T.E. Emission characteristics of waste tallow and waste cooking oil based ternary biodiesel fuels. *Energy Procedia* 2019, 160, 842–847. [CrossRef]
4. Ray, S.K.; Prakash, O. Biodiesel Extracted from Waste Vegetable Oil as an Alternative Fuel for Diesel Engine: Performance Evaluation of Kirlosker 5 kW Engine. In *Renewable Energy and its Innovative Technologies*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019.
5. Chrysikou, L.P.; Dagonikou, V.; Dimitriadis, A.; Bezergianni, S. Waste cooking oils exploitation targeting EU 2020 diesel fuel production: Environmental and economic benefits. *J. Clean. Prod.* 2019, 219, 566–575. [CrossRef]
6. Rayhan, B.A.; Kamal, H. Waste cooking oil as an asphalt rejuvenator: A state-of-the-art review. *Constr. Build. Mater.* 2020, 230, 116985.
7. Magrinyà, N.; Tres, A.; Codony, R.; Guardiola, F.; Nuchi, C.D.; Bou, R. Use of recovered frying oils in chicken and rabbit feeds: Effect on the fatty acid and tocol composition and on the oxidation levels of meat, liver and plasma. *Animal* 2012, 7, 505–517.
8. Chung, T.Y.; Eiserich, J.P.; Shibamoto, T. Volatile compounds identified in headspace samples of peanut oil heated under temperatures ranging from 50 to 200.degree.C. *J. Agric. Food Chem.* 1993, 41, 1467–1470. [CrossRef]
9. Wu, C.M.; Chen, S.Y. Volatile compounds in oils after deep frying or stir frying and subsequent storage.
10. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1992, 69, 858–865. [CrossRef]
11. Mannu, A.; Ferro, M.; Colombo Dugoni, G.; Panzeri, W.; Petretto, G.L.; Urgeghe, P.; Mele, A. Recycling of Waste Cooking Oils: Variation of the Chemical Composition during Water Treatment. *Preprints* 2019, 160, 842–847. [CrossRef]

УДК 629.113

Гончар В.А., Баць О.Ю., Прус В.О., Кривіцький Я.В.

Хмельницький національний університет

ТИПИ ПАЛИВНИХ НАСОСІВ, ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

***Анотація:** оцінити види та конструкції паливних насосів високого тиску, які експлуатуються на автомобілях в даний час, розглянути їх недоліки і переваги. Проаналізувавши за і проти зробити висновок яка конструкція є на даний час найбільш раціональною для експлуатації.*

TYPES OF FUEL PUMPS, THEIR ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

***Abstract:** evaluate the types and designs of high-pressure fuel pumps currently in use on cars, consider their disadvantages and advantages. Having analyzed the pros and cons, conclude which design is currently the most rational for operation.*

Паливний насос високого тиску (скорочене найменування - ПНВТ) є одним з основних конструктивних елементів системи упорскування дизельного двигуна. Насос, виконує, як правило, дві основні функції: нагнітання під тиском певної кількості палива; регулювання необхідного моменту початку впорскування. З появою акумуляторних систем уприскування функція регулювання моменту уприскування покладено на керовані електронікою форсунки.

Основу паливного насоса високого тиску складає плунжерні пара, яка об'єднує поршень (він же плунжер) і циліндр (він же втулка) невеликого розміру. Плунжерна пара виготовляється з високоякісної сталі з високою точністю. Між плунжером і втулкою забезпечується мінімальний зазор - Точні сполучення.

Залежно від конструкції розрізняють наступні види паливних насосів високого тиску: рядний, розподільний і магістральний. У рядном насосі нагнітання палива в циліндр проводиться окремої плунжерній парою. Розподільчий насос має один або кілька плунжерів, які забезпечують нагнітання і розподіл палива по всіх циліндрах. Магістральні насоси здійснюють тільки нагнітання палива в акумулятор.

Паливний насос високого тиску використовується також в системі безпосереднього уприскування бензинового двигуна, але його робочий тиск на порядок нижча від аналогічної характеристики дизельного насоса.

Провідними виробниками паливних насосів високого тиску є, в основному, зарубіжні фірми: Bosch, Lucas, Delphi, Denso, Zexel.

Рядний ПНВТ має плунжерні пари по числу циліндрів. Плунжерні пари встановлені в корпусі насоса, в якому виконані канали для підведення і відведення палива. Рух плунжера здійснюється від кулачкового вала, який в свою чергу має привід від колінчастого вала двигуна. Плунжери постійно притискаються до кулачкам за допомогою пружин.



Рис. 1 – Рядний ПНВТ

При обертанні кулачкового вала кулачок набігає на штовхач плунжера. Плунжер рухається вгору по втулці, при цьому послідовно закриваються випускний і впускний отвір. Створюється тиск, при якому відкривається нагнітальний клапан, і паливо по паливопроводу надходить до відповідної форсунки.

Регулювання кількості палива, що подається і моменту його подачі може здійснюватися механічним шляхом або за допомогою електроніки. Механічне регулювання кількості палива здійснюється поворотом плунжера у втулці. Для повороту на плунжері виконана шестерня, яка з'єднана з зубчастої рейкою. Рейка пов'язана з педаллю газу. Верхня кромка плунжера має похилу поверхню, тому при

повороті відсічення палива і відповідно його кількість буде змінюватися.

Зміна моменту початку подачі палива потрібно при зміні частоти обертання колінчастого вала двигуна. Механічне регулювання моменту подачі палива здійснюється за допомогою відцентрової муфти, розташованої на кулачковому валу. Усередині муфти знаходяться важки, які при збільшенні оборотів двигуна розходяться під дією відцентрових сил і повертають кулачковий вал щодо приводу. При збільшенні оборотів двигуна забезпечується раннє уприскування палива, при зменшенні - пізній.

Конструкція рядних ПНВТ забезпечує високу надійність. Насоси змащуються моторним маслом системи змащення двигуна, тому можуть працювати на паливі низької якості. Рядні паливні насоси високого тиску застосовуються на двигунах з роздільними камерами згоряння і безпосереднім уприскуванням середніх і важких вантажних автомобілів. На легкових дизелях даний вид насоса застосовувався до 2000 року.

Розподільні паливні насоси високого тиску, на відміну від рядного ПНВТ, мають один або два плунжера, які обслуговують всі циліндри двигуна. Розподільні насоси мають меншу масу і габаритними розмірами, а також забезпечують більшу рівномірність подачі. З іншого боку їх відрізняє порівняно низька довговічність сполучених деталей. Все це визначає область застосування даних насосів, в основному, на двигунах легкових автомобілів.



Рис. 2 – Розподільчий ПНВТ

Конструкції розподільних паливних насосів високого тиску можуть мати різний привід плунжера:

- торцевої кулачковий привід (насоси Bosch VE);
- внутрішній кулачковий привід (роторні насоси Bosch VR, Lucas DPC, Lucas DPS);
- зовнішній кулачковий привід (вітчизняні насоси НД-21, НД-22).

Кращими в плані експлуатації є перші два типи приводу плунжерів, тому що в них відсутні силові навантаження від тиску палива на вузлі приводного вала і, відповідно, вище довговічність.

Основним елементом розподільного ПНВТ з торцевих кулачковим привід плунжера (Bosch VE) є плунжер-розподільник, який здійснює зворотно-поступальний і обертальний рух, забезпечуючи нагнітання і розподіл палива по циліндрах.

Зворотно-поступальний рух плунжера відбувається при обертанні кулачковою шайби, яка оббігає нерухоме кільце по роликam. Шайба натискає на плунжер, за рахунок чого створюється тиск палива. У вихідне положення плунжер повертається за допомогою пружини.

Обертання плунжера здійснюється від приводного вала. При цьому відбувається розподіл палива по циліндрах.

Регулювання величини подачі палива здійснюється автоматично за допомогою механічного або електронного пристроїв. Механічний регулятор включає відцентрову муфту з вантажами, яка через систему важелів впливає на дозатор, що змінює величину подачі палива. Електронний регулятор являє собою електромагнітний клапан.

Регулювання величини випередження впорскування палива в розподільному насосі проводиться шляхом повороту нерухомого кільця на певний кут.

Робочий процес розподільного насоса включає впуск палива в надплунжерний простір, нагнітання і розподіл у відповідні циліндри.

Магістральний паливний насос високого тиску використовується в акумуляторної системі уприскування палива Common Rail, де він виконує функцію нагнітання палива в паливну рампу. Магістральні ПНВТ забезпечують більш високий тиск палива (в сучасних системах уприскування близько 180 МПа і більше).

Конструктивно магістральний насос може мати один, два або три плунжера. Привід плунжерів здійснюється за допомогою кулачкового вала або кулачковою шайби.



Рис. 3 – Магістральний ПНВТ

Масило розподільного насоса високого тиску проводиться дизельним паливом, яке заповнює корпус насоса.

При обертанні кулачкового валу (ексцентрика кулачковою шайби) під дією поворотної пружини плунжер рухається вниз. Збільшується обсяг компресійної камери і зменшується тиск в ній. Під дією розрядження відкривається впускний клапан, і паливо надходить в камеру.

Рух плунжера вгору супроводжується зростанням тиску в камері, впускний клапан закривається. При певному тиску відкривається випускний клапан і паливо подається в рампу.

Управління подачею палива здійснюється в залежності від потреби двигуна за допомогою клапана дозування палива. У нормальному положенні клапан відкритий. За сигналом електронного блоку управління клапан закривається на певну величину, тим самим регулюється кількість надходить в компресійну камеру палива.

Висновок: Common Rail – це система, яка завоювала весь світ. Чому? Тому що не має конкурентів щодо паливної економічності та екологічної безпеки, дозволяючи вписуватися навіть у жорсткі рамки Євро-6. До того ж, це надзвичайно "гнучка" система, яка може застосовуватися як на автомобільних, так і на паровозних або суднових двигунах. Про те, пам'ятаємо, що економічність дизеля в першу чергу гарантована при правильній експлуатації та своєчасному тех. обслуговуванні.

Література

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник. – К.:Знання,2014. – 478с.
2. Кисликов В.Ф., Лушчик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. - К.: Либідь, 2010. -400 с.
3. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф. Автомобільні двигуни: Підручник. – К.: Арістей, 2016. – 476 с.
4. Автомобільні двигуни / І. І.Тимченко, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов М. Р. Муждабас; За ред І. І.Тимченка. - Х. Основа, - 464 с.
5. Боровських Ю.У та інші «Будова автомобілів», К.;Вища школа 1991 р.
6. Корецький І.М., Глобчак М.В., Яворський Я.П. “Сучасні системи впорскування пального. Навчальний посібник” – Львів, «Ліга-Прес», 2008.

УДК 621.891

Диха О., Фасоля В., Старий А., Зябкін А.
Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОКОНТАКТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРНОГО ВУЗЛА ТУРБОКОМПРЕСОРА

Проведений аналіз еквівалентних напружень та деформацій підшипникового вузла турбокомпресора. Результати розрахунків напружено-деформованого стану вузла вказують, що для аналізу працездатності підшипникового вузла турбокомпресора необхідно враховувати конструктивні особливості, які призводять до прогину вала та відповідно до того, що осі вала й втулки підшипника ковзання будуть розташовані під деякими кутами.

STUDY OF THE TRIBO-CONTACT CHARACTERISTICS OF THE ROTOR ASSEMBLY OF THE TURBOCOMPRESSOR

An analysis of the equivalent stresses and deformations of the bearing unit of the turbocompressor was carried out. The results of the calculations of the stress-strain state of the unit indicate that for the analysis of the performance of the bearing unit of the turbocompressor, it is necessary to take into account the design features that lead to the deflection of the shaft and, accordingly, that the axes of the shaft and the bushings of the sliding bearing will be located at certain angles.

Роторний вузол турбокомпресора призначений для наддуву дизельних двигунів внутрішнього згоряння. Сутність наддуву полягає в тому, що якщо в циліндри двигуна подати велику масу повітря, не збільшуючи об'єму циліндрів, то в них можна спалити більшу кількість палива і отже збільшити потужність двигуна. Тобто турбокомпресор використовують для примусової подачі в циліндри двигуна збільшеного заряду повітря. Це сприяє поліпшенню процесу згоряння палива, підвищенню середнього індикаторного тиску, об'ємної потужності і зменшенню питомої маси дизеля без істотної зміни його габаритних розмірів [1-6]. Турбокомпресор складається з відцентрового одноступінчатого компресора з лопатним дифузором і радіальною відцентровою турбіною. Сталевий вал ротора турбокомпресора (рис. 1) обертається в бронзовому підшипнику (Бр. О10С10).



Рис. 1 – Вал турбокомпресора в зборі

Базовий матеріал валу – сталь 40Г або 40Х, термообробка – гартування СВЧ на глибину 1...1,8 мм, твердість HRC 35...40. Підшипник встановлений в центральній бобишці середнього корпусу з певним зазором. Підшипник турбокомпресора змащується оливою, яка поступає по каналу 3, просвердленому в середньому корпусі. Необхідна товщина шару оливи в зазорі забезпечується примусовим тиском 300 ... 400 кПа.

Особливістю роботи турбокомпресора є те, що він працює при високій частоті обертання турбіни, для турбокомпресора $n=40000...60000$ об/хв. Наступною особливістю є робота турбіни при високій температурі відпрацьованих газів – 400...500 °С. Гази містять хімічно активні агресивні сполуки. Ці особливості накладають істотний відбиток на працездатність і довговічність трибоспряжень турбокомпресора.

Аналіз пошкоджень турбокомпресорів показує, що близько 40% пошкоджень є наслідком попадання сторонніх предметів на лопатки компресорного або турбінного коліс. Ще 40% пошкоджень викликано несправністю системи мащення.

Попадання абразиву разом з оливою в підшипниковий вузол внаслідок високої частоти обертання валу турбокомпресора призводить до виходу його з ладу в результаті зносу як самого валу, так і внутрішнього отвору підшипника в бобишці середнього корпусу. На рис. 2 показані характерні види зносу валу і підшипника.

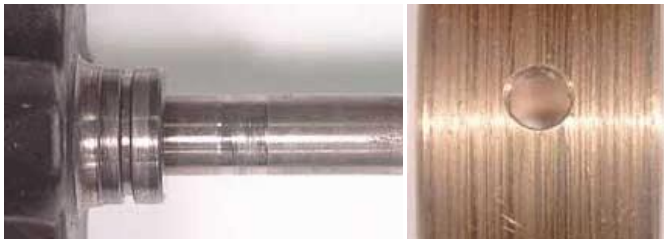


Рис. 2 – Вид зносу деталей роторного вузла турбокомпресора

Для нормальної роботи турбокомпресора дуже важливо, щоб за важких умов роботи подавалася певна кількість оливи в підшипники турбокомпресора. Підшипниковий вузол валу ротора турбокомпресора має конструктивні особливості, що суттєво впливають на розподіл та значення величин, які характеризують напружено-деформований стан.

Геометричні параметри з'єднання встановлювалися з робочих креслень деталей і вузла в цілому. Згідно креслення розмір шийки валу під підшипник складав: $D_1 = 11d_{10} = 11_{-0,1}^{-0,05}$ мм. Розмір внутрішнього отвору підшипникової втулки: $D_2 = 11H_{10} = 11^{+0,05}$ мм. З урахуванням геометричних параметрів спряження зазор в підшипнику склав: $\Delta_{\min} = 0,05$ мм, $\Delta_{\max} = 0,15$ мм. Довжина контакту вала і втулки по твірній складала: $l = 42$ мм. За номінальними характеристиками тиск нагнітання в турбокомпресорі складав $P_H = 0,14 \dots 0,15$ МПа. Сила, що діє на лопатки турбокомпресора визначалася із співвідношення: $Q_n = P_H F_n$, де F_n – площа лопаток, яка сприймає тиск нагнітання ($F_n \approx 1000 \text{ мм}^2$).

Тоді $Q_n = 150 \text{ Н}$.

Розрахункова схема та модель. Для аналізу умов функціонування підшипникового вузла ротора турбокомпресора побудована розрахункова схема представлена на рис. 3.

Поверхні А і В навантажено еквівалентними силами, які моделюють навантаження на лопатки турбокомпресора. Зовнішня поверхня С втулки підшипника ковзання закріплена нерухомо.

У відповідності до розрахункової схеми в препроцесорі програмного комплексу Ansys побудована розрахункова скінченно-елементна модель (рис. 4).

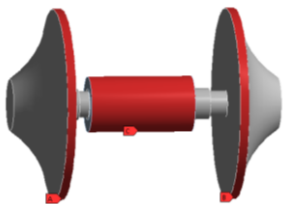


Рис. 3 – Розрахункова схема

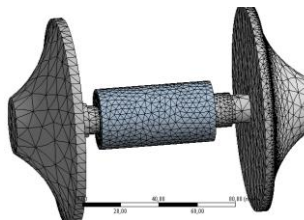


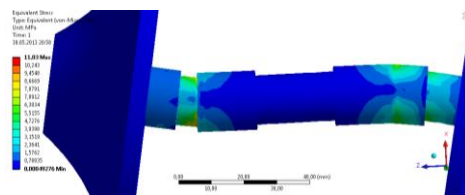
Рис. 4 – Розрахункова модель

Втулка та вал деформуються пружно. Матеріал валу - сталь з модулем пружності $2,1 \cdot 10^5$ МПа, коефіцієнтом Пуасона 0,3. Матеріал втулки бронза з модулем пружності $1,1 \cdot 10^5$ МПа, коефіцієнтом Пуасона 0,35. Сила, прикладена до лопаток ротора $Q_l = 150$ Н.

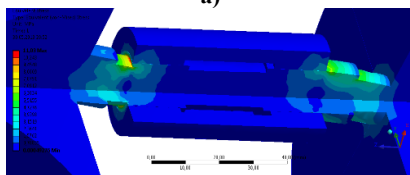
Для створення сітки скінчених елементів валу та втулки використані трьохмірні елементи SOLID187. В якості контактної поверхні вибрана поверхня втулки, а цільовою – поверхня валу. Для створення контактних поверхонь цільової поверхні використані елементи TARGE170, а контактної – CONTA174. Для розв'язку контактної задачі вибрано модифікований метод Лагранжа, який забезпечує високу точність при досить швидкій збіжності результатів.

Чисельна реалізація

Результати розрахунків вище наведеної розрахункової моделі показано на рис. 5–6.



а)



б)

Рис. 5 – Еквівалентні напруження вузла

Аналіз еквівалентних напружень та деформацій вузла (рис. 5) показує, що при такій схемі навантаження відбуваються суттєві деформації вала (рис. 6, а), які є причиною виникнення максимальних еквівалентних напружень в місцях контактної взаємодії вала та втулки (рис. 6, б).

Деформації вала викликають характерну форму розподілу контактної тиску, максимальні значення якого виникають в місцях перегину вала на торцях втулки.

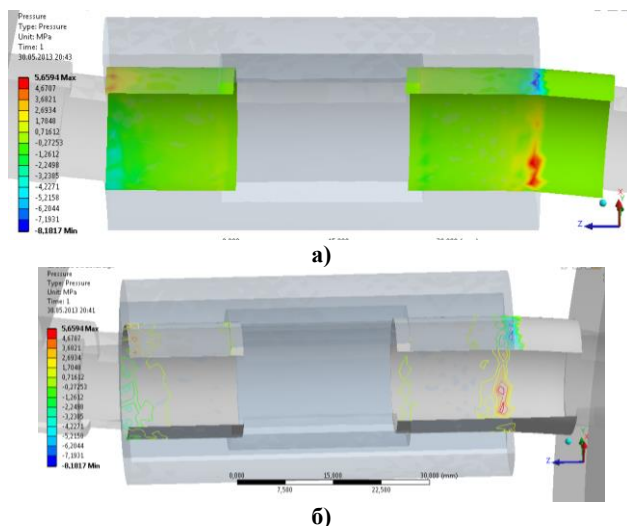


Рис. 6 – Розподіл контактної тиску

Результати розрахунків напружено-деформованого стану вузла вказують, що для аналізу працездатності підшипникового вузла необхідно враховувати конструктивні особливості, які призводять до прогину вала та відповідно до того, що осі вала й втулки підшипника ковзання будуть розташовані під деякими кутами. Така конструктивна особливість підшипника ковзання істотно впливає на напружено-деформований стан і характер його зміни в процесі функціонування конструкції, що у свою чергу впливає на перебіг процесу зношування. При цьому діапазон робочих контактних тисків складає $\sigma = 4 \dots 8$ МПа.

Література

1. Dykha, M. A. Model of process of tribo-damages [Text] / M. A. Dykha // Mechanics and Coputer Science: Abstracts of scientific papers/ VIII Ukrainian-Polish Conference of young scenists, Khmeltitsky, KhNU, 2011. – P. 178-179.
2. Сорокатый, Р. В. Моделювання накопичення пошкоджень поверхні внаслідок зношування [Текст] / Р. В. Сорокатый, В. Г., Писаренко, М. О. Дыха // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – №2 (177). – С. 7-10.
3. Сорокатый, Р. В. Анализ механизма изнашивания сопряженных цилиндрических поверхностей при перекосе осей [Текст] / Р. В. Сорокатый, В. Г. Писаренко, М. А. Дыха // Проблемы трибологии. – 2011. – № 3. – С. 60-64.
4. Дыха М. А. Перспективы развития САЕ-систем для моделирования износа узлов трения [Текст] / М. А. Дыха // Актуальні проблеми комп'ютерних технологій 2011 : зб. наук. праць. – Хмельницький: ХНУ, 2011. – Т.1.
5. Михалин П.А. Повышение эффективности стендовых испытаний турбокомпрессоров прошедших капитальный ремонт / П.А. Михалин // Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник, № 5. – М. : МГУЛ .- 2010. – С. 103–106.
6. Галеркин Ю.Б. Турбокомпрессоры / Ю. Б. Галеркин, Л. И. Козаченко // Учеб. пособие – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 374 с.

УДК 004.9

Заїка О.М., Самчук Л.М., Рудь В.Д.
Луцький національний технологічний університет

КОМПОНУВАННЯ СКЛАДНИХ КОНСТРУКЦІЙ МЕТОДАМИ 3Д ДРУКУ

***Анотація.** В роботі висвітлені приклади використання 3Д друку на різних підприємствах. Розглянуто технологію 3д друку при виготовленні деталей в умовах серійного виробництва. На прикладі діючого підприємства доведено, що технологія 3д друку є дуже гнучкою при виготовленні деталей за рахунок: підбору матеріалів для друку, температури друку і виду заповнення. Було доведено економічну доцільність використання 3Д друку при виготовленні як прототипів, так і серійних зразків. Розглянуто метод 3д друку для виготовлення прототипів і деталей в умовах діючого виробництва. Доведено, що це дозволило зменшити час розробки прототипу і зменшити затрати на його виготовлення. За допомогою метода скінченних елементів описано алгоритм підбору параметрів для друку і дослідження моделі при розробці прототипу.*

COMPOSITION OF COMPLEX STRUCTURES BY 3D PRINTING METHODS

***Annotation.** The work examines the methodology of using 3D printing when parts are manufactured in the conditions of mass production. Using the example of an operating enterprise, it has been proven that 3D printing technology is very flexible in the production of parts due to: selection of materials for printing, printing temperature and type of filling. The economic aspect of using 3D printing for printing both prototypes and serial samples was also proven. Examples of the use of 3D printing at various enterprises are also highlighted. Also considered is the 3D printing method for manufacturing prototypes and parts to support production, which in turn will reduce prototype development time and reduce manufacturing costs. The economic efficiency of this method and the design time of these samples were substantiated. The method of selecting parameters for printing and researching the model during the development of the prototype using the finite element method was also described.*

Використання спеціалізованого програмного забезпечення і систем 3Д друку дозволяє в разі скоротити затрати часу і коштів для нових прототипів деталей. Близько 30 років 3Д друк використовують у виробництві, але в ті часи це була дорогоцінна технологія. Із початку

2000 років ціни на 3д принтери і матеріали до них почали стрімко знижуватися, що і дало стимул в запровадженні даної технології на виробництвах різноманітного спрямування.

Дана технологія застосовується у таких сферах як: архітектура, промисловий дизайн, автомобільна промисловість, аерокосмічна, військова промисловість, медицина, біоінженерія, виготовлення одягу і взуття, ювелірна, харчова промисловість. В даний час головною віхою у виробництві є кастомізація об'єктів, для створення дизайну який буде цікавий покупцю[1]. Адитивні технології виготовлення із мінімальними затратами дозволяють перевірити чи буде продукт мати попит на ринку. Компанія BMW багато років застосовує 3д друк для проектування і впровадження даної технології у виробництво. General Motors застосовує 3д друк для досліджень своїх деталей. Концерн Tesla використовує 3д друк для прототипування деталей, для прикладу приборна панель для Tesla Model X, була повністю надрукована на 3д принтері. Польська компанія Geo Globe використовує дану технологію для друку прототипів транспортних контейнерів[2]. Відома компанія Aegospase застосовує технологію друку деталей двигуна, які до цього виготовлялися на станках із ЧПУ. Коштували 520 євро за прототип, а деталь надрукована на 3д принтері 2 євро. Компанія Opel друкує сопла аплікаторів герметизації автомобільної панелі, що призвело до зниження затрат в 400 разів, розробляє прототипи двигуна для нових моделей[3].

Друк на 3Д принтері отримав широке застосування в усіх сферах виробництва. Але і в наш час залишилися підприємства які не готові для залучення 3д друку. Вони користуються застарілими методами прототипування і не готові для залучення коштів на покупку 3д принтера, також неготові залучати кошти для покупки програми для 3д моделювання об'єктів[4].

На підприємстві із виготовлення автомобільної проводки часто впроваджуються нові технічно конструктивні зміни. Для прикладу виникла необхідність замінити тримач KSAB-48-011-20-b. Дану технічну зміну потрібно було впровадити в короткі терміни і за мінімальні кошти. Традиційна технологія заміни тримача із алюмінію, це довготривалий процес від затвердження самого креслення тримача, до його замовлення тестового зразка і доставки вже готової необхідної партії може пройти декілька тижнів. Тому було прийнято рішення виготовити даний тримач за допомогою 3д друку. Основною

проблемою при цьому стало те, що деякі частини тримача мають бути рухомими і вони є збірними[5]. Ціна збірних деталей із металу непомірно висока через задіяння багатьох типів обладнання для їх виготовлення. Використовуючи збірні деталі надруковані на 3д принтері ми вразі економимо час на виготовлення, ціну деталей і уникаємо транспортних витрат. Мінусом є те що, цілком замінити деталі на пластикові не можна через низькі експлуатаційні властивості, але збільшити частку пластикових тримачів цілком можливо. Під час розробки моделі даного тримача був врахований фактор пошкодження рухомих частин моделі і розроблені спеціальні демонтажні отвори для заміни пошкоджених на нові[6].

При виготовленні тримача KSAB-48-011-20-b було застосовано матеріал ХТ, який має хороші параметри осадження матеріалу, щоб максимально зберегти розмірові параметри під час друку, має невелику пружну деформацію для рухомих частин зборки. Дану конструкцію армувати не потрібно, через те що вона виконує задані функцію із наявного матеріалу[7].



Рис. 1 – Деталь надрукована на 3д принтері із рухомою зачіскою і демонтажним отвором для неї

При розробці 3д тримачів потрібно враховувати площину деталі яка буде початковою і буде основою для моделі. Також потрібно враховувати нависаючі елементи при друці і постаратись їх

мінімізувати або замінити нависаючі елементи на компоновані деталі для складових моделі[8].

Після виготовлення деталей їх потрібно маркувати. Для металевих деталей необхідно виконувати маркування, фарбою або гравіювання. Дане маркування є дорого вартісним і має велику затрату часу, що в свою чергу збільшує вартість деталі. При виготовленні пластикових деталей нам необхідно визначити площину для маркування і вказати маркування в 3д моделі деталі. При друці дане гравіювання збільшує час друку на декілька хвилин.

Розробка даного тримача із використанням 3д принтера дозволила вчасно впровадити зміну на виробництві, при цьому дані тримачі вийшли в 6 разів дешевші за металеві аналоги. Аналогічна зміна нам приходила раніше для іншого типу штекера і ми розробляли металевий тримач, який не змогли вчасно впровадити на виробництві через браковані запчастини від постачальника, і отримали прострочення термінів відправки продукції до клієнта. Було вирішено застосовувати дану технологію 3д друку для подальшого впровадження технічних змін на підприємстві. Перевагою є низька вартість деталей, швидке виготовлення деталей, швидка розробка тестових зразків.

Висновок. Технології 3д друку в разі зменшують собівартість виготовлення деталей, час на їх виготовлення і транспортні послуги. 3д друк став більш доступнішим в наш час і тому використання на підприємствах є більш розповсюдженим і необхідним. Тому застосовую. Впровадження технології 3д друку на підприємстві допомогло зекономити 2500 євро при замовленні в 200 одиниць деталей і це тільки один тип тримачів із сотень інших. В цілому компанія економить близько 4000 євро в місяць використовуючи адитивні технології 3д друку. Дана технологія не може цілком покрити виробничі потреби підприємства, але зменшує час на розробку нових прототипів, здешевлює виготовлення деталей, дозволяє впроваджувати термінові зміни на підприємстві. При використанні даної технології із методом скінченних елементів, ми швидко можемо підбирати необхідний матеріал для друку деталей чи прототипів. За декілька годин може розробитися прототип, надрукуватись кінцева деталь і запустити власний завод по виготовленню деталей в один клік.

Жірепарыя

1. Prince, S.P., Ryan, R.G., Mincer, T.: Common API: using visual basic to communicate between engineering design and analytical software tools. In: ASEE Annual Conference (2005)
2. Farhan, U.H., Tolouei-Rad, M., O'Brien, S.: An Automated Approach for Assembling Modular Fixtures Using SolidWorks. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* 6(12), 365–368 (2012)
3. Lad, A.C., Rao, A.S.: Design and Drawing Automation Using Solid Works Application Programming Interface 2(7), 157–167 (2014)
4. Jian-li, T., Shen-xiao, L., Hui, F.: CAD system design on standard part based on software reuse. In: Fourth International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling (KAM), pp. 229–232 (2011)
5. Farhan, U., O'Brien, S., Tolouei Rad, M.: SolidWorks Secondary Development with Visual Basic 6 for an Automated Modular Fixture Assembly Approach. *International Journal of Engineering* 6(6), 290–304 (2012)
6. Liu, W., Zhou, X., Niu, Q., Ni, Y.: A Convenient Part Library Based On SolidWorks Platform. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering* 8(12), 1851–1854 (2014)
7. Sun, B., Qin, G., Fang, Y.: Research of standard parts library construction for solidworks by visual basic. In: International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology, pp. 2651–2654 (2011)
8. Wang, S.-H., Melendez, S., Tsai, C.-S.: Application of parametric sketching and associability in 3D CAD. *Computer-Aided Design and Applications* 5(6), 822–830 (2008)

УДК 621-034

Каплун П.В., Мельник В.О., Савельєв В.М.

Хмельницький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ШЕСТЕРЕНЬ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБІЛІВ FORDFOCUS

Дана робота присвячена поглибленому аналізу ділянок з ремонту коробок передач автомобілів Ford Focus та розробці технології, що дозволить зменшити ризик відмови (зрізання) третьої передачі у МКПП при агресивному стилі керування.

INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF GEARBOX GEARS OF FORDFOCUS VEHICLES

This work is devoted to an in-depth analysis of parts for the repair of gearboxes of Ford Focus cars and the development of technology that will reduce the risk of failure (cutting) of the third gear in a manual transmission with an aggressive driving style.

У статті розглянуто принцип роботи коробок передач автомобілів серії FordFocus. Виділені основні несправності коробок передач, їх причини й ознаки, проведено опис типів трансмісії автомобілів, методи діагностування технічного стану та перевірки працездатності елементів редуктора, перераховані етапи ремонтних робіт. Особлива увага приділяється надійності АКПП і МКПП і термінам їх служби залежно від стилю керування.

Ford Focus — це сімейство автомобілів гольф-класу, четверте покоління яких випускається з 2018 р. Машини виготовляють на заводах Німеччини та Китаю для ринків Європи, Америки та Азії. У Росії Ford Focus офіційно не продається. Європейський ринок пропонує п'ятидверний хетчбек і універсал, а в Китаї також є седан. Для Ford Focus також доступний 1,5-літровий турбодизель (95 або 120 к.с.) у парі з п'ятиступінчастою механічною або восьмиступінчастою автоматичною. Найпотужніша версія моделі називається Ford Focus ST. Зважаючи на велику чисельність та популярність цих авто виникає необхідність дослідити застосування технології зміцнення зубчастих

шестерень коробок передач в автомобілях Ford Focus для їх більш надійної експлуатації [1].

У сучасних умовах висувуються високі вимоги до довговічності і якості машин. Якість машини визначається, у тому числі і якістю поверхневого шару (ПШ) її деталей. Одна з основних вимог – забезпечення довговічності відповідальних деталей коробок передач автомобілів, обумовленої якістю робочих поверхонь деталей. Надійність агрегатів і механізмів машин визначається експлуатаційними властивостями (втомної міцністю, корозійною стійкістю, зносостійкістю й ін.) деталей. У зв'язку із цим актуальні наукові розробки технологій, що забезпечують якість ПШ середньо- і малогабаритних деталей, до робочих поверхонь яких пред'являються високі вимоги по міцності та зносостійкості. Задля вирішення перерахованих вище проблем авторами пропонується технологічний процесу керування ПШ шестерень що використовуються в коробках передач автомобілів Ford Focus [2].

Теоретичні дослідження проводилися на основі наукових положень технології машинобудування, трибології, теорії планування експерименту і математичного моделювання. Експериментальні дослідження проведені з використанням лабораторної контрольно-виміральної апаратури і спеціально розроблених пристроїв та оснащення.

Загальна характеристика процесу. Вакуумно-дифузійна газорозрядна технологія модифікації металевих поверхонь азотуванням в тліючому розряді серед більш ніж сотні відомих типів процесів аналогічного призначення цілком виправдано відноситься до технологій універсального застосування, оскільки вона може застосовуватись як для деталей машин – пар тертя, так і для оброблювального інструменту, штампів, прес- та ливарних форм, оснащення тощо. При цьому окрім підвищення зносостійкості, поверхневої міцності, інших показників працездатності забезпечується в певній мірі корозійна стійкість та інші позитивні наслідки модифікації.

Дослідження технології іонного азотування в безводневих середовищах проводилося на установці «УАТР 63», розробленій і виготовленій в Хмельницькому національному університеті [3].

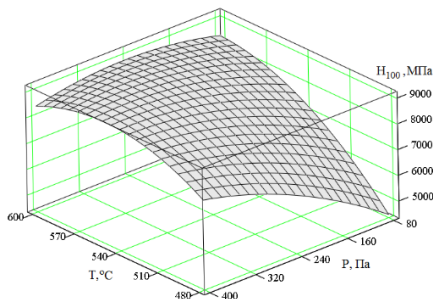
При іонному азотуванні властивості азотованого шару (товщина, твердість, хімічний та фазовий склад, градієнт твердості по товщині)

добре керуються технологічними параметрами: температурою, тиском в вакуумній камері, складом насичуючого середовища, часом дифузійного насичення. Ці технологічні параметри можна змінювати в широких межах, а саме:

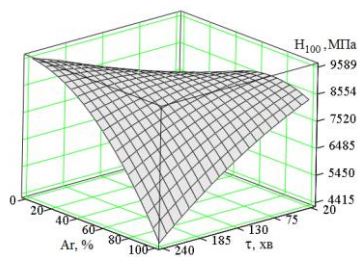
- температуру від 480°C до 600°C;
- тиск в вакуумній камері від 80 до 600 Па;
- вміст Ar в суміші з N₂ від 0 до 95%;
- час дифузійного насичення від 5 до 480 хв.

Змінюючи технологічні параметри при азотуванні, можна змінювати властивості азотованого шару в широких межах.

За результатами досліджень був встановлений оптимальний режим іонного азотування сталі 40X, що забезпечував максимальне значення мікротвердості H_{max} азотованого шару. $T = 600$ °C; $P = 400$ Па; об. % Ar, в суміші з N₂ = 57 %; час дифузійного насичення – 240 хв. [4]. Максимальна мікротвердість поверхні після дифузійного насичення $H_{max} = 9226$ МПа. Мікротвердість основи $H_0 = 4570$ МПа. Товщина азотованого шару – 290 мкм.



a



б

Залежність твердості азотованого шару сталі 40X від технологічних параметрів іонного азотування:

a – $H_{100} = f(T, P)$ при $\tau = 75$ хв., $Ar = 57$ об%;

б – $H_{100} = f(\tau, Ar)$ при $T = 570$ °C, $P = 160$ Па.

В таблиці наведені результати випробувань на контактну витривалість та фізико-механічні і трибологічні характеристики зразків з сталі 40X без термічної обробки та після іонного азотування при випробуваннях на тертя кочення з точковим контактом в мастилi I-20 при навантаженні на кульку 150 Н (максимальний тиск на площадці

контакту $P_0 = 2140$ МПа). Для сталі без термічної обробки контактна витривалість після іонного азотування в 1,66 рази, перевищує її значення в порівнянні з неазотованими зразками. При цьому інтенсивність зношування теж змінюється в таких же співвідношеннях для азотованих і неазотованих зразків.

Фізико-механічні і трибологічні характеристики зразків сталі 40X при випробуваннях на тертя кочення з точковим контактом в мастилі I-20, навантаження на кульку 150 Н.

№ п/п	Вид термообробки та технології нанесення покриття	Мікротвердість Н100, МПа			Товщина покриття, мкм	Інтенсивність зношування, I-10-11	Довговічність до появи пітингу, N·106
		Поверхні	Основи	кочення після випро-			
1	без термообробки	3200	2560	3320	–	544	0,63
2	без термообробки + іонне азотування	7620	2560	7240	290	45 8	1,05

Розроблене технологічне забезпечення яке дозволяє змінювати основні характеристики ПШ: мікротвердість на 10-25%, параметри шорсткості на 15-30% для різних матеріалів, що забезпечує збільшення терміну служби деталей машин.

Пропонується можливість підібрати режим іонного азотування з метою отримання покриттів з необхідними фізико-механічними властивостями для забезпечення кращих експлуатаційних характеристик.

Запропоновані практичні рекомендації дозволяють проектувати нові технологічні процеси з використанням іонного азотування у якості фінішної обробки поверхні та впроваджувати їх на сервісних центрах автомобілів Ford.

Література

1. FORD FOCUS Руководство пользователя / Ford Motor Company. 2014. 495 с.
2. Руководство по ремонту и эксплуатации автомобиля Ford Focus C-Max. «Ротор». 2003. 504 с.
3. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде. Харьков: ННЦ ХФТИ. 2006. 364 с.
4. Каплун В.Г., Каплун П.В. Ионное азотирование в безводородных средах. Хмельницький: ХНУ. 2015. 344 с.

УДК 629.06

Козак Я.В., Івашко Я.М., Посонський С.Ф., Бабак О.П.

Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВІТРОВОЇ ТУРБИНИ САВОНІУСА ТА ЇЇ МОДИФІКАЦІЇ

***Анотація:** мета дослідження – визначення характеристик вертикального вітроподвигуна типу «Савоніуса».*

STUDY OF CHARACTERISTICS OF SAVONIUS WIND TURBINE AND ITS MODIFICATIONS

***Abstract:** determination of the characteristics of the Savonius-type vertical wind turbine.*

Дослідження вітрових турбін, таких як турбіна Савоніуса і її модифікацій, відбувається відповідно до загальної стратегії розвитку енергетики Європейського Союзу [1]. Ця стратегія має тенденцію щодо збільшення загальної кількості використання поновлюваних джерел енергії. Але розвиток в цій галузі значно гальмується через високі ціни на установки, що працюють на поновлюваних джерелах енергії, в тому числі і на ВЕС.

Для натурних випробувань моделей вітроподвигунів спроектований і виготовлений стенд. Принцип роботи даного стенду наступний (рис.1). Обертювий момент електродвигуна за допомогою клиноремінної передачі передається валу стійки ферми і змушує обертатись ферму. Під час обертання ферми з певною частотою n , що регулюється за допомогою зміни частоти обертів електродвигуна, на моделі вітроподвигунів, які знаходяться по краям ферми, діє потік набігаючого повітря, швидкість якого залежить від частоти обертання ферми. В результаті, під дією штучного вітру, швидкість якого можна задавати в межах 1,4 - 14 м/с [2], вітроагрегати починають обертатися з певною частотою, яка залежить від конструкції (форми ротора, його ваги) вітряка і швидкості потоку набігаючого повітря (довжини ферми і частоти її обертання). Для фіксації частоти обертання ротора вітряка

використовується магнітні датчики. Число обертів ферми реєструється за допомогою лічильника (рис. 1).

Даний стенд дозволяє визначати ККД використання енергії вітру вертикальних вітроподвигунів з різною формою ротора.

Метою стендових випробувань вертикальних вітроподвигунів є визначення ККД використання енергії вітру різних форм вертикальних вітроподвигунів з метою створення оптимальної форми, яка б мала відносно високий ККД [3].

Методика визначення ККД карусельних вітроподвигунів, та порядок проведення випробувань має таку послідовність:

1. Проектується форма вертикального вітроподвигуна, коефіцієнт корисної дії якого необхідно визначити в ході випробувань.

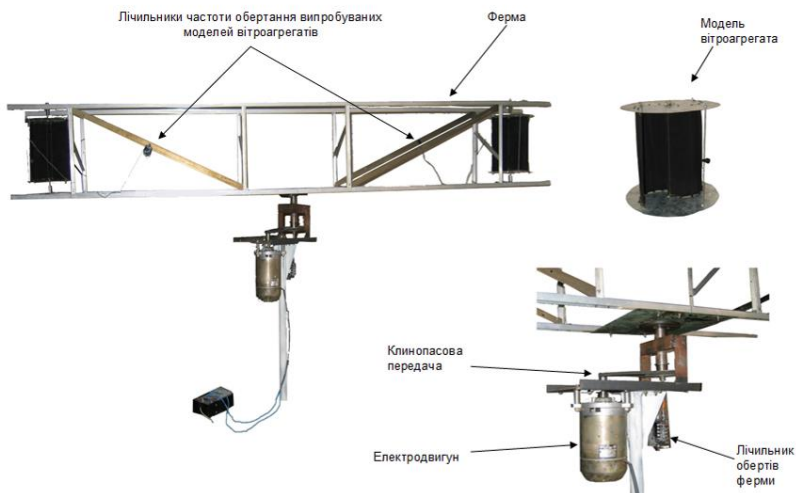


Рис. 1 – Зовнішній вигляд стенду для випробувань вертикальних вітроподвигунів

2. Монтується модель вертикального вітроподвигуна, з діаметром ротора до 280 мм і висотою до 250 мм, (експериментальний зразок) вітроподвигуна. Каркас моделі вітряка складається з дисків і вертикальних стійок, вітрова частина – виготовляється із спеціальної тканини.

3. Розраховується момент інерції моделі вітряка відносно його осі обертання - J_z , $кг \cdot м^2$.

4. Встановлюється модель вітродвигуна, на одній з стійок якої закріплюється магніт датчика вимірювання частоти оборотів вітродвигуна. Сам датчик вимірювання частоти обертів закріплюється на стійці ферми.

5. Задається певна частота обертання ферми, в результаті чого під дією «штучного вітру», швидкість якого залежить від частоти обертання ферми, вітродвигуни починають обертатися з певною частотою, яка залежить від конструкції (форми ротора, його ваги) і швидкості потоку набігаючого повітря (довжини ферми і частоти її обертання).

Швидкість потоку повітря, що діє на модель вітродвигуна визначається за формулою :

$$V_6 = \frac{\pi \cdot d \cdot N_\phi}{t}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

де d - відстань між осями моделей вітродвигунів, м; N_ϕ - число повних обертів ферми за певний час роботи стенда, об.; t - час роботи стенду (час випробувань), с.

6. Стенд працює на протязі 15-25 хвилин з постійною частотою обертання ферми.

7. Стенд зупиняється і реєструються частота обертання моделей вітродвигунів, частота обертання ферми.

8. Повторюються операції 4-6 з іншою частотою обертання ферми (з іншою швидкістю вітру).

9. За отриманими даними будуються графіки залежності частоти обертання моделі випробуваного вертикального вітродвигуна від швидкості вітру.

10. Визначається частота обертання моделі вітродвигуна, при відповідній швидкості вітру:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ рад/с}, \quad (2)$$

11. Далі визначається кінетична енергія моделі вітродвигуна W_{Km} при відповідній швидкості вітру і кінетична енергія потоку повітря W_{Ka} , що діє на вітродвигун при даній швидкості вітру:

$$W_{Км} = \frac{J_z \cdot \omega^2}{2}, \text{ Дж}, \quad (3)$$

де J_z - момент інерції моделі вітродвигуна відносно його осі обертання, $кг \cdot м^2$; ω - кутова швидкість моделі вітродвигуна, $рад/с$.

$$W_{Кв} = \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2}, \text{ Дж}, \quad (4)$$

де ρ - густина повітря, $кг/м^3$; S - площа перерізу вітряка, через яку проходить потік повітря, $м^2$; V - швидкість повітря, що діє на вітряк, $м/с$.

12. З врахуванням розрахованих значень кінетичної енергії моделі вітродвигуна і потоку повітря, визначається ККД використання енергії вітру досліджуваної моделі:

$$\eta = \frac{W_{Км}}{W_{Кв}} \cdot 100\% . \quad (5)$$

13. Будується графік залежності ККД використання енергії вітру досліджуваної моделі вертикального вітродвигуна від швидкості вітру.

Для реалізації методики було обрано модель вітродвигуна Савоніуса з одною та двома лопатями (рис. 2.) з геометричними характеристиками наведеними в таблиці 1. Площа обтікання повітря однакова для двох моделей і становить 57600 мм^2 .

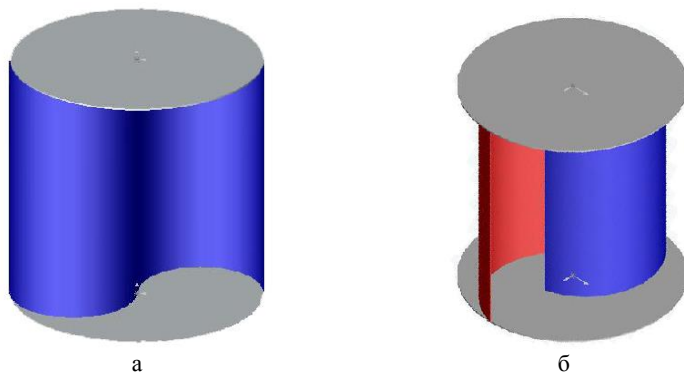


Рис. 2 – Моделі дослідних вітродвигунів:
а – однолопатевий; б – дволопатевий

Таблиця 1 – Геометричні характеристика моделей вітродвигунів для випробувань

Модель	Геометричні розміри						Коефіцієнт перекриття
	D_0	D	h	e	d	a	β
однолопатевий	280	240	240	-	120	6	-
дволопатевий	280	240	240	40	120	6	0,486

За результатами випробувань було отримано залежність частоти обертання моделі вітродвигуна n типу Савоніуса від швидкості вітру V_g з точністю апроксимації $R^2 = 0,936$ для однолопатєвого:

$$n_1 = -30 \cdot V_g^2 + 264,7 \cdot V_g - 337,5, \quad (6)$$

та з точністю апроксимації $R^2 = 0,927$ для дволопатєвого:

$$n_2 = -42,2 \cdot V_g^2 + 345,7 \cdot V_g - 501,9. \quad (7)$$

Користуючись вище наведеною методикою та формулами (1-4) був розрахований ККД для моделей вітродвигунів, результати якого зображено на рисунку 3.

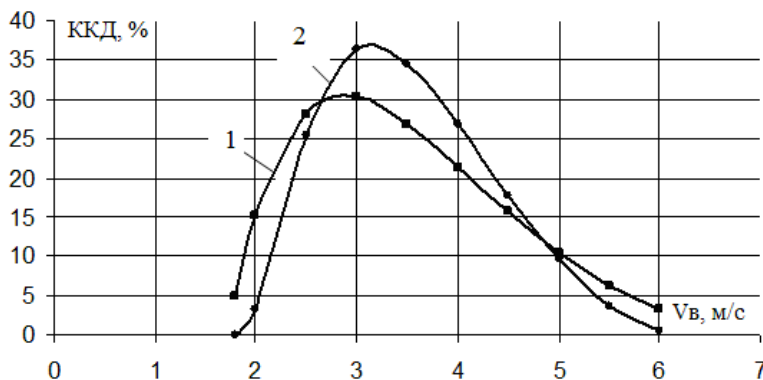


Рис. 3 – Порівняльний графік залежності ККД використання енергії вітру від швидкості вітру для вертикального вітродвигуна Савоніуса:

1 – однолопатєвого; 2 – дволопатєвого.

Як видно з графіків, при низьких та занадто високих швидкостях вітру однолопатевого двигуна має де яку перевагу над дволопатевою, що не суперечить літературним даним. Максимальний ККД для однолопатевого вітрогенератора Савоніуса складає 30 %. Але при середній швидкості вітру 3-4 м/с дволопатевого вітрогенератора має вищі показники ККД, з максимальним значенням 37 %.

Література

1. Посонський С. Ф. Стенд для випробувань на знос вертикальних опор обертання / С. Ф. Посонський, С. В. Милитинський // Матеріали міжнародної українсько-польської конференції «Механіка та інформатика», Хмельницький. – ТУП. – 2004. – с 41 – 43.
2. Король Р. Р. Автономные источники энергии / Р. Р. Король // Источники энергии. – 1997. – № 3. – С. 45–50.
3. Диха О.В. Проектування вітрової електростанції з можливістю її використання для підзарядки батарей електромобілів. О.В. Диха, С.Ф. Посонський, О.П. Бабак / Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 118-121

УДК 678.026.3

Олександренко В.П., Свідерський В.П., Кириченко Л.М.,
Васильків В.В., Квасницький А.О.
Хмельницький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ФТОРОПЛАСТОВИХ ПОКРИТТІВ, НАНЕСЕНИХ НА МЕТАЛЕВІ ПОВЕРХНІ

Проаналізовано шляхи підвищення фізико-механічних характеристик і зносостійкості фторопластових покриттів до металевих поверхонь. Наведені дослідження абразивостійкості розроблених покриттів на основі фторполімеру Ф-30П. Розроблена технологія нанесення наномодифікованого фторопластового покриття електроосадженням на металеві поверхні з підвищеною зносостійкістю зовнішнього шару

INCREASE OF WEARABILITY OF THE FLUOROPLASTIC COATINGS APPLIED TO METAL SURFACES

The ways of increase of physical-mechanical properties and durability of fluoroplastic coatings on metal surfaces are analyzed. The researches of abrasion resistance of the developed coatings on the basis of fluorine polymer F-30-P are given. The technology of application of nanomodified fluoroplastic coating by the electrodeposition on metal surfaces with the increased wearability of the outer layer is elaborated.

Постановка проблеми. Покриття з фторопластів мають низький коефіцієнт тертя, стійкі до зношування та ударів, проте при цьому їм властива відносно низька механічна міцність, зносостійкість і теплопровідність, високий коефіцієнт термічного розширення. Недоліком фторопластових покриттів є їх низька адгезійна міцність до металевої підложки і недостатньо висока зносостійкість. Тому дослідження спрямовані на подолання цих недоліків є досить актуальними.

Аналіз останніх досліджень. Відомо, що підвищення зносостійкості і деяких параметрів характеристик механічних властивостей фторполімерних композитів при введенні наповнювачів практично завжди супроводжується збільшенням коефіцієнта тертя і зниженням інших показників механічних властивостей (наприклад, міцності на розтяг), оскільки модифікатори, як правило, не мають комплексного характеру дії за різних аспектів міжмолекулярної взаємодії і формування оптимальної

надмолекулярної структури [1]. Тому необхідно здійснювати дослідження, що спрямовані на компенсацію негативних дій введення наповнювачів на фторопластові матеріали, як шляхом застосування суміші функціональних компонентів різного механізму дії, так і шляхом введення багатофункціональних компонентів.

У зв'язку з цим виникає необхідність застосування фізико-хімічних методів модифікування фторполімерів [2–4].

Одним з перспективних методів структурної модифікації являється введення в полімерну матрицю наповнювачів різного типу, особливо дисперсних і волокнистих, а останніми роками – ультрадисперсних і нанорозмірних (УДН). Популярним стало використання в якості модифікаторів наночастинок природного, штучного і синтетичного походження: сіалонів, вуглецевих частинок детонаційного синтезу (УДА, УДАГ, УДАВ), цеолітів, глин. Дуже поширеним напрямом модифікування властивостей полімерів додаванням наночастинок є використання малих (допінгових) добавок фуллеренів, нанотрубок, нановолокон, неорганічних матеріалів і т. ін. [5].

Застосування наночастинок в якості модифікаторів матеріалів на основі фторопласту в наш час вивчено фрагментарно. Не так давно з'явилися роботи, присвячені дослідженню механізмів дії наномодифікаторів у фторополімерах [2,3].

Порівняно нерозвиненість теми використання наночастинок в триботехнічних композиційних матеріалах на основі фторполімерів пов'язана з технологічними складнощами формування таких композитів. В той же час, використання наномодифікаторів в полімерних композиційних матеріалах є перспективним оскільки процес зношування композитів є наномасштабним, усі процеси протікають в поверхневих шарах товщиною від 10 до 500 нм, а продукти зносу є частинками розміром від 50 до 100 нм.

Тому логічно припустити, що саме наномодифікатори, що мають, близькі розмірні параметри, робитимуть найбільший вплив на процеси тертя і зношування металополімерних трибосистем, хоча характер цієї дії стосовно конкретних видів фторполімерів ще потребує комплексного дослідження [6].

Метою роботи є: відпрацювання технології нанесення електроосадженням фторопластового покриття з високою зносостійкістю на основі фторполімеру Ф-30П.

Для досягнення поставленої мети вирішувалась задача розробити технологію електростатичного нанесення фторполімерного покриття на металеву поверхню та підвищити його зносостійкість.

Виклад основних матеріалів дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Фторопласт-30П і наповнювачі перед нанесенням покриття висушувались. Фторопласт-30П, графіт С-1, аеросил і нанопорошок оксиду цирконію перемішували в млинку МРП-1. Після цього виконували фракціонування порошку з метою отримання композиції з розмірами частинок 40...80 мкм і піддавали її термообробці протягом однієї години при 150 °С. Нанесення фторопластових покриттів здійснювали за допомогою установки "Optima-01С" (м. Запоріжжя, Україна, «Елем»).

Нанесення покриття на металеву поверхню здійснювали способом електростатичного напилення порошку першого шару при напруженості електричного поля 50 кВ, а для наступних шарів при напруженості 60...70 кВ. Після цього металеву пластину з нанесеним покриттям витримували при температурі 228–235 °С протягом двох годин та охолоджували до кімнатної температури з швидкістю 30...40 °С за годину.

Дослідження на стирання фторопластових покриттів виконували з допомогою приладу для випробування матеріалів на стійкість до стирання ДИТ-М 00.000 ПС.

Методика випробування матеріалів на стійкість до стирання з допомогою приладу ДИТ-М була модернізована. Зразок закріплювався в затискному кільці на спеціально виготовленій підставці стороною з покриттям доверху. Автоматичний пристрій для зупинки приладу за умови повного зносу по товщині покриття було вимкнено оскільки щупи пошкоджують покриття і були зняті. Випробування на стирання фторопластових покриттів виконували за швидкості стираючих головок 300 хв⁻¹ (5,0 с⁻¹). В якості абразиву використовували сіро шинельне сукно артикул 6405 (ГОСТ 6621-72). Розмір круга абразиву діаметром 25 мм. Зміну абразиву виконували після дослідження кожного зразка покриття. Установку досліджуваного зразка з покриттям у затискному кільці виконували за опущеного конусу. Після цього обережно піднімали зразок з затискним кільцем до контакту з абразивом і вмикали прилад (покази лічильника встановлювали на нульову позначку). Через кожних 1 тисячу циклів установку зупиняли і вимірювали товщину покриття. Дослідження припиняли за суттєвого зносу фторопластового покриття: товщина зношеного шару складала більше половини всієї товщини покриття.

Результатом випробування фторопластового покриття за абразивостійкістю є відношення середньої товщини зношеного шару покриття до числа циклів дослідження. Результати досліджень представлені на рисунку 1.

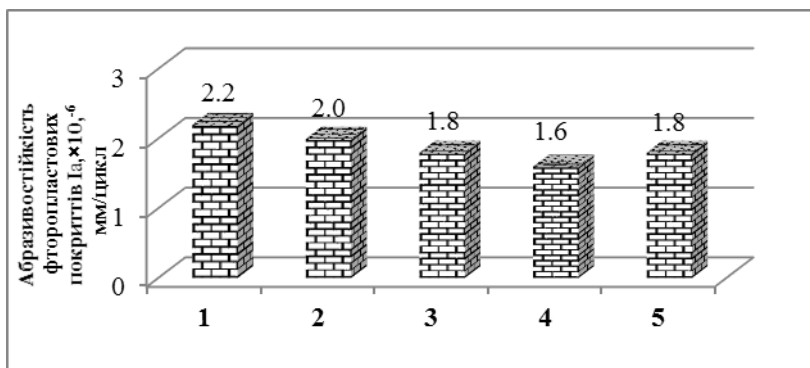


Рис. 1 – Гістограма абразивостійкості тришарових фторопластових покриттів на основі Ф-30 П за таких складів зовнішнього шару:

1 – Фторполімер Ф-30П; 2 – Фторполімер Ф-30П + 17 мас. % графіту С-1;
 3 – Фторполімер Ф-30П + 17 мас. % графіту С-1 + 1 мас. % аміноорганокремнезему на основі аеросилу + 1 мас. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 °С); 4 – Фторполімер Ф-30П + 17 мас. % графіту С-1 + 1 мас. % аміноорганокремнезему на основі аеросилу + 2 мас. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 °С); 5 – Фторполімер Ф-30П + 17 мас. % графіту С-1 + 1 мас. % аміноорганокремнезему на основі аеросилу + 3 мас. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 °С)

Встановлено, що при введенні до складу зовнішнього шару тришарового фторопластового покриття на основі Ф-30 П 17 мас. % графіту С-1 + 1 мас. % аміноорганокремнезему на основі аеросилу + 2 мас. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 °С) абразивостійкість покриття зростає у 1,38 разів.

Механізмом модифікуючої дії наномодифікатора на структуру фторполімеру Ф-30 П є збільшення густини структурних елементів в результаті формування міжфазних шарів з певним розташуванням на межі розділу полімер – наповнювач. Зносостійкість матеріалу при цьому зростає, а фізико-механічні характеристики дещо підвищуються або залишаються на рівні вихідного матеріалу. Збільшення вмісту наповнювача від 1 до 3 мас. % в складі фторопластової композиції супроводжується інтенсифікацією в поверхневих шарах деструктивних і структуруючих процесів. В них наповнювач виступає агентом зшивання фрагментів триборозкладу макромолекул. Це і пояснює механізм

підвищення зносостійкості композиційних фторопластових матеріалів. Окрім цього частинки наповнювача приймають участь в формуванні зносостійкого шару композиту з підвищеним опором до контактних деформацій, спостерігається підвищення адгезії плівки переносу до контргіла за рахунок координаційної активності наночастинок [3].

Розроблені фторополімерні покриття дають можливість продовжити термін експлуатації технологічного обладнання, підвищити якість продукції, рентабельність виробництва і збільшити термін використання технологічного інвентарю та оснащення.

Висновки. Розроблена технологія електростатичного нанесення наномодифікованого фторопластового покриття на металеву поверхню: перший ґрунтувальний шар необхідно наносити при напруженості електростатичного поля в 50 кВ, а для наступних шарів напруженість збільшувати до 60–70 кВ. Дослідження на стійкість до стирання розроблених фторопластових покриттів показали, що при введенні до складу зовнішнього шару тришарового фторопластового покриття на основі Ф-30 П, 17 мас. % графіту С-1 + 1 мас. % аміноорганокремнезему на основі аеросилу + 2 мас. % ZrO_2 + 3 % Y_2O_3 (500) °С абразивостійкість покриття зростає у 1,38 разів.

Література

1. Sina Ebnesajjad. Fluoroplastics Volume 2: Melt Processible Fluoropolymers / Sina Ebnesajjad.– The Definitive User's Guide and Data Book.– Second Edition . – 2016. – 745 p.
2. Physicochemical principles of polymer composite materials technology based on polytetrafluoroethylene / K. V. Berladir, O. A. Budnik, K. A. Dyadyura, V. A. Svidersky, Ya. O. Kravchenko // High Temperature Material Processes. – 2016. – № 20 (2). – P. 157–184.
3. Dykha A., Svidersky V., Danilenko I., Bilichenko V., Kukurudzyak Yu., Kirichenko L. et. al. (2020). Design and study of nanomodified composite fluoropolymer materials for tribotechnical purposes / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(12-107), pp. 38-48, doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205779>
4. Yan Y. Preparation and mechanical properties of PTFE/nano-EG composites reinforced with nanoparticles / Y. Yan, Z. Jia, Y. Yang // Procedia Environmental Sciences. – 2011. – V. 10. – P. 929-935.
5. Polymers containing fullerene or carbon nanotube structures / C. Wang [a.o.] // Prog. Polym. Sci. – 2004. – V. 29. – P. 1079–1141.
6. Наукові основи розробки полімерних композиційних матеріалів триботехнічного призначення на основі політетрафторетилену : монографія / Х. В. Берладір, О. А. Будник, К. О. Дядюра та ін. ; за заг. ред. К. О. Дядюри. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 176 с.

УДК:621.762

Паламарчук І., Романчук Ю., Дячук В., Дробот О.

Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ АБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

***Анотація:** мета роботи зробити аналіз причин виходу з ладу швидкозношуваних деталей транспортних машин; обґрунтувати впровадження технології електролітичного залізнення для підвищення зносостійкості відновлених плужних лемешів нанесенням композиційних електрохімічних покриттів на основі заліза з додаванням часточок твердої фази.*

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR INCREASING THE ABRASIVE WEAR RESISTANCE OF MACHINE PARTS

***Abstract:** the purpose of the work is to analyze the reasons for the failure of fast-wearing parts of transport vehicles; justify the implementation of the electrolytic fertilizing technology to increase the wear resistance of restored plowshares by applying composite electrochemical coatings based on iron with the addition of solid phase particles.*

Швидкозношуваними деталями сільськогосподарської техніки можна назвати такі: лапи культиваторів, диски, лемеші плугів, деталі паливних систем тракторів і комбайнів (пара золотник - корпус), деталі газорозподільчих систем двигунів та багато інших.

Робочі елементи сільськогосподарської техніки працюють у важких умовах. Особливі труднощі виникають при роботі на ґрунтах, засмічених дерном камінцями, залишками деревини. При оранці таких площ робочі леза лемешів плугів, диски, лапи культиваторів зазнають суттєвого зносу вже після місячного строку роботи і потребують ремонту - відновлення та підвищення стійкості проти абразивного зносу. За короткий період роботи *місяць – два* вони швидко виходять з ладу внаслідок значного зносу та деформації [3].

Лемеші є складовою корпусу плугу, або іншого землерійного знаряддя, які під час оранки землі, підрізують ґрунтовий пласт знизу в

горизонтальній і частково у вертикальній площині, робить початкове кришення ґрунту та направляє його на полицю. Контакт лемешу з ґрунтом викликає значний знос його ріжучих елементів – леза та носочка, які передчасно виходять з ладу. Леміш плугу як основний ріжучий елемент визначає швидкість оранки та енергетичні затрати. Під час роботи леміш втрачає свою початкову форму, затуплюється, що значно збільшує тягове зусилля плугу.

Аналіз дефектів та причин виходу з ладу лемешів при оранці показав, що **абразивне зношування робочої частини лемешу, руйнування та деформація носової частини є основними причинами виходу їх з ладу** [1]. Інтенсивність зношування лемешів при оранці залежить від складу ґрунтів: для торф'яних ґрунтів - 0,01 мм/км; на суглинках - 0,14 ; на піщаних - 0,18 мм/ км. Найбільша інтенсивність зношування лемешів при роботі на піщаних ґрунтах з кам'яними частинками (260 - 450 г/ га).

Для виготовлення лемешів найбільш широко використовують сталі середньо - та високо вуглецеві, леговані марганцем, кремнієм, бором, які піддають гартуванню для одержання твердості НВ 440 – 600, а також відбілений чавун Широко застосовують для виготовлення лемешів сталь марки Л53 (Сталь для лемешів за ГОСТ 8531 – 57. Марка Л53 склад : 0,47 -0,57 % С, 0,15 -0, 40 % кремнію, 0,5 - 0, 8% марганцю, сірки не більше за 0,05%, фосфору до 0,045%. Твердість в стані постачання НВ 255, загартована сталь має твердість HRC 45 – 60). Нажаль лемеші з такої сталі досить швидко зношуються під час оранки і потребують заміни чи відновлення.



Рис. 1 – Загальний вигляд плугу

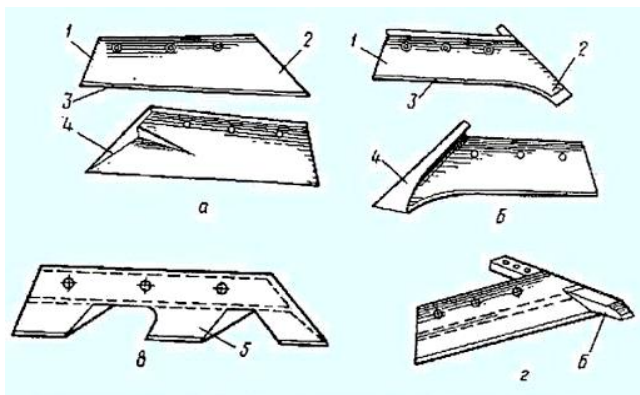


Рис. 2 – Види та елементи лемешів

*а) трапецієвидний; б) долотоподібний; в) зубчатий; г) з висувним долотом;
1 – п'ятка; 2 – носок; 3 – лезо; 4 – магазин; 5 – зуб; б – долото*

Польові випробування лемешів при оранці різних ґрунтів показали, що підвищення твердості лемешів сприяє зменшенню інтенсивності зношування, збільшенню строку роботи [3]. Тому під час виготовлення та ремонту лемешів значна увага приділяється підвищенню їх твердості. Для цього використовують наплавлення, пластичне деформування, зварювання і наплавлення, хромування, залізнення (осталювання), нанесення синтетичних матеріалів. Ефективним є наплавлення зносостійким сплавом робочої частини; індукційне наплавлення, дифузійне заморожування, дугове точкове наплавлення, плазмове наплавлення; двошарове наплавлення коли формується «демпферний» проміжний шар та поверхневий шар з високою твердістю. Досить поширеним є відновлення нанесенням електрохімічних покриттів з нікелю, хрому, заліза, цинку, міді, а також відновлення заміною зношеної частини лемеша приварюванням вставок з наступним наплавленням порошками. Технологію відновлення та зміцнення лемешів вибирають в залежності від виду пошкоджень.

Останнім часо перевагу віддають композиційним електрохімічним покриттям (КЕП), які використовують для відновлення розмірів зношених деталей та підвищення їх зносостійкості. КЕП на основі заліза одержують з електролітів, які містять легуючі добавки. Найбільш поширеними добавками є нікель, кобальт, хром. Часточки твердої фази, яку додають в КЕП повинні мати високу твердість, достатню в'язкість і

не піддаватись крихкому руйнуванню. В якості часточок твердої фази вибрано електрокорунд білий (Al_2O_3), який має твердість 24 Га, межу міцності на згин 220...345 МПа. Електрокорунд, як матеріал, є дешевшим за інші (наприклад за карбід бору) і більш доступним. Тверді часточки електрокорунду, які під час тертя виступають над досить м'якою матрицею, слугують тими ділянками контакту, які під час тертя піддаються найбільш інтенсивному навантаженню [4].

Розроблено склад електроліту, який може слугувати основою для отримання зносостійких КЕП: склад ($кг/м^3$) - $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ - 80.90, $Na_2H_4C_4O_6 \cdot 2H_2O$ - 1...1,5.

Проведені металографічні дослідження будови КЕП та випробування на знос показали, що розроблений склад електролітів для нанесення КЕП дозволяє отримувати якісні покриття з високою твердістю, високою міцністю зчеплювання з основою та з високою зносостійкістю.

Висновки

1. За результатами проведених досліджень розроблено технологічний процес відновлення лемешів нанесенням композиційних електрохімічних покриттів на основі заліза.

2. Отримані КЕП на основі сплавів заліза з включеннями електрокорунду білого в якості наповнювача, мають підвищену зносостійкість в умовах абразивного зношування. Виявлено, що введення твердих часточок електрокорунду білого марки М14 в сплави електролітичного заліза дозволяє підвищити їх абразивну зносостійкість у 8...10 разів порівняно з загартованими легованими сталлями і у 4...5 разів у порівнянні з покриттями без часточок твердої дисперсної фази.

3. Процес рекомендовано для таких деталей як плужні лемеші, зубці екскаваторів та золотники гідро розпилувачів.

Література

1. Відновлення деталей автомобілів: Навчальний посібник / В.І.Кальченко, В.В.Кальченко, В.І. Венжега. - Чернігів: ЧНТУ, 2013. -192 с.

2. Алимов В.И., Уманская И.А., Георгиаду М.В. Структура и свойства железного слоя на стальных изделиях // Научные труды Донецького національного технического университета, 2011. С.89-96

3. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / под ред. В.С. Попова. - Запорожье: Изд-во ОАО «Мотор Сич», 2000. -394с.

4. Диха О.В. Розрахунки і випробування на надійність машин і конструкцій: навч. посібник / О.В.Диха, Р.В. Сорокатиий, О.П. Бабак. - Хмельницький: ХНУ, 2011. - 151с.

УДК 629.113

Поперечний Б.А., Бабак О.П., Вичавка А.А., Войтюк С.В.

Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНЕВОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЕВОГО ПАЛИВА

***Анотація:** мета дослідження – саме прогрес у розробці паливних елементів (ПЕ) з високим ККД вселяє впевненість у перспективах використання водню як палива при створенні автономних мобільних і стаціонарних джерел енергії. Такі джерела можуть знайти широке застосування на транспорті, у тому числі в автомобілях з так званими "гібридними" двигунами (звичайний двигун плюс електродвигун на ПЕ)*

RESEARCH OF THE HYDROGEN VEHICLE POWER SYSTEM AND DEVELOPMENT OF HYDROGEN FUEL STORAGE SYSTEMS

***Abstract:** the purpose of the research is that the progress in the development of fuel cells (PE) with high efficiency inspires confidence in the prospects of using hydrogen as a fuel in the creation of autonomous mobile and stationary energy sources. Such sources can be widely used in transport, including in cars with so-called "hybrid" engines (a conventional engine plus an electric motor on a PE)*

Сучасний стан світової енергетики, заснованої, головним чином, на традиційних вуглецеводневих джерелах сировини, навіть за оптимістичними оцінками характеризується як передкризове. І справа не тільки в очевидному виснаженні цих ресурсів, але й у зростанні небезпеки глобальних катастроф внаслідок забруднення навколишнього середовища. Безумовно, атомна енергетика з урахуванням наявних запасів урану в теорії буде відіграти все більшу роль у світовій економіці. Передбачається, що у віддаленому майбутньому вирішальне місце у великомасштабній енергетиці займе термоядерна енергія. Однак вже зараз видно, що серйозні енергетичні та екологічні проблеми наздоженуть світ перш, ніж у лад вступить перша термоядерна електростанція. Крім того, навіть якщо припустити, що атомна і термоядерна енергетика зможуть зробити необхідну кількість електроенергії, залишається неясним, яким чином отримана енергія може забезпечити, наприклад, функціонування

транспорту або життєдіяльність віддалених районів. (На сьогоднішній день транспорт використовує близько половини світового обсягу споживання нафтопродуктів, а в США – до 65%). При цьому у вихлопах двигунів внутрішнього згоряння має близько 45 токсичних речовин, у тому числі канцерогени. «Тому пошук альтернативних поновлюваних і екологічно чистих джерел, здатних забезпечити людство енергією на найближчі сотні років, є одним з безсумнівних пріоритетів сучасної науки. Цей пошук показує, що одним з найбільш ймовірних заміників органічного палива енергоносіїв для транспорту і енергетики в цілому є водень.

Водневий транспорт – це різні транспортні засоби, що використовують у якості палива водень. Це можуть бути транспортні засоби як із двигунами внутрішнього згоряння, так і з водневими паливними елементами.

У цей час різноманітний транспорт відповідає за 23% техногенних викидів парникових газів в атмосферу Землі. По оцінках експертів, уже через двадцять років це число подвоїться і продовжить рости в міру того, як у країнах, що розвиваються буде збільшуватися кількість особистих автомобілів. Крім вуглекислого газу в атмосферу викидаються оксиди азоту, відповідальні за збільшення захворюваності астмою, оксиди сірки, відповідальні за кислотні дощі і т.д.

Іншою причиною підвищення інтересу до водневого транспорту є ріст цін на енергоносії, дефіцит палива, прагнення різних країн досягти енергетичної незалежності.

В останні роки стає все більш очевидним, що акцент на більш чисте паливо приведе до істотного використання водню. Водень - це хімічний елемент із символом H і атомним номером 1. При атомній вазі 1,00794 водень є найлегшим елементом у періодичній таблиці. Його одноатомна форма (H) є найпоширенішою хімічною речовиною у Всесвіті, на відміну від кисню, водень не знайдений як вільний у природі при будь-якій значній концентрації, що становить приблизно 75% усієї маси. Водень є першим елементом таблиці Менделєєва, що робить його найлегшим елементом на Землі. Оскільки газоподібний водень настільки легкий, він піднімається в атмосфері і тому рідко зустрічається в чистому виді.

Водень виробляється з використанням як поновлюваними, так і не поновлюваними ресурсами з різними технологічними рішеннями. Наявні технологія по одержанню водню - це реформування природного газу, газифікація вугілля і біомаси, розщеплення води електролізом води,

фотоелектролізом, фотобіологічною продукцією, гідротермічним термохімічним циклом і високотемпературним розкладанням.

Основні способи одержання водню включають процеси електролізу води і природного газу. В усьому світі зростаючий попит на водень, наприклад, на водневі паливні елементи, зробив вирішальним для пошуку методів одержання водню з недорогих простих процесів, багато дослідників запропонували деякі інноваційні шляхи. Цікаво, що велика кількість методів включала гідрооксид натрію як основного інгредієнта. Використання гідрооксиду натрію для виробництва водню не ново і було застосовано навіть в XIX столітті.

Водень є стійким варіантом палива і одним з можливих вирішень екологічних проблем. У цьому дослідженні водень одержують за допомогою генератора водню із протоно-обмінною мембраною (ПОМ) електролізера. Експериментальне дослідження проводиться в центрі розвитку поновлюваних джерел енергії в Алжирі.

Основна частина блоку ПОМ являє собою мембранний електродний блок. Шар матеріалу каталізатора був застосований по обом сторонам тонкої ПОМ. Ці два шари утворюють анод і катод електрохімічного гнізда. Як ми бачимо на рис. 1, на стороні анода утворюється газоподібний кисень, електрони та іони H^+ . Іони H^+ проходять через мембрану до катода і утворюють газоподібний водень із електронами, що протікають через зовнішній провідний контур. Таким чином, електрична енергія перетворюється в хімічну енергію, і зберігається у вигляді водню та кисню.

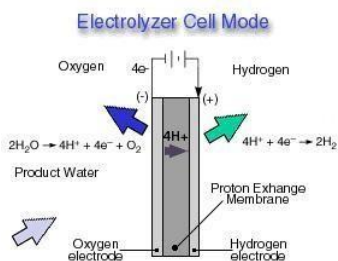


Рис. 1 – Функціональний принцип електролізера ПОМ

Oxygen – кисень; hydrogen– водень;
product water–вода; proton exchange
membrane – протонна мембрана



Рис. 2 – Лабораторна установка для одержання водню за допомогою електролізера, що працює від генератора

Запропонований дослід у першу чергу повинен показати, як міняється характеристика електролізера ПОМ при різних тисках. Експериментальна установка наведено на рис. 2.

Далі, ми визначаємо обсяг отриманого водню при різних джерелах енергії. Перший спосіб — це сонячна енергія. Другий спосіб складається з імітації сонячної енергії за допомогою лампи. Третій спосіб — це електролізер ПОМ генератора напруги.

Висновки

Водень є чистим джерелом енергії. До того ж енергія необхідна для створення водню потрібно менше, чим можна вивести з нього.

Зниження залежності від копалин і ядерних джерел енергії звільнить країну від дорогої іноземної участі і поліпшення здоров'я та добробуту його громадян. Це буде досягнуто за рахунок значного скорочення викидів парникових газів і кількості інших отрут, що ставляться до копалин і ядерним джерелам енергії в повітрі, землі та воді.

Сонячна енергія може служити джерелом живлення електролізера для одержання водню. Водень буде зберігатися в накопичувачах для запуску ПЕ, коли сонячної енергії буде не вистачати для забезпечення електрикою споживача

Література

1. Воднева казка [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ru.wikipedia.org>.
2. Курылев В.О., Тупельняк О.Л. Колесников В.А. Возможности использования водорода как топлива для автомобилей // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД” .20 травня 2011 р. – С. 104–107.
3. Моделирование утечки топлива. Сравнение водорода с бензином. Университет Майами, 2001. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://evworld.com/library/swainh2 vgasVideo.pdf>.
4. Мацкерле Ю. Водород и возможности его применения в автомобиле // Современный экономичный автомобиль = Automobil s lepší účinností / Пер. с чешск. В. Б. Иванова; Под ред. А.Р. Бенедиктова. — М.: Машиностроение, 1987. — С. 273 - 282. — 320 с.
5. Tabbi Wilberforce, Zaki El-Hassan, F.N. Khatib, Ahmed Al Makky, Ahmad Baroutaji, James G. Carton, Abdul G. Olabi. Developments of electric cars and fuel cell hydrogen electric cars. Hydrogen Energy Publications LLC, 31 August 2017.
6. Tie S.F, Tan C.W. A review of energy sources and energy management system in electric vehicles. Renew Sustain Energy Rev. 2013; 82 – 102 pp. 6. Chan C. The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles. In: Proceedings of the IEEE, vol. 95; 2007. 704 – 718 pp.

УДК 629.113

Потеряєв О.І.¹, Євчун Д.І.¹, Рудик А.В.², Рудик О.Ю.¹

¹Хмельницький національний університет, Україна

²Barton Peveril College, Eastleigh, England

ПРОЕКТУВАННЯ ПІДНІМАЧА ДЛЯ РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS

Анотація: мета дослідження – оцінити вплив якості сітки SolidWorks Simulation на точність розрахунків на прикладі дослідження кронштейна двостійкового піднімача військової техніки. Аналіз проводився за допомогою програмного модуля SolidWorks Simulation, який входить до інтегрованого комплексу автоматизації підприємства SolidWorks.

DESIGNING AN AUTOMOTIVE REPAIR LIFT USING SOLIDWORKS

Abstract: the purpose of the study is to evaluate the influence of the quality of the SolidWorks Simulation grid on the accuracy of calculations on the example of a study of the arm of a two-post lifter of military equipment. The analysis was carried out using the SolidWorks Simulation software module, which is part of the integrated automation complex of the SolidWorks enterprise.

У роботі [1] розглянута двостійкова версія піднімача (рис. 1), який кріпиться до основи анкерними болтами. Але при цьому на підлозі, крім стояків, нічого немає. Саме з цієї причини піднімач може здійснювати підхоплення на мінімальній висоті від підлоги, тобто ремонтувати автомобілі з маленьким кліренсом, що є його безсумнівною перевагою.

Однак, під час роботи піднімача є ризик зсуву автомобіля: якщо на піднімачі знаходиться автомобіль з великими розмірами або вагою, зсув відбувається у бік дисбалансу.

Ризик падіння автомобіля з піднімача обумовлений неправильним його розміщенням на дискових підкладках, які встановлюються на лапи, або неправильним розміщенням дискових підкладок відносно піднімача. Тому автори [1] передбачили такий розвиток подій і провели розрахунки найбільш навантаженої деталі піднімача – кронштейна (рис. 1, поз. 1), до якого кріпляться важелі з лапами. Для цього використали віртуальне середовище для моделювання на основі SolidWorks Simulation [2, 3].

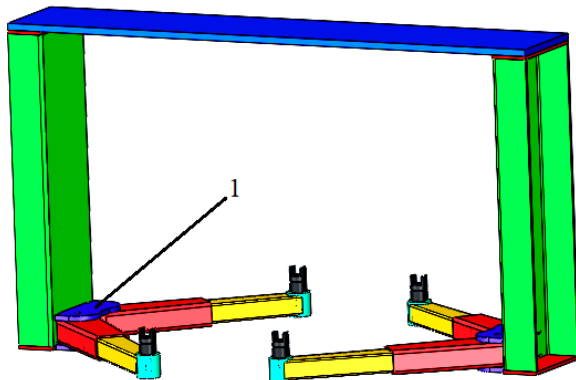


Рис. 1 – 3D-модель електрогідравлічного піднімача

У публікації [1] була застосована стандартна сітка CE (активізується алгоритм розробки сітки Voronoi-Delaunay для наступних операцій її створення – рис. 2, а; 3, а), бо на ранніх стадіях аналізу можуть підійти приблизні результати і дозволено задати більший розмір елемента для швидшого розв'язку. При цьому визначений розрахунками запас міцності склав $n = 5,001$ (рис. 4, а)

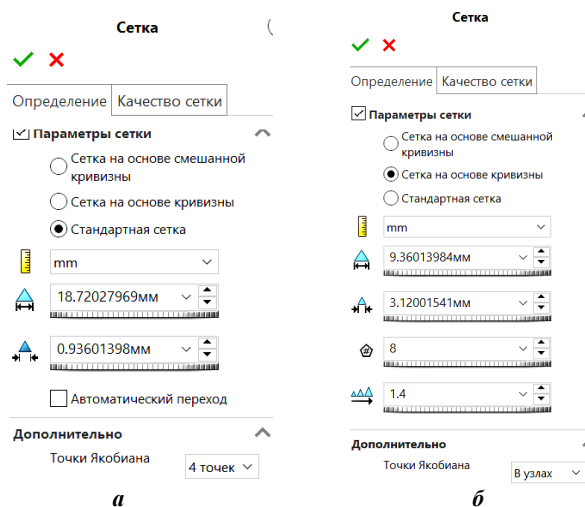
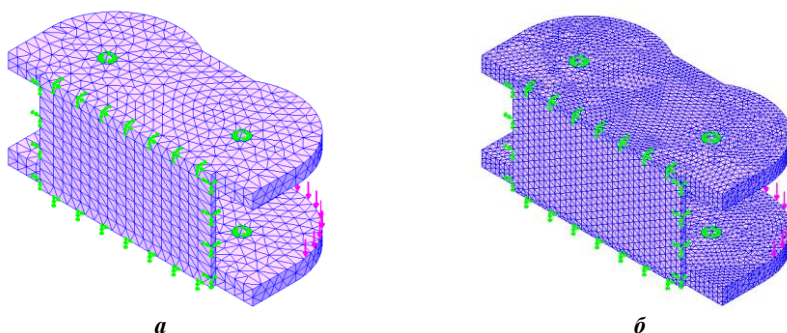


Рис. 2 – Параметри сітки:

а – 4 точки Якобіана, щільність середня; б – “у вузлах”, щільність висока

Але, з однієї сторони, при побудові сітки необхідне збільшення числа скінченних елементів у місцях великої кривизни й істотна зміна геометричних характеристик спряжених елементів конструкції. З іншої сторони, при великій кількості скінченних елементів (надлишковому числі елементів сітки) можлива поява похибок обчислення.

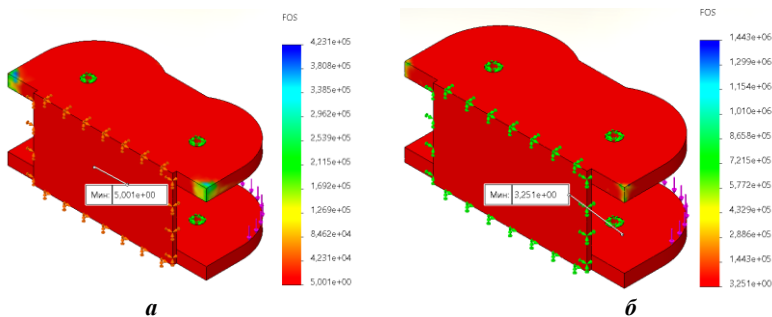
Таким чином, створювана сітка залежить від активних параметрів й характеристик керування нею, глобальних розмірів елемента й допуску [4, 5]. При цьому можуть виникати похибки, пов'язані зі щільністю сітки, так як її якість відіграє ключову роль у точності результатів.



a

б

Рис. 3 – Сітка моделі кронштейна:
a – 4 точки Якобіана, щільність середня;
б – параметр “у вузлах”, щільність висока



a

б

Рис. 4 – Запас міцності кронштейна:
a – 4 точки Якобіана, щільність середня;
б – параметр “у вузлах”, щільність висока

Крім цього, для розв'язку статичних задач рекомендується встановити для Якобіанової перевірки параметр “у вузлах”, а для отримання достовірних результатів потрібно активізувати алгоритм створення сітки “на основі кривизни” [4, 5]. Хоча при цьому збільшується тривалість розрахунків, та вони повинні бути точнішими. І дійсно, при виборі параметру сітки “у вузлах” та “на основі кривизни” мінімальний запас міцності зменшився і став рівним 3,251. Але це більше допустимого $[n] = 3,0$.

Таким чином, мініальному допустимому запасу міцності кронштейна відповідає сила 27600 Н [1]. Але, так як розрахунок проводився на початку піднімання перекошеного автомобіля тільки для двох лап піднімача, то визначену силу потрібно збільшити у 2 рази. Отже, для спроектованого двостійкового піднімача з електрогідрравлічним приводом максимальна вага автомобіля, яка не призведе до порушень техніки безпеки, становитиме 55200 Н (5629 кг).

Так як вага автомобілів, рекомендованих для ремонту за допомогою спроектованого піднімача (для потреб медслужби ЗСУ: УАЗ-452 «Буханка», Богдан-2251, Citroën Jumper; для перевезення людей: HMMWV M1114, Land Rover Defender) менша 5629 кг, то його можна рекомендувати для використання. Але потрібно провести аналогічні розрахунки для інших деталей.

Література

1. Rudyk O. Yu. Computer simulation of the electrohydraulic lift with the help SolidWorks Simulation / O. Yu. Rudyk, O. V. Shepilo // The world of science and innovation. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2021. Pp. 160-167. – Access mode: <https://sci-conf.com.ua/x-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-the-world-of-science-and-innovation-5-7-maya-2021-goda-london-velikobritaniya-arhiv/>
2. Рудик О. Ю. SolidWorks як інноваційний засіб вивчення дисциплін автомобільного профілю / О. Ю. Рудик, О. В. Диха // «Системні технології» 3 (128) 2020. – С. 21-35. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8878>
3. Рудик О. Ю. Застосування SolidWorks Simulation для забезпечення професійної підготовки майбутніх випускників [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, А. В. Ружицький. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8416>
4. Диха О. В. Застосування SolidWorks Simulation для підготовки фахівців автомобільного профілю / О. В. Диха, О. Ю. Рудик // Збірник тез доповідей II-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2021»: Збірник тез [Електронний ресурс]. – Вінниця: ВНТУ. – 2021. – С. 484-485. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/10992>
5. Rudyk O. Yu. The impact of the SolidWorks Simulation network quality on the accuracy of the calculations / O. Yu. Rudyk, V. A. Gonchar // Eurasian scientific congress. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. – Barcelona, Spain, 2020. – Pp. 185-188. – Access mode: <http://sci-conf.com.ua/i-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-urasian-scientific-congress-27-28-yanvaryaya-2020-goda-barselona-ispaniya-arhiv/>

УДК 620.93.16

Стечишин М.С., Онищенко А.І., Бондар А.Ю.

Хмельницький національний університет

КАРБООАЗОТУВАННЯ СТАЛІ ХВГ ВТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ

У роботі розглянуто вплив карбоазотування на фізико-хімічні властивості сталі ХВГ. Знайдено вплив режимів карбоазотування на мікротвердість поверхневих шарів.

CARBONIZATION OF HVG STEEL IN A GLOWING DISCHARGE

The paper examines the influence of carbon nitriding on the physical and chemical properties of HVG steel. The effect of carbonitriding regimes on the microhardness of the surface layers was found.

Технологічні параметри процесу карбоазотування в тліючому розряді значно впливають на фізико-механічні характеристики, структуру, фазовий склад і зносостійкість карбонітридного шару, тому вивчення цього впливу є важливим завданням.

Дослідження проводилися на сталі ХВГ. Завданням досліджень було визначення залежності характеристик карбоазотованого шару (глибини, твердості, структури, фазового і хімічного складу) від основних параметрів технологічного процесу (тиску, складу насичувального середовища, температури і тривалості процесу). У якості робочих газів застосовувалися суміші азоту і аргону (75 % N₂ + 25 % Ar) і пропану C₃H₈, температура насичення змінювалася від 480 °С до 600 °С, тиск газової суміші в процесі дифузійного насичення – від 80 Па до 400 Па, тривалість процесу – від 20 хв до 240 хв [1].

В процесі дослідження використовувалися методи металографії, і хімічного аналізів, в результаті застосування яких визначалися наступні характеристики карбоазотованого шару: структура і товщина із застосуванням мікроскопів ММР-2Р, мікротвердість із застосуванням мікротвердоміра ПМТ-3.

З метою раціонального проведення дослідів і отримання достовірної інформації застосовувалися математичні методи

планування експериментів (плани першого і другого порядку) і статистичні методи обробки результатів експериментів [2].

Застосування методу карбоазотування в тліючому розряді для зміцнення деталей машин ставить завдання знаходження таких технологічних режимів його проведення, при яких досягаються максимальні результати в потрібних вихідних параметрах. Виходячи з того, що сам процес карбоазотування в тліючому розряді дозволяє широку зміну властивостей отримуваних покриттів через прості, легко керовані технологічні параметри, отримується можливість їх оптимізації за заданими контрольними характеристиками. При цьому вихідними параметрами процесу поверхневого зміцнення можуть бути як експлуатаційні (зносостійкість, міцність, тріщиностійкість, втомна витривалість), так і внутрішні фізико-механічні властивості (товщина шару, фазовий склад дифузійного шару, його структура, твердість тощо).

З метою визначення оптимальної кількості пропану в насичуючому середовищі та тиску в розрядній камері проведено ряд технологічних режимів зміцнення сталі ХВГ. Технологічні параметри процесу утворення карбідного шару в тліючому розряді: температура процесу $T = 580$ °С, тривалість зміцнення $\tau = 240$ хв, тиск в камері змінювався від 67 Па до 333 Па, вміст пропану в насичуючому середовищі в об'ємній частці від 3 % до 15 % (надалі в тексті буде використано скорочений запис складу газової суміші, наприклад, 15 % C_3H_8). Газова суміш $Ar + C_3H_8$.

Таблиця 1. – Результати досліджень мікротвердості сталі ХВГ, зміцненої в тліючому розряді у вуглецевому середовищі

Номер р-му	Технологічні параметри режиму				Сталь ХВГ	
	p, Па (мм рт. ст.)	% C_3H_8	I, А	U, В	До зміцнення	Після зміцнення
1	333 (2,5)	9,0	6,8	320	3000	4360
2	266 (2,0)	9,0	6,7	370	3150	4810
3	200 (1,5)	9,0	5,6	400	2550	5200
4	133 (1,0)	9,0	4,6	540	2800	4520
5	67(0,5)	9,0	3,6	960	3000	3800
6	266(2,0)	15,0	6,6	370	3050	3890
7	266(2,0)	12,0	6,5	410	3080	4540
8	266 (2,0)	9,0	6,7	375	3050	4820
9	266 (2,0)	6,0	6,1	440	3180	4230
10	266 (2,0)	3,0	6,3	415	3000	3600

У процесі досліджень зразків із сталі ХВГ отримані залежності поверхневої мікротвердості карбідного шару від технологічних параметрів процесу зміцнення – тиску в розрядній камері та вмісту цементуючого газу. Дані по мікротвердості зміцнених сталей наведені в таблиці 1.

Залежності мікротвердості від параметрів зміцнення показані на рисунках 1 і 2.

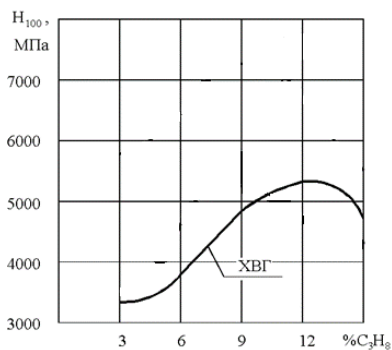


Рис. 1 – Залежність мікротвердості карбідного шару від вмісту пропану в насичуючому середовищі

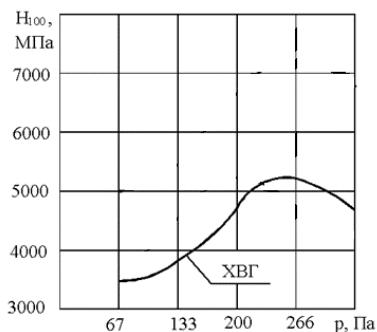


Рис. 2 – Залежність мікротвердості карбідного шару від тиску в розрядній камері

Попередні дослідження впливу вмісту пропану в середовищі і тиску в розрядній камері показали, що для сталі ХВГ є оптимальне значення вмісту пропану в насичуючому середовищі (біля 12 %) та тиску в розрядній камері (від 230 Па до 260 Па), при яких поверхнева мікротвердість буде максимальною. При збільшенні вмісту пропану в насичуючому середовищі поверхня зразків покривається сажею, що ускладнює проникнення насичуючих газів в поверхню металу і утворенню зміцненого шару.

Очевидно, що карбоазотування в тліючому розряді є доволі ефективним, як показали попередні випробування, способом підвищення зносостійкості деталей машин та обладнання.

Література

1. Stechyshyn M.S. Physicochemical properties of carbonitrided 40kh steel / M.S. Stechyshyn, V.P. Oleksandrenko, A.V. Martynyuk, M.M. Luk'yanyuk, M. a. Dovzhyk, and V.O. Herasymenko // Materials Science, Vol. 56, No. 3, November, 2020.-PP.368-374
2. Skyba M.Ye., Stechyshyn M.S., Luk'yanyuk M.V., Tsepenyuk M.I., Gerasimenko V.A. Wear resistance and physicochemical properties of 12XH3A carbohydrated steel // Problems of Tribology. – Khmelnytskyi: KHNU, 2020. – Т. 25 - №1. – P.6-15.

Шляхи удосконалення
охорони праці та цивільної
безпеки за допомогою
сучасних інноваційних
технологій

УДК 331. 101

Бородич П.Ю., Пономаренко Р.В., Дягілев К.А.
Національний університет цивільного захисту України

УДОСКОНАЛЕННЯ РЯТУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛОГО З ПРИМІЩЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВІТНІХ НОШ НРВ-1

Запропонована імітаційна модель рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних. Проведено її аналіз та визначено критичний шлях. Надані рекомендації по підвищенню ефективності даного процесу.

IMPROVEMENT OF THE RATE OF THE INJURED FOR THE DEPOSIT OF THE NEW NOSH NRV-1

The proposed simulation model to rescue the affected areas using a rescue stretcher flame retardants. An analysis and determined the critical path. Recommendations to improve the efficiency of the process.

В доповіді показано, що на сьогоднішній день на території України постійно існує висока імовірність виникнення пожеж [1], причому більшість з них виникає в житловому секторі, що в свою чергу провокує появу великої кількості постраждалих. Згідно [2], одним з основних завдань Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРСЦЗ) Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) є рятування людей в умовах виникнення надзвичайних ситуацій. В умовах пожежі цей процес ускладнюється наявністю небезпечних факторів (підвищеної температури, задимленості, загазованості та інше). Особливість цього процесу розглянута в нормативних документах [3, 4, 5], що регламентують діяльність ДСНС України. Але в жодному з них не розкрито питання щодо використання засобів рятування людей в умовах впливу високих температур. Тому дослідження процесу рятування постраждалого на пожежі, з використанням нош рятувальних вогнезахисних є актуальною задачею, яку можна вирішити використовуючи математичне моделювання.

в доповіді білапоставлена задача побудувати імітаційну модель рятування постраждалого з приміщення за допомогою нош рятувальних вогнезахисних (НРВ-1). Для цього було вирішено використовувати мережеві моделі. Імітаційна модель представлена на рисунку 1. Початком

є команда старшого начальника «Відділення, до рятування постраждалого за допомогою нош рятувальних вогнезахисних приступити!», закінчується модель подією «Ланка ГДЗС встановлюють НРВ-1 з постраждалим в безпечному місті». Всі дії даного процесу наведені в таблиці 1.

Дослідження даного процесу проводилися під час занять з пожежно-рятувальної підготовки, де були встановлені мінімальні $t_{\min i}$ та максимальні $t_{\max i}$ значення часу виконання окремих дій.

Математичне очікування було розраховано

$$\bar{t}_i = \frac{(t_{\max i} + t_{\min i})}{2} . \quad (1)$$

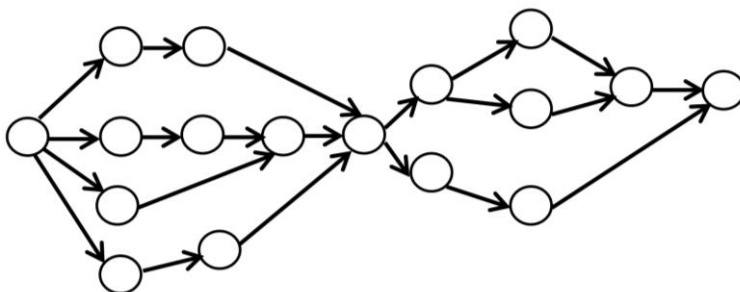


Рис. 1 – Імітаційна модель рятування постраждалого з приміщення за допомогою НРВ-1

Враховуючи те, що для одновершинних розподілів середньоквадратичне відхилення приблизно дорівнює 1/6 інтервалу, на якому розглядається розподіл [9,10], дана оцінка розраховується як:

$$\sigma_i \approx \frac{t_{i\max} - t_{i\min}}{6} . \quad (2)$$

Використавши отримані результати, були розраховані [10] основні параметри мережевої моделі.

Для визначення критичного шляху імітаційної моделі були розраховані значення математичного очікування (3) та дисперсії (4) критичного шляху.

$$t(L_{\text{кр}}) = \sum t_{i\text{кр}} = 911,5 \text{ с} , \quad (3)$$

де $t_{i\text{кр}}$ - математичне очікування i -ї операції критичного шляху,с.

$$\sigma^2(L_{\text{кр}}) = \sum \sigma_i^2 = 9175,1\text{с}^2 , \quad (4)$$

де σ_i^2 – дисперсія i -ї операції критичного шляху.

Тоді середньоквадратичне відхилення критичного шляху буде дорівнювати $\sigma(L_{кр}) = 95,8$ с.

Критичним в імітаційній моделі рятування постраждалого з приміщення за допомогою НРВ-1 є шлях дій другого номера, тобто на ньому буде найбільша затримка часу. Тому для підвищення ефективності розглянутого процесу необхідно по-перше другим номером ставити найбільш підготовленого рятувальника, який вдосконально вміє працювати з засобами захисту органів дихання та з НРВ-1; по-друге номеру один та номеру три максимально допомагати другому номеру виконувати його дії.

Література

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Офіц. вид. К.: ДСНС України, 2015. 365 с..
2. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс. : за станом на 01 липня 2013 р. – К. : Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2013. – 82 с. – (Бібліотека офіційних видань).
3. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби МНС України : Наказ МНС України № 1342 від 16 грудня 2011р. : М-во надзв. сит. України, 2011. – 56 с. – (Нормативний документ МНС України. Настанова).
4. Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту : Наказ МНС України № 575 від 13 березня 2012 р. : М-во надзв. сит. України, 2012. – 178 с. – (Нормативний документ МНС України. Статут).
5. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України : Наказ МНС України № 312 від 7 травня 2007 р. : М-во надзв. сит. України, 2007. – 248 с. – (Нормативний документ МНС України. Правила)
6. Ковальов П.А. Моделювання діяльності особового складу газодимозащитної служби при роботі зі спеціальною технікою / П.А.Ковальов, В.Н.Чучковский // Актуальні проблеми філософії, науки і сучасних технологій : Вісник ХДУ. –1997.– X – С. 268-272.
7. Ковалев П.А. Обоснование способов совершенствования деятельности газодимозащитников: Дис. канд. техн. наук: 21.06.02 / Ковалев Павел Анатольевич. – Х., 1997. –153 с.
8. Шаршанов А.Я. Создание условий для защиты пострадавшего от опасных факторов пожара / А.Я. Шаршанов, Р.В. Пономаренко, И.А. Поляков // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. НУГЗ Украины. – вып. 36. – Харьков: НУГЗУ, 2013. с 272-278.
9. Стрелец В.М. Экспертные оценки профессионально важных качеств пожарных / В.М. Стрелец, Д.Ю.Каскевич // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. Вып.5. – Харьков: ХИПБ, 1999. – С.183-185.
10. Экспертные системы: состояние и перспективы: Сб. науч. тр. // АН СССР, Ин-т проблем передачи информации: Отв. ред. Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 1989.- 152 с.

УДК 331. 101

Бородич П.Ю., Пономаренко Р.В., Лілюхін М.О.
Національний університет цивільного захисту України

УДОСКОНАЛЕННЯ РЯТУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛОГО З ТРЕТЬОГО ПОВЕРХУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОХИЛОЇ ПЕРЕПРАВИ ЗА ДОПОМОГОЮ НОВІТНІХ НОШ НРВ-1

Запропонована імітаційна модель рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних. Проведено її аналіз та визначено критичний шлях. Надані рекомендації по підвищенню ефективності даного процесу.

IMPROVEMENT OF THE RATE OF THE INJURED THIRD ON THE TOP OF THE VICTORISTANS OF THE RETIREMENT OF THE TRANSFER FOR THE AID OF THE NEW NOS HRV-1

The proposed simulation model rescue the victim from the third floor with sloping crossing using fireproof rescue stretcher. An analysis and determined the critical path. Recommendations to improve the efficiency of the process.

В доповіді показано, що одним з основних завдань Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРС ЦЗ) Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) є рятування людей в умовах виникнення надзвичайних ситуацій [1]. Згідно аналізу статистичних даних [2] в 2015 році на території України більшість пожеж сталася в житловому секторі, а це автоматично супроводжується необхідністю рятування великої кількості постраждалих. Особливу небезпеку викликають багатоповерхові житлові будинки, що пов'язано з імовірністю виникнення ситуації, коли люди будуть заблоковані на високих поверхах, а доступ до будівель автодрабин може бути ускладнений наявністю стоянок для автомобілів, посадженими деревами та інше. В цьому випадку одним із способів рятування людей може бути використання похилої переправи, особливо якщо людина поранена та не може рухатися. Однак на відміну від більшості оперативних дій ОРС ЦЗ ДСНС України [3,4,5] даний процес належним чином не розглянутий. Тому дослідження процесу рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи

за допомогою нош рятувальних вогнезахисних є актуальною задачею, яку можна вирішити використовуючи імітаційне моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що в [6] пропонується для моделювання діяльності особового складу газодимозахисної служби при роботі зі спеціальною технікою використовувати мережеві моделі. Однак в цій роботі не розглянуті особливості рятування постраждалих з поверхів з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних.

В [7] було розглянуто рятування постраждалого з приміщення за допомогою нош рятувальних вогнезахисних, але в цій роботі не розглядалися особливості рятування з висоти.

Постановка завдання та його рішення. Виходячи з цього, була поставлена задача побудувати імітаційну модель рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних (НРВ-1), з використанням мережевої моделі. Початком є команда старшого начальника «Відділення, до рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою нош рятувальних вогнезахисних приступити!», закінчується модель подією «Відділення шикується біля пожежно-рятувального автомобіля».

Дослідження даного процесу проводилися під час занять з пожежно-рятувальної підготовки з курсантами Національного університету цивільного захисту України, де були встановлені мінімальні $t_{\min i}$ та максимальні $t_{\max i}$ значення часу виконання окремих дій.

Математичне очікування було розраховано

$$\bar{t}_i = \frac{(t_{\max i} + t_{\min i})}{2} \quad (1)$$

Враховуючи те, що для одновершинних розподілів середньоквадратичне відхилення приблизно дорівнює 1/6 інтервалу, на якому розглядається розподіл [8,9], дана оцінка розраховується як:

$$\sigma_i \approx \frac{t_{i \max} - t_{i \min}}{6} \quad (2)$$

Використавши отримані результати, були розраховані [9] основні параметри мережевої моделі.

Для визначення критичного шляху імітаційної моделі були розраховані значення математичного очікування (3) та дисперсії (4) критичного шляху.

$$\bar{t}(L_{\text{кр}}) = \sum \bar{t}_{i \text{кр}} = 921,5 \text{ с}, \quad (3)$$

де $\bar{t}_{i \text{кр}}$ – математичне очікування i -ї операції критичного шляху, с.

$$\sigma^2(L_{\text{кр}}) = \sum \sigma_i^2 = 5600 \text{ с}^2, \quad (4)$$

де σ_i^2 - дисперсія i -ї операції критичного шляху.

Тоді середньоквадратичне відхилення критичного шляху буде дорівнюватися $\sigma(L_{\text{кр}}) = 74,8 \text{ с}$.

Критичним в імітаційній моделі рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1 є шлях дій другого та третього номера, які фактично всі дії виконують разом, тобто на них буде найбільша затримка часу. Тому для підвищення ефективності розглянутого процесу необхідно другим та третім номером ставити рятувальників, які пройшли курси з висотної підготовки та ефективно вміють працювати з рятувальними мотузками та висотно-рятувальним обладнанням.

Висновки:

- запропонована імітаційна модель рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1 повністю відображає даний процес;

- проведені дослідження критичного шляху та інших параметрів моделі дозволили надати рекомендації по підвищенню ефективності рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1;

- перспективним напрямком подальших досліджень є розробка нормативів для рятування постраждалого з третього поверху з використанням похилої переправи за допомогою НРВ-1 та дослідження цього процесу вже з їх використанням.

Література

1. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс. : за станом на 01 липня 2013 р. – К : Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2013. – 82 с. – (Бібліотека офіційних видань).
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2015 році / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Офіц. вид. К.: ДСНС України, 2016. 365 с.
3. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби МНС України : Наказ МНС України № 1342 від 16 грудня 2011р. : М-во надзв. сит. України, 2011. – 56 с. – (Нормативний документ МНС України. Настанова).
4. Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту : Наказ МНС України № 575 від 13 березня 2012 р. : М-во надзв. сит. України, 2012. – 178 с. – (Нормативний документ МНС України. Статут).
5. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України : Наказ МНС України № 312 від 7 травня 2007 р. : М-во надзв. сит. України, 2007. – 248 с. – (Нормативний документ МНС України. Правила)
6. Ковалев П.А. Обоснование способов совершенствования деятельности газодимозащитников: Дис. канд. техн. наук: 21.06.02 / Ковалев Павел Анатольевич. – Х., 1997. –153 с.
7. Бородич П.Ю. Імітаційне моделювання рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних / П.Ю. Бородич, Р.В. Пономаренко, П.А. Ковальов // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. – вип. 22. – Харків: НУЦЗУ, 2015. с 8-13.
8. <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol22/Borodich.pdf>
9. Стрелец В.М. Экспертные оценки профессионально важных качеств пожарных / В.М. Стрелец, Д.Ю.Каскевич // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. Вып.5. – Харьков: ХИПБ, 1999. – С.183-185.
10. Экспертные системы: состояние и перспективы: Сб. науч. тр. // АН СССР, Ин-т проблем передачи информации: Отв. ред. Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 1989.- 152 с.

УДК 504.05: 628.1

Гаєвський В.Р., Филипчук В.Л.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна;

Гаєвська С.Г.

Рівненський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, м. Рівне, Україна

ВПЛИВ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ ВОДИ ТЕС НА ВИКИДИ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН

На даний час, на ТЕС контролюються фізико-хімічні параметри охолоджувальної води, що стосуються визначення здатності її до процесів відкладення малорозчинних солей або до корозії, але не контролюється такий важливий теплофізичний параметр, як коефіцієнт теплопровідності охолоджувальної оборотної води. У роботі виконана теоретична оцінка впливу коефіцієнта теплопровідності на процес теплопередачі у конденсаторі парової турбіни і показано, що зменшення коефіцієнта теплопровідності у межах 8-11 % зменшує ефективність роботи конденсатора і збільшує кількість шкідливих викидів від спалювання палива на 1 %.

Ключові слова: *електростанції, теплопередача, охолоджувальна вода, коефіцієнт теплопровідності, викиди шкідливих речовин.*

INFLUENCE OF THE THERMAL CONDUCTIVITY COEFFICIENT OF THE COOLING WATER OF TPP ON UNHEALTHY SUBSTANCE EMISSIONS

Currently, TPPs control the physicochemical parameters of the cooling water to determine its propensity to the processes of deposition of poorly soluble salts or corrosion, but such an important thermophysical parameter as the thermal conductivity of the cooling circulating water is not controlled. In this paper, a theoretical assessment of the effect of the thermal conductivity coefficient on the heat transfer process in the condenser of a steam turbine is carried out and it is shown that a decrease in the thermal conductivity coefficient within 8-11 % reduces the efficiency of the condenser and increases the amount of harmful emissions from fuel combustion by 1 %.

Keywords: *power plants, heat transfer, cooling water, thermal conductivity coefficient, emissions of harmful substances.*

Вступ. Якість теплоносія суттєво впливає на чистоту теплообмінних поверхонь і ефективність роботи конденсаторів парових турбін ТЕС, що в свою чергу впливає на забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами від спалювання палива [1]. На даний час контролюється багато фізико-хімічних параметрів охолоджувальної води і в основному такий контроль визначає здатність охолоджувальної води до процесів відкладення малорозчинних солей або до корозії. Необхідно відмітити, що такий контроль є недостатнім і, наприклад, такий важливий теплофізичний параметр, як коефіцієнт теплопровідності оборотної води впливає на процес теплообміну, а отже і на ефективність роботи ТЕС та кількість викидів шкідливих речовин. Коефіцієнт теплопровідності для теплофізичних розрахунків наведений у довідниках для чистої води [2] але, оскільки склад оборотних вод може бути дуже різноманітний, то для таких вод розрахувати коефіцієнт теплопровідності теоретично практично неможливо. У цих випадках необхідно використовувати і розробляти нові прилади та методики для його визначення і контролю [3] і, звичайно, необхідно знати теоретичний вплив коефіцієнта теплопровідності на загальний процес теплообміну, що є важливим чинником для організації ефективної роботи ТЕС і що без сумніву сприятиме зменшенню кількості шкідливих викидів, пов'язаних із спалюванням палива.

Метою роботи є теоретичне визначення впливу коефіцієнта теплопровідності охолоджувальної води на викиди шкідливих речовин.

Результати досліджень.

Коефіцієнт теплопровідності охолоджувальної води визначається основним рівнянням роботи конденсатора парової турбіни:

$$t_{\text{н}} = t_{\text{вх}} + \Delta t_{\text{в}} + \delta t, \quad (1)$$

де $t_{\text{вх}}$ – температура охолоджувальної води на вході у конденсатор, що власне і визначає ефективність роботи конденсатора; $\Delta t_{\text{в}} = t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}$ – нагрів охолоджувальної води у конденсаторі; $t_{\text{вих}}$ – температура охолоджувальної води на виході з конденсатора; δt – недогрів до температури насичення.

Недогрів розраховується за формулою:

$$\delta t = \frac{\Delta t}{\exp\left(\frac{KF}{G_e c_p}\right) - 1}, \quad (2)$$

де K – загальний коефіцієнт теплопередачі в конденсаторі; F – площа поверхні теплообміну конденсатора; G_e – витрата охолоджувальної води через конденсатор; c_p – питома теплоємність води при постійному тиску.

У рівнянні (2) коефіцієнт теплопередачі K (Вт/(м²·К) буде:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{пс}}} + \frac{\delta_{\text{зз}}}{\lambda_{\text{зз}}} + \frac{\delta_{\text{с}}}{\lambda_{\text{с}}} + \frac{\delta_{\text{вз}}}{\lambda_{\text{вз}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{св}}}}, \quad (3)$$

де $\alpha_{\text{пс}}$, $\alpha_{\text{св}}$ – коефіцієнти тепловіддачі пара – стінка та стінка - вода відповідно, Вт/(м²·К); $\delta_{\text{зз}}$, $\delta_{\text{вз}}$, $\delta_{\text{с}}$, – товщина зовнішнього, внутрішнього шару забруднень та стінки теплообмінника відповідно, м; $\lambda_{\text{зз}}$, $\lambda_{\text{вз}}$, $\lambda_{\text{с}}$ – коефіцієнти теплопровідності зовнішнього, внутрішнього шару забруднень та стінки теплообмінника відповідно, Вт/(м·К).

Величину $\alpha_{\text{св}}$ розраховують за рівнянням [4]

$$\alpha_{\text{св}} = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{Re}_B^{0,8} \text{Pr}_B^{0,4} \frac{\lambda_B}{d_{\text{вн}}}, \quad (4)$$

де Pr_B – число Прандтля по водяній стороні теплообмінника, Re_B – число Рейнольдса по водяній стороні теплообмінника, яке визначається за формулою:

$$\text{Re} = \frac{W_B d_{\text{вн}}}{\nu_B}, \quad (5)$$

де W_B – швидкість охолоджувальної води в трубках конденсатора, м/с; $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, м; ν_B – коефіцієнт кінематичної в'язкості води, м²/с; λ_B – коефіцієнт теплопровідності води, Вт/(м·К).

Із (2)–(5), враховучи, що $\Delta t = 580 \cdot (D_n / G_B)$, де D_n – витрата пари, температура насичення t_n буде визначатись за формулою:

$$t_n = t_{\text{вх}} + 580 \cdot \frac{D_n}{G_B} \cdot \left\{ 1 + \left[\exp \left(\left(\frac{1}{\frac{1}{A} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{B} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \right) \cdot \frac{F}{G_B \cdot c_p} \right) - 1 \right]^{-1} \right\}, \quad (6)$$

де

$$A = 27,015 \cdot \left(\frac{\lambda_{\text{ПК}} \rho_{\text{ПК}}^{0,2}}{\eta_{\text{ПК}}^{0,14} \rho_{\text{П}}^{0,08}} \right) \cdot \left(\frac{F^{0,14} D_{\text{П}}^{0,02}}{S^{0,16} d_3^{0,8}} \right), \quad B = 4,86 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\text{Pr}_B^{0,4} \cdot \lambda_B \right) \cdot \left(\frac{G_B}{n \cdot d_B^{2,25}} \right)^{0,8}$$

За (6) визначимо залежність $t_{\text{н}}$ від коефіцієнта теплопередачі теплоносія ($\lambda_{\text{в}}$). Підставляючи у (6) для турбіни К-500-240-2 і конденсатора К-11520-2 значення теплофізичних величин, [2]: $\lambda_{\text{с}}=130 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, $\text{Pr}_B=6,889$, $\nu_B=0,793 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $\rho_B=998,13 \text{ кг}/\text{м}^3$, $c_p=4,185 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; та технологічних величин [2]: $F=2,304 \cdot 10^4 \text{ м}^2$, $D_{\text{П}}=959,5 \text{ т}/\text{год}$, $G_B=51480 \text{ м}^3/\text{год}$, $n=29500$, $\delta_{\text{с}}=1,0 \text{ мм}$, а також $\alpha_{\text{ПК}}=8816 \text{ (м}^2\cdot\text{К)}/\text{Вт}$, $t_{\text{вх}}=15,0^\circ\text{C}$ визначаємо залежність $t_{\text{н}}$ від $\lambda_{\text{в}}$ та залежність відносної зміни температури насиченої пари – $\varepsilon_{\text{тн}}$ від відносної зміни $\lambda_{\text{в}}$ – $\varepsilon_{\lambda_{\text{в}}}$, що показані на рис. 1а і 1б відповідно.

Із рис. 1 видно, що при зміні якості оборотних вод від чистих водних систем ($\lambda=0.6 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) до забруднених замазучених стоків, що підживлюють охолоджувальні води ($\lambda=0.2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$), температура насиченої пари може змінюватись на 50 % (рис. 1 а). Із рис. 1 б також видно, що при зменшення $\lambda_{\text{в}}$ на 8-11 % $t_{\text{н}}$ збільшиться на 1 %.

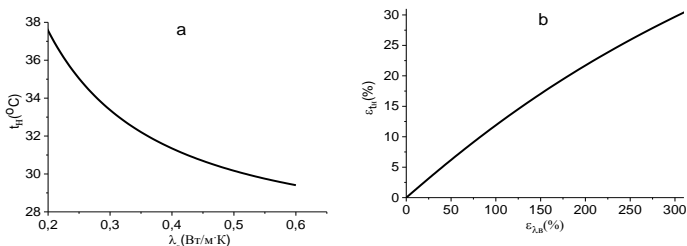


Рис. 1 – Залежність температури насиченої пари ($t_{\text{н}}$) від значення коефіцієнта теплопровідності охолоджувальної води $\lambda_{\text{в}}$ (а) та залежність відносної зміни температури насиченої пари $\varepsilon_{\text{тн}}$ від відносної зміни коефіцієнта теплопровідності охолоджувальної води $\varepsilon_{\lambda_{\text{в}}}$ (б).

Висновки. Встановлено, що зменшення коефіцієнта теплопровідності у межах 8–11 % дає зменшення ефективності роботи конденсатора і збільшення кількості шкідливих викидів на 1 %, що необхідно враховувати для удосконалення охорони праці і безпеки життєдіяльності.

Література

1. Бондар О.І., Гаєвський В.Р., Кочмарський В.З., Филипчук В.Л. Вплив ефективності роботи оборотних систем охолодження ТЕС на величину викидів діоксиду азоту. *Науково-практичний журнал "Екологічні науки"*. Випуск 6 (39). 2021. С. 7 - 11.
2. Ривкин С. Л., Александров А. А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. Москва: Энергия, 1980. 424 с.
3. Гаєвський В.Р., Филипчук В.Л. Гаєвська С.Г. Вплив коефіцієнта теплопровідності охолоджувальної води на ефективність роботи конденсаторів парових турбін. *Перспективні технології та прилади*. Луцьк, 2022. Вип. №20, С.17 - 22.
4. Frank P. Incropera. Fundamentals of heat and mass transfer. / Frank P. Incropera, David P. Dewitt, Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine — 6th ed. Hardcover, 2006. 1024 P.

УДК 331.434:628.98

Журбенко В.М., Бєліков А.С.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Україна

ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ВИСОКОЇ ЗОРОВОЇ ТОЧНОСТІ

***Анотація.** Однією з найважливіших умов безпечної праці є створення оптимальних, з урахуванням зорового аналізатора, умов виконання робіт. У дослідженні розглянуто шляхи підвищення безпеки зорових робіт високої точності.*

WAYS OF ENSURING LABOR PROTECTION WHILE PERFORMING HIGH VISUAL ACCURACY WORK

***Abstract.** Creation of optimal working conditions, which is taking into account the visual analyzer, is one of the most important conditions for working safety. The research examines ways to improve the safety of high visual accuracy work.*

В процесі праці і загалом всього життя, людина отримує від 65% до 90% інформації за допомогою зорового аналізатора.

Невідповідність візуальних характеристик середовища функціональному стану робітника призводить до порушень здоров'я та травматизму, які викликаються як невірною візуальною оцінкою стану системи, так і систематичною перевагою зорового аналізатору. Згідно з оцінками гігієністів [1], невідповідність умов світлового середовища фізіологічним та психологічним нормам призводить до:

- зростання ризику травм на робочому місці внаслідок неправильної візуальної оцінки стану системи робітниками (падіння, пошкодження частинами машин, що рухаються, тощо);

- зростання ризику розвитку хвороб ока (атрофії зорового нерва, зорового ністагма, міопій, мігрень), особливо у робітників старших за 50 років;

- зростання кількості захворювань опорно-рухового апарату внаслідок порушення фізіологічно правильної пози при роботі;

- зростання кількості захворювань нервової системи та втрат мобільності та працездатності;

- порушення фізіологічної діяльності організму внаслідок підвищення рівня напруженості праці та необхідності постійно додатково зосереджувати увагу.

Нестача або неправильний розподіл світла знижує продуктивність праці, викликає втоми очей, провокує захворювання зору, підвищує рівень травматизму.

Умови праці на кожному робочому місці формуються чинниками виробничого середовища та трудового процесу [2]. Згідно проведеного аналізу змісту роботи працівників визначено, що у зв'язку зі зміною технологій та автоматизацією технологічних процесів у виробництві різних галузей постійно збільшується частка працівників, праця яких пов'язана із систематичними та довготривалими зоровими навантаженнями з категоріями зорового навантаження «висока», «дуже висока» та «найвища».

Результати **аналізу останніх досліджень і публікацій** в області гігієни і психології праці відомих вчених, таких як, Ван ден Бельд, Берсон Д. М., Бреїнад Г. С., Ронкі Л. Р. [5], Іоффе К. І., Гвозденко Л. А., доводять доцільність використання на робочих місцях, в першу чергу, природного освітлення, яке діє як сприятливий фактор на функціональний стан людини. Визначено, що кількість природного освітлення, яке отримує конкретне робоче місце буде залежати від географічної широти, де розміщено підприємство, орієнтації будівлі по сторонам світу, конфігурації та розміру світлових отворів, відстані від фасаду будівлі до інших об'єктів, їх поверховості та розмірів, пори року, метеорологічних умов та часу, конфігурації самого приміщення та розміщення робочого місця. Кількість та склад природного світла також залежатиме від архітектурно-планувальних рішень будинків і споруд, співвідношення площин рам та скла, хімічного складу скла, його запиленості. Аналіз показує, що для забезпечення оптимальних умов світлового середовища в робочий час необхідна розробка системи штучного освітлення, яке ефективно доповнює природне або на деякий час повністю його заміняє.

Метою дослідження є оцінка умов робіт високої зорової точності за показниками світлового середовища.

Система зорового аналізатору людини являє собою складну систему, яка гнучко адаптується до змін освітленості, необхідності розрізняти дуже малі або дуже віддалені об'єкти, дозволяє швидко

розпізнавати та запам'ятовувати великі обсяги невербальної інформації.

В умовах завеликого контрасту освітленості між робочим полем та освітленням приміщення око людини постійно акомодується до зміни умов, що підвищує напруженість праці і підвищує ризик розвитку хвороб ока. Також шкідливими є пряме засліплення від джерел освітлення або занадто блискучих поверхонь. Швидкому та коректному розрізненню об'єктів буде заважати їх малий розмір, недостатнє освітлення, замала контрастність між об'єктами та фоном, оптичні ілюзії.

Згідно ДБН В.2.5.-28-2018 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення" [3] розділяє зорові роботи за класами у відповідності з найменшим розміром об'єкта, який потрібно розрізнити робітнику. При цьому об'єкти, які сприймаються, враховується як винятково статичні та такі, що не мерехтять.

Визначено, що не враховується можливий варіант сприйняття об'єктів із електронного дисплея та особливості підвищеного навантаження на акомодційну систему ока під час послідовної взаємодії із зображенням на моніторі та статичним зображенням. Також в Україні не впроваджені стандарти ISO серії 9241 «Ергономіка взаємодії людини та машини» [4], які враховують гігієнічні вимоги до візуальних характеристик зображення дисплеїв та освітлення робочих місць, у яких вони розміщені. У рекомендаціях ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця» (EN 12464-1:2011, IDT) встановлено критерій зорової працездатності працівника середньостатистичного віку для визначення рівня освітленості, а також наведено облік показників зорових завдань і офтальмологічних можливостей людини.

Контраст між об'єктом розрізнення і умовним «фоном» визначає підрозряд зорової роботи. При цьому розрахунок характеристики відбиття фону буде залежати від середньої арифметичної коефіцієнту відбиття усіх поверхонь, що знаходяться у полі зору.

Основними вимогами, що ставляться до сучасного освітлення є наступні: забезпечення найкращих умов зорової роботи, керування освітленням безпосередньо із робочого місця, енергоефективність, енергозбереження протягом усього періоду експлуатації, мінімізація шкоди навколишньому середовищу.

У виборі штучних джерел освітлення до уваги приймаються показники, головними з яких є світловий потік, передача кольорів, розподіл яскравості. Кожен цих показників має чіткі цифрові значення, так, в ДБН В. 2.5–28–2018 нормується показник осліпленості P , коефіцієнт пульсації K_n , %, індекс кольоропередачі R_a .

Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору, пульсація світла, зміна кольорів освітлюваних предметів викликають втому зору і загальну втомлюваність; надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору; світлові відблиски – тимчасове засліплення; брудні вікна і світильники знижують освітленість. Лампи, що сліплять, блиск від них або різка тінь можуть викликати повну втрату орієнтації працюючого. Усі ці обставини є потенційними чинниками ризику настання нещасних випадків або виникнення професійних захворювань [5, 6, 7]. Отже, раціональне освітлення виробничих приміщень і робочих місць є одним із найважливіших заходів виробничої санітарії та забезпечення безпеки технології процесів.

Висновки

1. На основі аналізу травматизму та профзахворювань встановлено, що підвищення ролі автоматизації та комп'ютеризації технологічних процесів в Україні і світі останніми роками викликало розширення групи набутих хвороб, пов'язаних виконанням робіт високої точності, що вимагають значного напруження зорового аналізатора.

2. На основі аналізу досліджень в області гігієни і психології праці, встановлено, що зміни показників безпеки та працеспроможності і функціонального стану людини залежать від джерела світла, колірної температури, рівня освітленості, візуальних характеристик оздоблення приміщення.

3. В напрямку забезпечення безпечних та здорових умов праці, підтримання працездатності та функціональних можливостей, профілактики небезпечних випадків та професійних захворювань необхідно при оцінюванні ризику враховувати вплив візуального (світлоколірного) середовища та оздоблення приміщень та категорію зорової точності робіт, що проводяться.

4. Для забезпечення оптимальних умов праці за фактором візуального (світлоколірного) середовища необхідно провести систематизацію по визначенню методологічних підходів при

дослідженні напруженості трудового процесу з урахуванням впровадження сучасних систем освітлення та візуальної оптимізації робочих приміщень.

Література

1. Всесвітня Організація праці [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.ilo.org/>.
2. ДСНтаП Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [Чинний від 2014-04-08]. Вид. офіц. Київ: затверджений Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 248, 2014. 33 с.
3. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. – Мін. буд. України: Київ, 2018. – 137 с.
4. ISO 9241-306:2008 "Ergonomics of human-system interaction".
5. Ронки Л. Р. О ежедневной изменчивости зрительных функциональных возможностей. Светотехника – Москва, 2009. No 6. С. 21-27.
6. Беліков А.С., Журбенко В. М. Напрямки досліджень по підвищенню комфортності світлового середовища // Вісті Донецького гірничого інституту №1 (50), 2022. – с. 7-15 DOI: <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-1-7-15>.
7. Беліков А. С., Саньков П. М. , Журбенко В. М. Шляхи підвищення ефективності використання методу візуалізації у виробничому середовищі // Збірник доповідей XIII Міжнародної науково-методичної конференції та 147 Міжнародної наукової конференції Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних умовах», 2 – 3 грудня 2021р., НТУ «ХП». – Х.: ФОП Панов А.М., 2021. – с. 24-26. ISBN 978-617-8113-11-7.
8. Кришталь В. С. Моделирование осветловальных установок зі світлодіодними джерелами світла : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.09.07 – світлотехніка та джерела світла / Кришталь Віра Сергіївна; Харків. Нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків, 2009. – 20 с.
9. Filin V. A. Problem of ecology of urban visual environment. Ecological complexity and sustainability // Abstract of EcoSummit 2007. May 22-27. 2007. Beijing. China. p. 88.
10. Wilkins A.J. Visual stress. New York: Oxford University Press. 1995. 194 p. Print ISBN-13: 9780198521747 Published to Oxford Scholarship Online: January 2008 DOI: 10.1093/acprof:oso/9780198521747.001.0001.

УДК 614.83

Кусковець С.Л., Шаталов О.С., Овсіюк В.О.

Національний університет водного господарства та природокористування

ЩОДО ПИТАННЯ ВИБУХІВ ПОБУТОВОГО ГАЗУ У ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ ТА ШЛЯХИ ЇХ ЗАПОБІГАННЯ

Проаналізовані параметри вибухонебезпечності природного газу та причини його вибуху в житлових будівлях. Встановлено, що не завжди при вибуху побутового газу в приміщеннях виникають пожежі, а лише за специфічних умов така подія є наслідком вибуху. Проведена оцінка рішень щодо профілактики вибуху газу в житлових будівлях із зазначенням актуальних проблем щодо їхньої реалізації.

THE ISSUE OF DOMESTIC GAS EXPLOSIONS IN RESIDENTIAL BUILDINGS AND WAYS TO PREVENT IT

This article analyzes the scope of the explosiveness of natural gas and the causes of its explosion in residential buildings. It has been established that fires do not always occur when household gas explodes in premises, but only under specific conditions such an event is a consequence of the explosion. An evaluation of the solutions for the prevention of gas explosions in residential buildings was carried out, indicating the actual problems related to their implementation.

Постановка проблеми. Щороку українці стають свідками страшних новин про вибухи побутового (балонного та мережевого) газу в житлових будинках, які призводять до обвалення несучих конструкцій під'їздів, загибелі людей у вогні чи під завалами. Відомості про аварії, що пов'язані з використанням побутового газу в Україні у 2016-2019 роках та наслідки від них наведено в таблиці 1 [1].

Таблиця 1. Аварії в Україні, що пов'язані з використанням побутового газу в Україні у 2016-2019 р.р.

Рік	Кількість аварій	Кількість загиблих осіб	Кількість осіб, що постраждали
2016	64	54	117
2017	54	52	114
2018	65	79	135
січень 2019	14	16	34

Спостерігається негативна тенденція щодо збільшення кількості аварій побутового газу та їхніх наслідків у вигляді загиблих і травмованих.

Аналіз досліджень та публікацій. Найбільша кількість випадків вибухів газу фіксується в побутових приміщеннях одноповерхових будівель та житлових будинків висотою до дев'яти поверхів включно.

Природний газ не має кольору, запаху та смаку і є вибухонебезпечним у межах від 5,28 до 14,1% від об'єму приміщення. Тиск вибуху газоповітряної суміші сягає $8,5 \text{ кг/см}^2$, а швидкість ударної хвилі коливається від 1,5 до 3,5 км/с, що є причиною руйнувань будівельних конструкцій. Оскільки природний газ майже вдвічі легший за повітря ($0,72 \text{ кг/м}^3$), то при витокі він накопичується у верхній частині приміщення, створюючи загрозу виникнення вибухонебезпечної ситуації.

Основними причинами аварій є: самовільне встановлення газових приладів з порушенням норм та правил; самовільне втручання в систему повітрообміну, зокрема встановлення герметичних пластикових вікон та дверей без додаткової вентиляції; встановлення газових водонагрівачів у приміщеннях, які не відповідають вимогам їх монтажу і експлуатації та інші причини [1].

Важливим моментом щодо запобігання аварій є правильність експлуатації користувачем побутового газового обладнання (відчинена квартира, чистий вентиляційний канал, правильно вибраний розмір кухонного посуду, висота решітки на плиті тощо).

З метою зменшення ризику виникнення вибухонебезпечних концентрацій застосовують припливно-витяжні системи природної і механічної вентиляції, а також системи контролю загазованості в приміщеннях. Для зниження надлишкового тиску під час вибуху в приміщеннях використовують запобіжні конструкції (ЗК): засклені віконні прорізи або легкоскидні конструкції (ЛСК), які при підвищенні тиску повинні руйнуватись.

Незважаючи на наявність діючих нормативних документів стосовно використання запобіжних заходів, вибухи природного газу у житлових будинках продовжують відбуватися.

Саме тому **метою роботи** є оцінка умов виникнення та розробка шляхів недопущення або зниження наслідків вибухів природного газу в житлових будинках.

Результати досліджень. Оцінка умов виникнення вибухів газової суміші і можливості подальшого розвитку пожежі.

Температура, яку набувають гази в наслідок вибуху, як правило, значно вища за температуру займання багатьох горючих матеріалів приміщення. Тому, зазвичай, прийнято вважати, що у переважній більшості вибухи газу супроводжуються подальшим розвитком пожежі. Разом з тим, інформаційні джерела, відео- та фотоматеріали засобів масової інформації свідчать про те, що випадки вибуху газу не завжди супроводжуються пожежами, а лише руйнуваннями будівель.

Руйнівна сила газового вибуху являє собою небезпечний фактор, але вибух з наступною за ним пожежею, робить ситуацію ще небезпечнішою. Такий фактор безпеки формується на межі специфічних умов утворення газового вибуху та процесів виникнення пожежі, які суттєво відрізняються від прийнятих класичних [2].

В механізмі виникнення вибуху виділяють наступні послідовні етапи, які характеризують контакт горючої системи: з початковою газовою сумішшю (1-й етап), з фронтом полум'я (2-й етап), з продуктами горіння (3-й етап), з зовнішнім повітрям (4-й етап) [2].

Перший етап характеризується наявністю окисника та горючих матеріалів але відсутністю достатньої температури як джерела запалювання. Другий етап характеризується наявністю температури та окисника, але об'єму останнього недостатньо, оскільки це залишки від згоряння газу, а цього недостатньо для займання твердої горючої системи. Третій етап характеризується наявністю температури і відсутністю окисника. Четвертий етап характеризується наявністю окисника і створенням умов для можливого займання нагрітих горючих матеріалів.

Отже, умови займання горючих матеріалів помешкання при газових вибухах суттєво різняться, тому питання про можливість чи неможливість їхнього займання під час вибуху залишається відкритим.

Для утворення значних руйнувань житлових будівель цілком достатньо мати незначний об'єм газу у вибухонебезпечному стані. Рівні вибухових навантажень суттєво залежать від багатьох факторів: об'ємно-планувального рішення приміщення, сценарію протікання аварійного вибуху, характеру скління вікон всього приміщення, стану дверей у момент вибуху (міжкімнатні двері відкриті або закриті), місця ініціювання суміші тощо.

Оцінка рішень щодо недопущення руйнувань житлових будинків при вибухах газу.

1. *Противибухові рішення.* При проектуванні житлових будинків, питання їхньої вибухостійкості не розглядається, оскільки вони не відносяться до категорії вибухонебезпечних об'єктів. При цьому площа віконних прорізів з дерев'яними рамами та склом, які при аварійному вибуху виконують роль скидних конструкцій, визначається з норм освітленості житлових приміщень [3]. Стандартні віконні склопакети, якими насичений ринок, не завжди можуть виконувати роль легко скидних конструкцій, оскільки їх руйнування відбувається при більших значеннях надлишкового тиску вибуху газу. Отже, використання склопакетів у приміщеннях, де можлива загазованість, становить певну небезпеку.

2. *Ліквідування нещільностей у системі газопостачання, несправностей газових приладів.* Відомо, що для утворення вибуху газоповітряної суміші, концентрація горючої компоненти в приміщенні повинна знаходитися між нижньою і верхньою межами займистості. Такий об'єм газу може виникнути в приміщенні через недбалість користувача або через порушення герметичності з'єднань.

Перший варіант може бути вирішений шляхом встановлення сучасних газових плит з функцією газ-контроль, яка дозволяє припиняти подачу газу при загашеному полум'ї. Але не всі мешканці можуть дозволити собі придбання плит таких моделей. Тому випадки витоку газу з вини власників помешкань залишаються актуальними.

Другий варіант витоку можливий в будь-якому помешканні, де не проводиться щорічне технічне обслуговування внутрішньобудинкового чи внутрішньоквартирного газового обладнання [4; 5], якими передбачено як перевірку герметичності з'єднань так і працездатності газових приладів.

3. *Відновлення контролю за системами вентиляції.* Ймовірність вибуху значно зростає при погіршенні якості вентиляції, в наслідок чого існує можливість формування вибухонебезпечної суміші навіть при незначному витоку газу. Разом з тим, однією з причин газових вибухів фахівці вважають ліквідацію спеціалізованих служб, що займалися перевітками вентиляційних систем у помешканнях [6]. Отже, основною задачею щодо забезпечення вибухобезпеки газифікованих будівель є належне утримання вентиляційних каналів і контроль за відсутністю порушень в роботі природної вентиляції [3; 4].

4. Система газ-контроль, що встановлюється в приміщеннях, забезпечує безпеку не в повній мірі, оскільки не здатна попередити витік газу в місцях з'єднання газопроводу і газових приладів. Для цього існують системи контролю загазованості приміщення з автоматичним відключенням подачі газу. Обов'язковість їхнього застосування в житлових будинках і приміщеннях квартир регламентована [4; 7; 8].

В приватних житлових будинках та новобудовах багатоповерхівок, такі системи можуть бути виконані силами власника чи забудовника відповідно, а в побудованих будинках попередніх років, тяжби з таким обладнанням ляжуть на їхніх власників чи ОСББ. Включення монтажу систем контролю загазованості приміщень в перелік робіт також вимагає додаткового фінансування.

Отже, проблема забезпечення газової безпеки шляхом створення в житловому фонді систем контролю газу ближнім часом залишиться не вирішеною, хоча певні кроки для цього робляться.

5. Проведення роз'яснювальної роботи серед мешканців. Оскільки газифікація приватних житлових будинків і новобудов багатоповерхівок висотою до 28 м буде постійно продовжуватись, це сприятиме необхідності підвищення відповідальності громадян і посилення контролю з боку відповідних організацій за правильною експлуатацією газового обладнання, що відповідає вимогам сучасних нормативних документів [4; 5].

Таким чином, встановлено, що при газових вибухах в побутових приміщеннях пожежі виникають не завжди.

Постійна нестача фінансування з питань газової безпеки, в кінцевому випадку призводить до надзвичайної ситуації, а тоді держава віднаходить резерви для забезпечення мільйонних виплат на відновлення зруйнованих будівель, надання допомоги потерпілим тощо. А чи не простіше і дешевше знайти шляхи і способи забезпечення вибухопожежонебезпеки газового господарства, таких як, в першу чергу, проведення роз'яснювальної роботи серед мешканців, профілактика вентиляційної системи житлових будинків, застосування систем газ-контролю, склопакетів з вентиляційними клапанами тощо.

Література

1. Вибух на Позняках в Києві: скільки аварій через побутовий газ сталося в Україні. Слово і діло. Аналітичний портал : веб сайт. URL: <http://surl.li/deufr> (дата звернення 30.09.2022).
2. Кусковець С. Л., Шаталов О. С., Турченко В. О. Основи теорії горіння та вибуху : Навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2012. 374 с.
3. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. [На заміну ДБН В.2.2-15-2005, ДБН В.3.2-2-2009, чинний від 2019-12-01]. Київ, 2019. 42 с.
4. НПАОП 0.00-1.76-15. Правила безпеки систем газопостачання. К.: Міненерговугілля України, 2015. 67 с.
5. Кодекс газорозподільних систем : постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 30.09.2015 № 2494. URL: <http://surl.li/dfyke> (дата звернення 30.09.2022).
6. Газові вибухи в Україні – ознака однієї з найстаріших в світі газових мереж. Укрінформ : веб сайт. URL: <http://surl.li/dfyjn> (дата звернення 30.09.2022).
7. ДБН В.2.5-20:2018. Газопостачання. [На заміну ДБН В.2.5-20-2001, чинний від 2019-07-01]. Київ, 2019. 115 с.
8. ДСТУ EN 50194:2009 (EN 50194:2000, IDT). Сигналізатори горючих газів для житлових споруд електричні. Технічні вимоги та методи випробування. [Чинний від 2011-01-01]. Київ, 2012. 115 с.

УДК 614.849

Романішина О.В., Руснак Д.В.
Хмельницький національний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ НАПРЯМІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

***Анотація:** Проблема боротьби з пожежами в Україні стає все більш актуальною. Пожежі та їх наслідки завдають значної шкоди економіці. Пожежа супроводжується знищенням матеріальних цінностей, створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу. Щорічні матеріальні втрати і число жертв від пожеж в Україні невпинно ростуть і досягають таких значних величин, що протипожежний захист набуває важливого державного значення. Метою даної роботи є аналіз існуючого стану пожежної безпеки та пропозиції напрямів удосконалення процесу забезпечення пожежної безпеки.*

IMPROVEMENT OF FIRE SAFETY PROVISIONS

***Annotation:** The problem of fighting fires in Ukraine is becoming more and more urgent. Fires and their consequences cause significant damage to the economy. A fire is accompanied by the destruction of material values, creates a threat to the life and health of people, and the environment. Annual material losses and the number of victims from fires in Ukraine are constantly growing and reach such significant values that fire protection acquires important national importance. The purpose of this work is to analyze the current state of fire safety and propose ways to improve the process of ensuring fire safety.*

Проблема боротьби з пожежами в Україні стає все більш актуальною. Пожежі та їх наслідки завдають значної шкоди економіці. Пожежа супроводжується знищенням матеріальних цінностей, створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу.

Щорічні матеріальні втрати і число жертв від пожеж в Україні невпинно ростуть і досягають таких значних величин, що протипожежний захист набуває важливого державного значення. Особливо гострою ця проблема є на промислових підприємствах, підприємствах торгівлі, новобудовах, об'єктах з масовим перебування людей та ін., для яких характерні перебування значної кількості людей, величезні виробничі приміщення, концентрація великої кількості горючих матеріалів,

використання пожежонебезпечних матеріалів, а також висока ймовірність виникнення вибухонебезпечних пожежних середовищ.

Метою даної роботи є аналіз існуючого стану пожежної безпеки та пропозиції напрямів удосконалення процесу забезпечення пожежної безпеки.

Досягнення поставленої мети у роботі передбачається у процесі вирішення наступних завдань:

- аналіз причин виникнення пожеж;
- вивчення сучасного стану процесу забезпечення пожежної безпеки;
- знаходження та пропозиції застосування перспективних напрямків;
- зменшення можливості та небезпеки виникнення пожеж у громадських будівлях.

Загальні дані про причини пожеж у Хмельницькій області за I квартал 2022 року показали, що найбільш поширеними причинами виникнення пожеж залишаються (рисунк 1.):

- порушення правил пожежної безпеки при експлуатації печей (117 випадків) – 43,5% від загальної кількості;
- необережне поводження з вогнем (68 випадків) – 25,3% від загальної кількості;
- порушення правил пожежної безпеки при улаштуванні та експлуатації електроустановок (51 випадок) – 18,9% від загальної кількості;
- підпали (9 випадків) – 3,3% від загальної кількості;
- пустощі дітей з вогнем (1 випадок) – 0,5% від загальної кількості;
- інші (23 випадки) – 8,5% від загальної кількості[1].

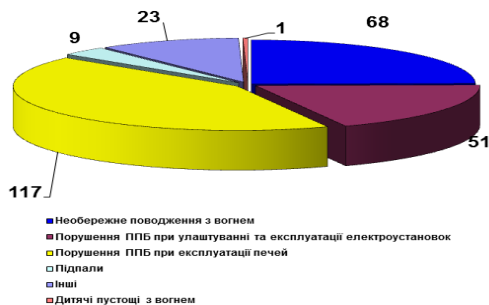


Рис. 1 – Причини виникнення пожеж у Хмельницькій області за I квартал 2022 року

Причинами пожеж, внаслідок яких найчастіше гинуть люди, залишаються: необережне поводження з вогнем – 12 випадків (48% від загальної кількості загиблих), порушення правил експлуатації печей – 10 випадків (40%), порушення правил експлуатації електроустановок – 3 випадки (12%).

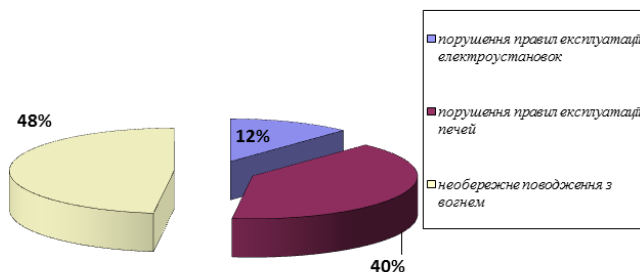


Рис. 2 – Відсоткова діаграма причин пожеж, в наслідок яких загинули люди

Відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні встановлено загальні вимоги з пожежної безпеки до будівель, споруд різного призначення та прилеглих до них територій, іншого нерухомого майна, обладнання, устаткування, що експлуатуються, будівельних майданчиків, а також під час проведення робіт з будівництва, реконструкції, реставрації, капітального ремонту, технічного переоснащення будівель та споруд [2].

В ході роботи було проведено аналіз роботи з пожежної безпеки на громадського призначення – підприємствах торгівлі та було встановлено, що працівники формально проходять до навчання та інструктажів з пожежної безпеки, деякі з них не знають, як поводити себе при виникненні пожеж під час роботи, системи пожежних сигналізацій є застарілими та можуть не спрацювати в потрібний час. Розташування первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників) та їх кількість не відповідає вимогам сьогодення.

Пожежна безпека об’єкта має виконувати завдань:

- мінімізувати ймовірність виникнення пожежі;
- забезпечувати пожежну безпеку людей;
- забезпечувати пожежну безпеку матеріальних цінностей [3].

Наказом Міністерства внутрішніх справ України від 28.10.2020 р. № 765 затверджено зміни до Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників, затверджених наказом МВС від 15.01.2018 р. № 25, відповідно до яких будинки адміністративного та побутового призначення і громадські будинки, на кожному поверсі повинні мати не менше ніж два переносні (порошкові, водопінні або водяні) вогнегасники з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше, а в разі площі поверху більше ніж 100 м² кількість вогнегасників визначається з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на кожні 10 м² площі підлоги. Крім того, слід передбачати по одному газовому (вуглекислотному) вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше.

Державний нагляд (контроль) - діяльність уповноважених законом центральних органів виконавчої влади, їх територіальних органів місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування (далі - органи державного нагляду (контролю)) в межах повноважень, передбачених законом, щодо виявлення та запобігання порушенням вимог законодавства суб'єктами господарювання зокрема з пожежної безпеки [4].

4 березня 2021 р. набули чинності зміни до Кодексу України про адміністративні правопорушення, унесені Законом від 03.02.2021 р. № 1187-IX, відповідно до яких суми штрафів в кількості неоподатковуваних мінімум доходів громадян за порушення вимог пожежної безпеки суттєво збільшено. Зокрема, суттєво збільшено штрафи за порушення вимог пожежної безпеки. Тож постійний та принциповий підхід до контролю за станом пожежної безпеки з боку державних органів нагляду, знаходження порушень та недотримання вимог призведе до сплат великих сум штрафів, що є не вигідним для підприємств та примусить роботодавців забезпечити ефективні заходи з пожежної безпеки.

На основі зібраних статистичних та аналітичних даних в роботі було запропоновано удосконалити напрями забезпечення пожежної безпеки:

1. Кожен об'єкт має створити власну систему забезпечення пожежної безпеки, яка складається із системи запобігання пожежі, системи протипожежного захисту та комплексу організаційно-технічних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зниження

можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для успішного гасіння пожеж.

2. Розробка, впровадження, вивчення та дотримання досконалих інструкцій з пожежної безпеки та інструкції-алгоритмів дій персоналу на випадок пожеж, вчасне та відповідальне проведення інструктажів з пожежної безпеки,

3. Постійний контроль з боку керівництва підприємства чи організації за дотриманням вимог правил та інструкцій, проходження працівниками навчання з пожежної безпеки призведуть до зменшення організаційних причин виникнення пожеж на підприємствах.

4. Здійснення належного посиленого контролю за дотриманням вимог з пожежної безпеки об'єктів виробничої та невиробничої сфер, будівель громадського призначення ДСНС, державними органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування та впровадження з 4 березня 2021 р. змін до Кодексу України про адміністративні правопорушення, відповідно до яких суми штрафів в кількості неоподатковуваних мінімум доходів громадян за порушення вимог пожежної безпеки суттєво збільшено, призведуть до розуміння та зацікавленості роботодавцями, посадовими спеціалістами та працівниками більш відповідального ставлення до виконання зазначених вимог.

Тільки комплексні заходи, а саме, правові, організаційні, технічні, з пожежної безпеки органами державної влади, підприємствами, організаціями, суб'єктами господарювання призведуть до зменшення кількості пожеж, забезпечать пожежну безпеку людей; навколишнього природного середовища та збереження матеріальних цінностей.

Література

1. Хамська Л.О. Статистичний щорічник Хмельницької області. Частина 2. – Хмельницький: 2021 – 2022. – 448 с.
2. Правила пожежної безпеки в Україні : правила : [затверджено Наказом Міністерства внутрішніх справ України 30.12.2014 р. : станом на 22.01.2021 р.] // Наказ Міністерства внутрішніх справ. – 2014 – № 1417.
3. Шурин І.А., Комарницький Я.О. Забезпечення пожежної безпеки на об'єктах різноманітного призначення. Методичні рекомендації. – Львів: 2020 р. – 57 с.
4. Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності: Закон України : [прийнято Верх. Радою 5.04.2007 р.: станом на 06.08.2022 р.] // Відомості Верховної Ради. – 2007. – № 29. – С. 389.

УДК 658.382

Третьяков О.В., Поташна К.С.

Національний авіаційний університет м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ У РОБОЧІЙ ЗОНІ ПРАЦІВНИКІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ НА ОСНОВІ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА

***Анотація.** В статті розглянуто питання щодо принципів, методів і критеріїв оцінки ризику для створення контрольованих умов, які мінімізують можливі наслідки дії шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища та трудового процесу працівників транспортної галузі. Запропоновано єдиний підхід до розрахунку виробничого ризику в залежності від параметрів робочого середовища з урахуванням часу перебування працюючих у зоні дії небезпечних факторів.*

DETERMINATION OF THE POTENTIAL DANGER IN THE WORKING ZONE OF THE RAILWAY WORKERS ON THE BASIS OF THE INTEGRAL INDEX

***Abstract.** The article deals with the principles, methods and criteria for risk assessment to create controlled conditions that minimize the possible consequences of the impact of harmful and dangerous factors of the production environment and the labor process of railway workers. The unified approach to calculation of industrial risk on the basis of dependence on parameters of working environment and taking into account time of stay of workers in an area of influence of dangerous factors is offered.*

Глобальна оцінка нещасних випадків зі смертельними наслідками, проведена МОП показує, що в світі щорічно на виробництві гине понад 300 000 чоловік [1]. В матеріалах Всесвітнього конгресу з охорони праці зазначається про те, що щорічна смертність у світі від «пов'язаних з роботою захворювань» становить 2,2 мільйона осіб. У 15 країнах Євросоюзу на їх частку припадає 120 тисяч смертей, що в 20 разів перевищує кількість смертельних нещасних випадків на виробництві. [2]. Тому поняття «пов'язані з роботою захворювання» ширше поняття «професійні захворювання» і включає в себе усі захворювання, причиною яких є трудова діяльність. Заявивши про свій намір приєднатися до Європейського Союзу, Україна взяла на себе

зобов'язання щодо приведення національного законодавства у відповідність з законодавством ЄС. При інтеграції в світове співтовариство, розробка і реалізація основних положень гармонізації принципів, методів і критеріїв оцінки ризику для здоров'я працівників у виробничих умовах з міжнародними підходами є необхідною умовою забезпечення соціально-економічного розвитку держави [3]. Для формування нової концепції безпеки в організаційно-технічних системах теоретичною основою може бути обраний закон Вебера-Фехнера [4].

Метою досліджень є розробка методичного забезпечення для визначення рівня небезпеки працівників у робочій зоні за умови врахування сумісної дії шкідливих факторів різних класів на основі інтегрального показника – виробничого ризику.

Оцінки ризику у робочій зоні за умов впливу факторів середовища найчастіше відбуваються із припущенням, що рівень забруднення є відомим [5]. Мається на увазі, що $P = I$: тобто, подія забруднення вже відбулась. В загальному випадку при забрудненні атмосферного повітря має місце існування певної функціональної залежності між рівнем забруднення, його відчуттям і ризиком, відповідно до закону Вебера-Фехнера:

$$r = 1/k \cdot \lg C/C_0, \quad (1)$$

де r – рівень ризику; C – концентрація шкідливих речовин в повітрі, мг/м³; k – коефіцієнт пропорційності; C_0 – найменша концентрація, при якій відчувається дія.

Беручи за основу нормативні показники, які необхідно визначати експериментально для кожної окремої речовини, реально встановити дві закріплені точки залежності (1). Якщо виконати заміну I/k на λ для спрощення перетворень, то вираз такого вигляду:

$$\begin{cases} 1 \cdot 10^{-6} = \lambda \cdot \lg \text{ГДК}_{\text{сд}}/C_0 \\ 0,5 = \lambda \cdot \lg \text{ЛК}_{50}/C_0 \\ r = \lambda \cdot \lg C/C_0. \end{cases} \quad (2)$$

Розв'язання системи рівнянь (2) для визначення концентрацій забруднюючих речовин, які перевищують $\text{ГДК}_{\text{сд}}$, в результаті матиме наступний вигляд:

$$\lambda = \frac{0,5 - 1 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{ЛК_{50}}{ГДК_{СД}}}, \quad (3)$$

Отже, проводимо розрахунки значення величини річного ризику для кожного фактора r_i , а потім обчислюємо величину інтегрального ризику:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - r_i), \quad (4)$$

Для урахування імовірності перебування працюючого у зоні дії i -го небезпечного фактору можна визначити імовірність наявності i -го небезпечного фактору в робочій зоні за наступною формулою:

$$P_{v_i} = P_i^v \cdot P_i^p, \quad (5)$$

де P_i^v – імовірність дії i -го небезпечного фактору; P_i^p – імовірність перебування працюючого у зоні дії i -го небезпечного фактору.

Визначаємо імовірність дії i -го небезпечного фактору та імовірність перебування працюючого у зоні його дії за формулами:

$$P_i^v = t_i^v / T_{CM} \quad \text{і} \quad P_i^p = t_i^p / T_{CM}, \quad (6)$$

де t_i^v – час дії i -го небезпечного фактору; t_i^p – час перебування працюючого у зоні дії i -го небезпечного фактору; T_{CM} – тривалість зміни.

За умов, коли є одночасна наявність 2, 3, ... n шкідливих факторів, імовірність їх дії можна визначити наступним чином:

$$\begin{aligned} P_v(2) &= P_{v_2} + P_{v_1} - P_{v_2} \cdot P_{v_1} \\ P_v(3) &= P_{v_3} + P_{v_2} - P_{v_3} \cdot P_{v_2} \\ P_v(n) &= P_{v_n} + P_{v_{n-1}} - P_{v_n} \cdot P_{v_{n-1}} \end{aligned} \quad (7)$$

У випадку, коли відома імовірність дії шкідливих факторів на працюючих, подальше визначення шкідливості виробничого процесу в цілому відбуватиметься таким чином:

$$P_{m}^0 = \frac{N_1 P_0(1) + N_2 P_0(2) + \dots + N_n P_0(n)}{N}, \quad (8)$$

де N_1, N_2, \dots, N_n – кількість працюючих, які підпадають під дію 1, 2, 3, ... n шкідливих факторів; $P_0(1), P_0(2), \dots, P_0(n)$ – імовірність дії на працюючих 1, 2, 3, ... n шкідливих факторів; N – загальна чисельність працюючих.

Наступним етапом буде визначення імовірності дії на працюючих j -го небезпечного фактору за формулою:

$$P_{b_j} = P_j^b \cdot P_j^p \cdot P_j^{nc}, \quad (9)$$

де P_j^b – імовірність наявності у робочій зоні j -го небезпечного фактору (речовини); P_j^p – імовірність перебування людини у зоні дії j -го небезпечного фактору(речовини); P_j^{nc} – вражаюча здатність j -го небезпечного фактору (речовини).

Отже, підставивши у формулу (9) вирази для P_j^b, P_j^p і P_j^{nc} , формула отримає наступний вигляд:

$$P_{b_j} = \frac{t_j^b \cdot t_j^p \cdot d_j}{T_{CM}^2 \cdot D_j}. \quad (10)$$

Для визначення загальної імовірності шкідливої дії m факторів використовуємо формулу:

$$P_b(m) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{b_j}). \quad (11)$$

Аналіз карт умов праці за результатами атестації робочих місць регіональної філії «Південна залізниця» ПАТ «Українська залізниця» був проведений на основі алгоритму перетворення параметрів середовища у показник виробничого ризику (табл. 1).

Методичне забезпечення, яке запропоновано для визначення рівня потенційної небезпеки у робочій зоні працівників транспортної галузі, враховує сумісну дію шкідливих факторів різних класів на основі інтегрального показнику. Такий підхід вирішує питання щодо вдосконалення системи медико-гігієнічного моніторингу. Впровадження інтегрального показника шкоди дозволить провести об'єктивну оцінку кількісної оцінки збитку здоров'ю людей, що наноситься шкідливими і небезпечними чинниками виробничого середовища.

Таблиця 1 – Розрахункові значення інтегрального виробничого ризику

Робоче місце, професія, цех (дільниця, відділ)	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Фактичне Значення/ (ГДК), (ГДР)	Потенційний ризик, r_i ,	Інтегральний ризик, R
Електрогазо зварник, (приміщення)	Шкідливі хімічні речовини (марганець)	0,31/0,2	0,02164	0,204081
	Пил фіброгенної дії (заліза оксид)	6,5/6	0,004434	
	Інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	223/140	0,182853	
Електрогазо зварник, (вулиця)	Шкідливі хімічні речовини (марганець)	0,33/0,2	0,024727	0,223607
	Пил фіброгенної дії (заліза оксид)	6,3/6	0,002703	
	Інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	234/140	0,201765	
Машиніст незнімної дрезини АГД	Шум, дБА	83/80	0,000609	0,000609
Коваль ручного кування	Шум, дБА	92/75	0,003373	0,326984
	Інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	320/140	0,324706	
Тракторист, механічні майстерні	Пил фіброгенної дії	4,3/4	0,003834	0,005402
	Шум, дБА	88/80	0,001574	
Машиніст залізнично-будівельної машини ПМГ	Шум, дБА	85/80	0,001001	0,001001

Література

1. Linn H.I., Amendola A.A. Occupational Safety Research: Overview. Encyclopedia of Occupational Safety and Health. International Labor Organization. Geneva, 2005. URL: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_116863.pdf (last access: 7.08.2020).

2. ILO Introductory Report: Decent Work - Safe Work. Geneva, International Labor Office, 2006. 56 p.

3. ISO 45001 Системи менеджменту охорони здоров'я і безпеки праці. Вимоги з застосування. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html> (дата звернення 3.08.2020).
4. Гогунский, В.Д., Руденко С.В., Урядникова И.В. Теория и практика оценки риска здоровью от воздействия факторов внешней среды. Безопасность жизни и деятельности людини – освіта, наука, практика : зб. наук. пр. X міжнар. наук.-метод. конф. Київ : Центр учбової літератури, 2011. С. 170—175.
5. Басиль Е.Е., Изотов С.А., Гогунский В.Д. Риск сокращения продолжительности жизни: рабочая зона. Труды Одесского политехнического университета. 1997. Вып. 2. С.133–135.

УДК 331.45:656.2(477)

Третьяков О.В., Сігнаєвський О.М.
Національний авіаційний університет м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ

***Анотація.** Мета статті – розробка алгоритму послідовного визначення рівня виробничого ризиків для робочих місць з допустимими умовами праці, для виробничих підрозділів з урахуванням робочих місць зі шкідливими умовами праці та промислового підприємства в цілому для підготовки до сертифікації виробництва за вимогами стандарту ДСТУ ISO 45001:2018.*

PRODUCTION RISK IDENTIFICATION AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISE TO PROVIDE OCCUPATIONAL SAFETY

***Abstract.** The purpose of the study is to develop an algorithm to identify the level of production risk step by step for the workplace with admissible working conditions, for production departments with harmful working conditions and for the manufacturing enterprise in general to the requirements of DSTU ISO 45001:2018 standard.*

При інтеграції в світове співтовариство, розробка і реалізація основних положень гармонізації принципів, методів і критеріїв оцінки ризику для здоров'я працівників з міжнародними підходами є необхідною умовою забезпечення соціально-економічного розвитку держави [1]. Прийнятий у провідних країнах світу ризик-орієнтований підхід до визначення рівня професійного і виробничого ризиків передбачає обов'язкове кількісне його оцінювання [2]. Крім того, результатом проведення внутрішнього аудиту з охорони праці підрозділів підприємства, передбаченого ст.13 Закону України «Про охорону праці» [3], повинна бути також кількісна оцінка рівня професійного і виробничого ризиків небезпеки працівників у робочій зоні зі шкідливими умовами праці, для виробничих підрозділів та підприємства в цілому. Саме такий підхід дозволить визначити пріоритетність заходів з охорони праці як для виробничих підрозділів і для підприємства в цілому, спрямованих на зниження рівнів професійних і виробничих ризиків.

Мета досліджень – розробка алгоритму послідовного визначення рівня професійного і виробничого ризиків для робочих місць, виробничих підрозділів та промислового підприємства в цілому.

Теоретичною базою щодо формування концепції безпеки в організаційно-технічних системах є аксіома про потенційну небезпеку, закон Вебера-Фехнера, принцип мінімуму Лібіха, закон толерантності Шелфорда, принцип Фармера [4]. Реалізація такого підходу для кількісної оцінки рівня професійного і виробничого ризиків небезпеки працівників у робочій зоні із урахуванням сумісної дії шкідливих факторів різних класів для робочих місць зі шкідливими умовами праці була розвинута і удосконалена в попередніх дослідженнях [5, 6] і показала надійні результати оцінки ризиків в різноманітних виробничих підприємствах. Вихідними даними для здійснення розрахунків рівня ризиків використовувались карти умов праці, оформлені за наслідками атестації робочих місць. Відмінність застосованого рівняння від класичного виразу для залежності Вебера-Фехнера полягає в тому, що воно містить вільний член 10^{-6} , який характеризує верхню границю допустимого ризику для кожного шкідливого і небезпечного фактору. При цьому враховується імовірність перебування працюючого у зоні дії i -го шкідливого фактору та імовірність наявності i -го шкідливого фактору в робочій зоні за наступною формулою:

$$P_{vi} = P_i^y P_i^p, \quad (1)$$

де P_i^y – імовірність дії i -го шкідливого фактору; P_i^p – імовірність перебування працюючого у зоні дії i -го шкідливого фактору.

Після розрахунків значень величини річного ризику для кожного шкідливого фактору на робочому місці r_i , обчислюють величину професійного інтегрального ризику:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n [(1 - r_i)] \quad (2)$$

Але у виробничому підрозділі (цеху) підприємства маються не тільки робочі місця зі шкідливими умовами праці, а і місця з допустимими умовами, для яких неможна апіорі вважати рівень виробничого ризику припустимим, оскільки він залежить від того наскільки у цеху виконуються усі вимоги чинних нормативних

документів з безпеки праці, в залежності від особливостей і специфіки виробництва. Для таких робочих місць пропонується, на виконання вимог ДСТУ ISO 45001:2018, визначати рівень виконання означених вимог, шляхом порівняння їх з фактичним значенням, з урахуванням вагомих коефіцієнтів кожного фактору, через заповнення відповідної таблиці.

На підставі отриманої з виробничих підрозділів інформації про діючі небезпеки та проведеної безпосередньо перевірки структурного підрозділу розраховується сумарний фактичний бал (M_{max}) і ступінь виробничого ризику в цілому по підприємству та по кожному структурному підрозділу окремо.

Після заповнення за всіма пунктами таблиці підраховується фактичний бал (M_{sp}) за мінусом штрафних балів за виявленні порушення.

Розрахунок ступеня професійного ризику здійснюється за формулою:

$$R_{oy} = (M_{max} - (M_{sp} - M_{уб}) + 0,1) \cdot 9 \cdot 10^{-7}. \quad (3)$$

Кінцеве значення виробничого рівня виробничого підрозділу визначається як сума ризиків робочих місць зі шкідливими умовами праці та робочих місць з допустимими умовами праці, з урахуванням їх часток у загальній чисельності робочих місць в підрозділі.

Після визначення рівнів виробничого ризику усіх підрозділів виробничого підприємства визначається загальний ризик підприємства за формулою (2).

Проведеними дослідженням доведено, що значення індивідуального професійного і виробничого ризику може бути застосовано не тільки для характеристики безпеки праці на робочих місцях зі шкідливими і допустимими умовами праці, а і для характеристики рівня безпеки праці у виробничих підрозділах та підприємства в цілому.

Розроблено алгоритм послідовного визначення рівня професійного і виробничого ризиків для робочих місць зі шкідливими та допустимими умовами праці, виробничих підрозділів з урахуванням усіх робочих місць, з можливістю достовірного порівняння значень ризику між виробничими підрозділами.

Застосування запропонованої методики при проведенні щорічного внутрішнього аудиту з охорони праці підрозділів підприємства

дозволяє об'єктивно встановлювати першочергові заходи з охорони праці, розробляти Політику підприємства в галузі охорони праці і промислової безпеки, розробити план заходів підготовки до сертифікації виробництва за вимогами стандарту ДСТУ ISO 45001:2018.

Література

1. HumanHealthRiskAssessmentToolkit: ChemicalHazards. Harmonization Project Document. IPCS, WHO, 2010. № 8. 105 p. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44458>.
2. ДСТУ ISO 45001:2018 Системи менеджменту охорони здоров'я і безпеки праці. Вимоги з застосування. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html>.
3. Про охорону праці : Закон України від 14.10.2019 р. № 2694-ХІІ (в редакції від 14.08.2021) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
4. Гогунский, В.Д., Руденко С.В., Урядникова И.В. Теория и практика оценки риска здоровью от воздействия факторов внешней среды. Безопасность жизни и деятельности людини – освіта, наука, практика : зб. наук. пр. X міжнар. наук.-метод. конф. Київ : Центр учбової літератури, 2011. С. 170-175.
5. О. В. Третьяков, Б. К. Гармаш, Б. Д. Халмурадов, Є. С. Білецька. Ризик-орієнтовний підхід до визначення умов праці окремих категорій працівників транспортної галузі. Системи управління, навігації та зв'язку, 2020, випуск 1(59). С. 121-126.
6. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Білецька Є. С. Оцінка умов праці працівників транспортної галузі на основі інтегрального показника. The 7th International scientific and practical conference “Modern science: problems and innovations” (September 20-22, 2020) SSPG Publish, Stockholm, Sweden. 2020. P.118-125.

УДК 37.091.2:614

Черкашин О.В., Пономаренко Р.В.

Національний університет цивільного захисту України,
Харків, Україна

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ІМОВІРНОЇ КІЛЬКОСТІ ПОЖЕЖ, ЯКІ БУДУТЬ ЛІКВІДОВУВАТИСЬ ЛАНКАМИ ГАЗОДИМОЗАХИСНОЇ СЛУЖБИ

Наведено основні види оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій. Проведено аналіз пожеж, які виникли протягом останніх п'яти років, до гасіння яких залучалися підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС України) за участю ланок газодимозахисної служби (далі – ланки ГДЗС). Запропоновано методику розрахунку імовірної кількості пожеж у поточному році, які будуть ліквідуватись ланками ГДЗС. Описано основні його складові, які слід враховувати під час розрахунку. Досліджено процес зміни і розвитку виникнення і розповсюдження пожеж за допомогою побудови динамічних або часових рядів. Надано рекомендації щодо побудови математичної моделі динаміки числа пожеж та інших надзвичайних ситуацій, визначено прогностичного числа їх виникнення, оцінено обсяг роботи підрозділів ДСНС на найближчий рік.

Ключові слова: гасіння пожеж, ланки газодимозахисної служби, пожежно-рятувальні підрозділи, методика розрахунку числа пожеж.

METHODS OF CALCULATING THE PROBABLE NUMBER OF FIRE TO BE ELIMINATED BY THE GAS PROTECTION SERVICE

The main types of operational actions of fire and rescue units during firefighting and emergency response are presented. An analysis of fires that occurred during the last five years, which were extinguished by units of the State Emergency Service of Ukraine with the participation of units of the gas and smoke protection service. A method of calculating the probable number of fires in the current year, which will be eliminated by the gas and smoke protection service, is proposed. An example of calculation is given: its main components are described, which should be taken into account during the calculation. The process of change and development of the occurrence and spread of fires by constructing time or time series is studied. Recommendations for building a mathematical model of the dynamics of the number of fires and other emergencies are given, the forecast of the expected number of their occurrence is determined, the volume of work of the State Emergency Service of Ukraine units for the next year is estimated.

Keywords: fire extinguishing, gas and smoke protection service units, fire and rescue divisions, methods of calculating the number of fires.

Вступ. Згідно із статистичними даними, у порівнянні з аналогічним періодом минулого року, кількість пожеж збільшилась на 23,1 %. Кількість загиблих внаслідок пожеж зменшилась на 1,2 %, кількість травмованих на пожежах збільшилась на 0,9 %. Кількість дітей і підлітків до 18 років, які загинули внаслідок пожеж, збільшилась на 14,9 %, кількість дітей і підлітків до 18 років, травмованих на пожежах збільшилась на 2,7 %.

На об'єктах соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення кількість загиблих збільшилась у 2,9 рази.

Матеріальні втрати від пожеж збільшились на 32,2 % (прямі збитки збільшились на 3,9%, побічні – на 42,4 %), кількість знищених і пошкоджених будинків (споруд) збільшилась на 2,9 %, кількість знищених і пошкоджених транспортних засобів (техніки) – на 2,9 %, кількість загиблих свійських тварин – у 2,2 рази, кількість знищеного хліба на корені (га) та у валках – на 44,5 %, кількість знищеного зерна зменшилась на 40,0 %, кількість загиблих свійських птахів – на 61,5 %, кількість знищених кормів – на 40,0 %.

Упродовж 2020 року на місці пожежі виявлено 1667 загиблих людей, з них 49 дітей.

Унаслідок пожеж загинуло 1660 людей, в тому числі 54 дитини, 1 372 людини отримало травми, у тому числі 113 дітей.

Матеріальні втрати від пожеж склали 10 млрд 75 млн 259 тис. грн (з них прямі збитки становлять 2 млрд 82 млн 664 тис. грн, а побічні – 7 млрд 992 млн 595 тис. грн).

Щодня в Україні, в середньому, виникало 275 пожеж, матеріальні втрати від яких склали 30 млн 165 тис. грн. Кожного дня внаслідок пожеж гинуло 5 і отримувало травми 4 людини, вогнем знищувалось або пошкоджувалось 72 будівлі (споруди) та 13 одиниць техніки. Прямі збитки від однієї пожежі становили 22,7 тис. грн. [1].

Дослідження проблеми протипожежного захисту будинків за їх поверховістю вказують, що щорічно близько 75 % пожеж виникають у малоповерхових будинках (заввишки $H \leq 9$ м, як правило, до 3-х поверхів включно); ще майже 5 % пожеж припадає на багатоповерхові будинки поверховістю 4÷5 поверхів; кількість загиблих унаслідок пожеж, що виникали в 1÷3 - поверхових будівлях щороку становить близько 85 %, у 4÷5 - поверхових будівлях – близько 7 %.

Незважаючи на зменшення кількості пожеж на 5,4 % у 2020 році порівняно з 2019 роком, упродовж останніх п'яти років їх кількість залишається значною та становить у середньому близько 77 тисяч пожеж на рік. Також спостерігається стала тенденція до зростання збитків від пожеж. Зареєстровано збільшення загиблих унаслідок пожеж у будівлях і спорудах житлового призначення (+8,9 %), причому, у житлових будинках (+7,8 %). Аналогічний стан склався і з травмуванням людей у пожежах.

Актуальність напрямку дослідження говорить про необхідність визначення достатньої кількості сил і засобів, які залучаються до гасіння пожеж, першим критерієм якого є прогнозування імовірної кількості самих пожеж, які виникнуть, про що ми розглянемо у нашому науковому пошуку.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Для гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій ведуться різні оперативні дії в умовах складної обстановки, вдень і вночі, при високих і низьких температурах, в задимленому і отруєному середовищі, на висотах і в підвалах, в умовах вибухів, обвалів, землетрусів та інших стихійних лих.

Для гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій ведуться різні оперативні дії в умовах складної обстановки, вдень і вночі, при високих і низьких температурах, в задимленому і отруєному середовищі, на висотах і в підвалах, в умовах вибухів, обвалів, землетрусів та інших стихійних лих [2].

Подача вогнегасних речовин є не тільки основним, але і загальним видом оперативних дій підрозділів. У той же час безпека людей і тварин (порятунок, евакуація або захист їх різними засобами), хоча і належить до основного виду оперативних дій підрозділів, але є окремим, оскільки виконується не на всіх пожежах [3].

Відмінною особливістю загальних оперативних дій підрозділу є те, що вони виконуються в суворій послідовності, а тому відносяться до послідовних процесів.

Окремі оперативні дії підрозділу виконуються, як правило, паралельно з деякими загальними, такими, як оперативне розгортання та подача вогнегасних речовин.

Оперативні дії підрозділів завжди обмежені в просторі і часі. Вони здійснюються на порівняно невеликій території і більш-менш швидкоплинно.

Тривалість оперативних дій підрозділів визначається часом, необхідним для виконання оперативного завдання на пожежі, і залежить від умов оперативної обстановки, кількості, оперативності та боєздатності підрозділів. Вона починається з моменту виїзду підрозділів на пожежу і закінчується моментом постановки їх в оперативний розрахунок після виконання поставлених завдань на пожежі [4].

Зміст і особливості оперативних дій підрозділів визначаються оперативно-тактичною обстановкою на пожежі і в цілому мають загальний характер. Тим не менш, залежно від кількості підрозділів, які прибули на пожежу, їх оперативні дії характеризуються деякими кількісними показниками, що різняться між собою. Практично, а особливо в початковій стадії гасіння пожежі, більшість і навіть всі види оперативних дій можуть виконуватися одночасно, в комплексі.

Активність оперативних дій полягає у своєчасному використанні вигідних умов обстановки пожежі і своїх можливостей («зупинити» вогонь, поки він не перекинувся на сусідні будівлі, не поширився на інші приміщення), у ініціативі кожного пожежника і командира (ініціативні рішення і дії на пожежі повинні відповідати загальному задуму КПП, начальника оперативної дільниці).

Активно й успішно вести оперативні дії можуть підрозділи, добре навчені та підготовлені, психологічно стійкі які знають конструктивні особливості будівель і споруд, протипожежне водопостачання на ділянці пожежі, оснащені засобами зв'язку та протидимного захисту [5,6,7]. Важлива складова частина боротьби за підвищення активності оперативних дій – навчання особового складу чіткому виконанню оперативного розгортання, швидкому виходу ствольщиків на позиції безпосереднього виконання завдань, використання для досягнення поверхів і якнайшвидшого введення стволів в осередок пожежі ручних і автодрабин, підйомників, поєднання роботи ствольщиків зі своєчасним розкриттям і розбиранням конструкцій [8,9,10,11].

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є розробка методики розрахунку імовірної кількості пожеж, які будуть ліквідовуватись ланками ГДЗС. Досягнення поставленої мети потребує вирішення наступних завдань.

Теоретичне обґрунтування методики розрахунку імовірної кількості пожеж, які будуть ліквідовуватись ланками ГДЗС.

Одне з основних завдань статистики полягає в дослідженні процесу зміни і розвитку досліджуваних явищ за допомогою побудови динамічних або часових рядів.

Проаналізувавши статистичні дані кількості пожеж та надзвичайних ситуацій в місті (районі) по роках, можна побудувати математичну модель динаміки числа пожеж та інших НС, визначити прогноз очікуваного числа їх виникнення, а, отже, й оцінити обсяг роботи гарнізону на найближчий рік, визначити достатність сил і засобів. Найбільш ефективним способом виявлення основної тенденції розвитку числа НС є аналітичне вирівнювання за допомогою математичного виразу, що найбільш точно описує характер емпіричного розподілу їх кількості за аналізований період і за допомогою якого можна виконувати прогнозування. Для цього необхідно підібрати необхідний математичний закон розподілу.

Для визначення швидкості та інтенсивності розвитку кількості пожеж та інших НС за певний час розраховуються наступні показники: абсолютний приріст, темп зростання, темп приросту.

Розрахунок цих показників ґрунтується на порівнянні між собою рівнів ряду динаміки.

Під рівнем ряду динаміки розуміється кожне окреме чисельне значення показника, який характеризує величину явища, його розмір і розташування в хронологічній послідовності.

Якщо кожний рівень ряду порівнюється з попереднім, то визначені показники називають ланцюговими; якщо усі рівні порівнюються з рівнем, який виступає як постійна база порівняння – базисними.

Абсолютний приріст (зменшення) – це різниця рівнів динамічного ряду:

- ланцюгові

$$P_i = Y_i - Y_{i-1}, \quad (1)$$

- базисні

$$P_i = Y_i - Y_0, \quad (2)$$

де P_i – абсолютний приріст;

Y_i – порівнюваний рівень;

Y_0, Y_{i-1} – базисний рівень.

Абсолютний приріст за одиницю часу вимірює абсолютну швидкість зростання. Однак більш повну характеристику процесу росту можна отримати тільки тоді, коли абсолютні величини доповнюються величинами відносними, якими є темпи зростання і темпи приросту. Вони характеризують відносну швидкість зміни рівня, тобто інтенсивність процесу зростання.

Темп зростання розраховується як відношення рівнів ряду, визначається коефіцієнтом або відсотком:

- ланцюгові

$$k_i = \frac{Y_i}{Y_{i-1}}, \quad (3)$$

- базисні

$$k_i = \frac{Y_i}{Y_0}. \quad (4)$$

Темп приросту характеризує відносну величину приросту і показує, на скільки відсотків рівень Y_i більший (менший) за базисний рівень:

$$T_i = \frac{\Pi_i}{Y_{i-1}} 100\% = (k_i - 1)100\%. \quad (5)$$

Як і абсолютний приріст, темп приросту може бути позитивним та негативним, що свідчить про збільшення або зменшення рівня.

Якщо рівень явища на етапі його розвитку, що вивчається, постійно зростає або постійно знижується, то основна тенденція є явною і чіткою.

Для кількісної характеристики загальних результатів дії чітко вираженої основної тенденції, можна використовувати абсолютний приріст, темп зростання і приросту за увесь етап розвитку явища.

Якщо ланцюгові показники динаміки, залишаючись увесь час позитивними чи негативними, різко коливаються від року до року, або постійно змінюють свій знак, розрахунок їх величини за раніше наведеними формулами може дати невірну уяву про середню швидкість зміни рівня, відповідної загальної тенденції. Тому, в цих випадках, слід порівнювати не річні, а більш типові і тривалі середньорічні рівні. Для цього звичайно проводять збільшення інтервалів, до яких відносять рівні інтервального ряду динаміки.

Збільшення інтервалів складається в переході від добових до тижневих, або декадних, від декадних до місячних, від місячних до квартальних чи річних, від річних до багаторічних. Розрахунок показників аналізу динаміки в цих випадках слід проводити модифікованими формулами.

Найбільш ефективним засобом виявлення основної тенденції розвитку є аналітичне вирівнювання. При цьому рівні ряду динаміки виявляються у вигляді функції часу $y = f(t)$. Вибір функції здійснюється на основі аналізу характеру закономірностей динаміки кількості надзвичайних ситуацій та пожеж.

Якщо характер динаміки підтверджує припущення про те, що рівень явища зростає з більш чи менш постійною швидкістю, тобто з відносно постійними абсолютними одиницями приросту, то математичним виразом такої тенденції буде пряма лінія. Аналітичне рівняння прямої має вигляд:

$$\hat{Y}_t = a_0 + a_1 t, \quad (6)$$

де \hat{Y}_t – визначені рівні;

t – час, тобто порядковий номер інтервалу чи моменту часу;

a_0, a_1 – параметри прямої.

Розрахунок параметрів створюється за допомогою методу найменших квадратів, при цьому нелінійні функції приводяться до лінійного вигляду, а в нашому випадку значення параметрів прямої розраховуються за формулами:

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}, \quad (7)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2}. \quad (8)$$

Прогноз розвитку явища здійснюється шляхом підстановки в отримане математичне рівняння тенденції відповідних порядкових номерів найближчих років t .

де Y – емпіричні рівні ряду динаміки;

n – число рівнів;

t – час, тобто порядковий номер інтервалу або моменту часу.

Висновки. У науковому пошуку проаналізовано основні види оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій. Проведено аналіз пожеж, які виникли протягом останніх п'яти років, до гасіння яких залучалися підрозділи ДСНС України за участю ланок ГДЗС. Запропоновано методику розрахунку імовірної кількості пожеж, які будуть ліквідуватись ланками ГДЗС. У роботі досліджено процес зміни і розвитку виникнення і розповсюдження пожеж за допомогою побудови динамічних або часових рядів. Надано рекомендації щодо побудови математичної моделі динаміки числа пожеж та інших надзвичайних ситуацій. Визначений нами прогноз очікуваного числа виникнення пожеж дасть змогу проводити подібні розрахунки по областях та проводити моніторинг спроможності залучення сил та засобів на гасіння пожеж: кількісну оцінку пожежно-рятувальних автомобілів та особового складу, які є в підрозділах ДСНС.

Література

1. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Національна доповідь про стан пожежної та техногенної безпеки в Україні. Київ, 2021. URL: <http://dsns.gov.ua/> (дата звернення: 05.03.2021).
2. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 року № 5403-VI. Київ, 2021. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5403-17/> (дата звернення: 05.03.2021).
3. LFB : London Fire Brigade. Fire protection. URL: <http://www.london-fire.gov.uk/> (дата звернення: 05.03.2021).
4. Наказ МНС України від 16.12.2011 № 1342 «Про затвердження Настанови з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України».
5. Наказ МВС України від 07.10.2014 № 1032 «Про затвердження Порядку організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб в органах управління і підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту Державної служби України з надзвичайних ситуацій».
6. R. Craig Schroll (2002). Industrial Fire Protection Handbook - 2nd Edition. P- 262.
7. DIN 14097-2. (2005) Firefighting and fire protection - Fire brigade training facilities - Part 2: Gas-fueled simulation facilities. P- 234.
8. Корольчук М.С., Крайнюк В.М. Соціально-психологічне забезпечення діяльності в звичайних та екстремальних умовах: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. -К.: Ніка-Центр, 2006. -580 с.
9. Основи психологічного забезпечення діяльності МНС : Підручник /За заг. ред. проф. О.В. Тімченка. –Харків: Вид-во УЦЗУ, 2009. -217 с.
10. Трофімов Ю.Л. Інженерна психологія:[підручник] /Трофімов Ю.Л.–К.:Либідь, 2002. –264 с.
11. Фомич М.В. Розвиток професійно важливих якостей фахівців оперативно-рятувальної служби цивільного захисту: дис...кандидата психологічних наук: 19.00.09 / Фомич Микола Володимирович. –К., 2012. –235с.

Архітектура та містобудування

УДК 741.02

Басалюк Л., Сердечна А.

Хмельницький національний університет

САМЧИКІВСЬКИЙ РОЗПИС ЯК ЗАСІБ РОЗВИТКУ СВІТОВІДЧУТТЯ ТА ТВОРЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

В роботі зосереджується увага на необхідності розвитку у майбутніх архітекторів пізнавального інтересу та творчої активності до вивчення декоративно-ужиткового мистецтва свого регіону, зокрема характерних стилістичних особливостей Самчиківського розпису, як складової формування креативної особистості та підготовку фахівця, здатного проектувати об'єкти архітектури на основі творчого пошуку архітектурного рішення.

SAMCHIKIV PAINTING AS A DEVELOPMENT TOOL PERCEPTION OF THE WORLD AND CREATIVE POTENTIAL STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES

The article focuses attention on the need to develop cognitive interest and creative activity among future architects in the study of decorative and applied art of their region, in particular, the characteristic stylistic features of Samchykiv painting, as a component of the formation of a creative personality and the training of a specialist capable of designing architectural objects on the basis of creative search architectural solution.

XXI сторіччя висуває нові вимоги до рівня і якості підготовки фахівців. Вихід нашої країни на світовий інформаційно-культурний простір об'єктивно спонукає до переймання духовних цінностей Заходу. У той же час процес транснаціоналізації культур викликає протидію глобалізації як потребу ствердити унікальність своєї культури та мови, спираючись на національні традиції і цінності. Саме тому виникла гостра необхідність пошуку ефективних технологій виховання особистості у динамічних умовах сьогодення, експериментального відпрацювання шляхів його здійснення етнокультурними засобами. Виховання студента як творчої, духовно збагаченої особистості - актуальне завдання суспільного розвитку, без розв'язання якого неможливо забезпечити суспільство творчими спеціалістами. Тому формування досвіду творчої діяльності для

студента як майбутнього фахівця є необхідною складовою його професійного розвитку, удосконалення професійної компетентності. [1]. Нинішній світ переживає період перевероту, який несе нові життєві цінності, зміни цивілізаційного розвитку на основі гуманістичної парадигми. Сучасна освіта стає тією складовою соціогуманітарної життєдіяльності, яка сприяє становленню духовно-зрілої, творчої особистості, спроможної відповідати за долю країни [2]. Введення регіонального компоненту у навчальний процес формує у студентів уявлення про духовно-моральні цінності, долучає до культури, фольклору, побуту, звичаїв, традицій свого народу.

Метою роботи є обґрунтування необхідності розвитку пізнавального інтересу та творчої активності майбутніх фахівців до етнічного досвіду свого регіону на основі вивчення характерних особливостей Самчиківського розпису як умови ефективного формування їхньої професійної компетентності.

Невирішеність даного питання у зв'язку з відсутністю методичних рекомендацій з використання характерних особливостей Самчиківського розпису при викладанні низки дисциплін для бакалаврів спеціальності «Архітектура та містобудування» буде негативно позначатися на естетичному вихованні та становленні художніх та інтелектуальних здібностей особистості.

Аналіз літератури, власний педагогічний досвід роботи дозволили припустити, що одним із ефективних засобів виховання, яке сприяє всебічному розвитку особистості студента, є діяльність, що ґрунтується на вивченні, засвоєнні і трансляції української традиційної народної культури (ТНК) як суспільно-історичного явища, в якому відбився світогляд, морально-етичні і естетичні цінності українського народу. З глибокої давнини і дотепер вони слугують його національному самовизначенню, суспільній консолідації, гуманізації міжособистісних стосунків людей [3,4].

Основним засобом етнокультурного виховання особистості у нашому дослідженні є цілеспрямована діяльність студентів технічних спеціальностей, що пов'язана з засвоєнням, дослідженням української традиційної народної культури і відтворенням найкращих зразків народного мистецтва [4]. Залучення молоді до української традиційної народної культури відбувається при дотриманні ряду умов: зацікавленість темою (фото, екскурсії - основним завданням викладача є зацікавити, а не дати знання в готовому вигляді), допитливість

(мотивація, створення проблемної ситуації, слід бачити в студентах особистості, враховувати їх психологію і природні здібності), пізнавальний інтерес (в сучасних умовах набуває все більшої актуальності організація самостійної роботи студентів під час опрацювання навчального матеріалу, науково-дослідницької роботи, під час проходження різних видів практик).

Створення середовища, що живить інтерес учнів до народної творчості, є важливим педагогічним завданням і умовою впровадження технології етнокультурного виховання. Вивчення етнокультури суттєво впливає на ставлення молоді до народних свят, розуміння їх сутності, особистісне сприйняття цих соціальнозначущих подій.

Література

1. Уйсімбасва Н. Шляхи формування творчого потенціалу майбутнього фахівця. Наукові записки. Випуск 91. С. 232-235.
2. Мацейків Т. Методика реалізації етнокультурної складової змісту історії України у 7-8 класах : методичний посібник. Київ : ТОВ «КОНВІ ПРІНТ», 2018. 96 с.
3. Історія української культури: Навчально-методичні матеріали до вивчення дисципліни для студентів денної форми навчання усіх спеціальностей / за заг. ред. С.О.Костишевої. Київ, 2014. 334 с.
4. Особливості етнокультурного виховання школярів : веб-сайт. URL: <http://osvita.ua/vnz/reports/culture/10616/>

УДК 721

Гнезділова Д.М., Костюк С.А., Негай Г.А.

Хмельницький національний університет

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ З МОДУЛЬНИХ БУДИНКІВ В АРХІТЕКТУРНЕ СЕРЕДОВИЩЕ МІСТА

***Анотація.** Розглянуті питання проектування модульних будинків та напрямки реконструкції міських житлових кварталів завдяки інтегруванню житлових комплексів модульного типу в архітектурне середовище міста.*

Встановлено, що автономність об'єктів і різноманіття варіантів дизайнерських рішень дозволяє розглядати модульний метод як найбільш прийнятний для вдосконалення проектування житлових інноваційних споруд за короткий термін. Головною передумовою розташування житлового комплексу модульного типу є дотримання усіх норм та правил архітектурного та будівельного проектування в результаті чого формується низка задач в області конструювання та технології виготовлення як будинків в цілому так і їх складальних одиниць, а також допоміжних елементів конструкції.

Розглянуто питання освоєння технології масового виготовлення будинків із збірних конструкцій швидкого розгортання. Запропоновано конструкторсько-технологічні рішення виготовлення стандартних модулів, що дає можливість простого монтажу одноповерхових будинків, так і житлових комплексів до трьох поверхів.

Розроблені принципові схеми розташування триповерхових житлових комплексів модульного типу в одному із міських житлових кварталів.

IMPLEMENTATION OF RESIDENTIAL COMPLEXES FROM MODULAR BUILDINGS IN THE ARCHITECTURAL ENVIRONMENT OF THE CITY

***Abstract.** The issues of designing modular buildings and directions for the reconstruction of urban residential quarters due to the integration of modular residential complexes into the architectural environment of the city are considered.*

It has been established that the autonomy of objects and the variety of options for design solutions allow considering the modular method as the most acceptable for improving the design of residential innovative structures in a short period of time. The main prerequisite for the location of a modular residential complex is compliance with all norms and rules of architectural and construction design, as a result of which a number of problems are formed in the field of construction and manufacturing technology of both buildings as a whole and their component units, as well as auxiliary structural elements.

The issue of mastering the technology of mass production of houses from prefabricated structures of rapid deployment is considered. Design and technological solutions for the production of standard modules are offered, which makes it possible to easily assemble single-story buildings and residential complexes up to three floors.

Постановка проблеми. Зважаючи на динаміку зміни чисельності населення в регіонах України в деяких містах густина населення стрімко збільшується, в результаті чого (для архітекторів та проєктувальників) формується актуальна задача, як зробити такі міста найбільш стійкими.

Одним із напрямів удосконалення архітектурного середовища міст і житлових поселень є підвищення технологічності за рахунок забезпечення варіантності проєктних рішень за допомогою використання модульного методу проєктування. Модульне житло, як характерний різновид типового будинку швидкого спорудження в сучасних умовах набуло особливого розвитку в країнах Європи та США [1, 2]. Концепції проєктування модульних будинків переважно аналізувалися з точки зору будівельних технологій і в меншій мірі це стосувалося специфіки дизайну та способів формування модульних форм в аспекті впливу на них культурно-етнічних, естетичних і екологічних факторів. Встановлено, що міські райони з високою щільністю населення, особливо ті, що побудовані з використанням екологічно чистих методів проєктування та будівництва в деяких випадках виявляються більш енергоефективними та менше забруднюють довкілля.

Відносна автономність об'єктів і різноманіття варіантів дизайнерських рішень дозволяє розглядати модульний метод як найбільш прийнятний для вдосконалення проєктування житлових інноваційних споруд. Подібна методика успішно проходить апробацію у світовій практиці.

Зважаючи на ситуацію сьогодення перед архітекторами та інженерами країні постає важлива та актуальна комплексна задача з розробки сучасних методів архітектурного проєктування, технологій та технологічних процесів виготовлення будинків і житлових комплексів швидкого розгортання модульного типу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день житлові модулі мають великий і різноманітний спектр застосування. У більшості країн світу модульні будівельні технології, в тому числі мобільні, знайшли широке застосування при створенні: тимчасового

житла. Мобільні житлові модулі позитивно зарекомендувало себе при надзвичайних ситуаціях, спричинених природними, техногенними або військовими чинниками

Аналіз науково-технічної інформації показав, що розробкою методики блок-модульного проектування займалися такі автори, як Криволапова А. В., Саприкіна Н. А., Смирнова О. В.

В предметному наповненні архітектурного середовища, у визначенні пропорцій, в архітектурних конструкціях, в містобудуванні і в функціональному плануванні архітектурного об'єкта (Руденко Т. В.) [3].

Аналіз найбільш поширених конструкцій модульних житлових будинків свідчить про те, що виробництво високоякісного, високотехнологічного модульного житла поки не налагоджено. А конструкції, що вдалось освоїти у серійному виробництві своїм зовнішнім виглядом нагадують різні «побутівки» (вагончики, контейнери, будки і т.д.), які не можуть зайняти відповідну позицію в архітектурному середовищі міста (Рис. 1).

Типовий метод проектування, як правило, зводиться до великих обсягів стандартного (найчастіше естетично недосконалого) житла за короткий період часу.



Рис. 1 – Конструкції модульних будинків масового виробництва

Таким чином для вирішення актуальної проблеми комфортного розміщення внутрішньо переміщених співвітчизників необхідно використовувати фаховий підхід до архітектурного проектування, що дозволить будувати гнучкі житлові комплекси інтегровані в інфраструктурно-архітектурний простір міста.

Метою роботи є: розроблення проекту житлового комплексу модульного типу та розташування в архітектурному середовищі міста.

Виклад основного матеріалу. Головною передумовою розташування житлового комплексу модульного типу є дотримання усіх норм та правил архітектурного проектування та містобудування в результаті чого формується низка задач в області конструювання та технології виготовлення як будинків в цілому так і їх складальних одиниць а також допоміжних елементів конструкції. Також слід звернути увагу на конструктивне виконання та технології виготовлення елементів основи (фундамент), які б дозволяли встановлювати житлові комплекси незалежно від поверхні рельєфу та вологості й типу ґрунту. Для встановлення легких конструкцій в якості опор широкого застосування набули геошурупи.

Освоєння технології масового виготовлення будинків із збірних конструкцій швидкого розгортання дозволить швидко реалізувати архітектурні проекти як різної висотності так і житлової площі.

Будівництво будинків за модульною технологією, особливо в умовах війни, пандемії та загальної кризи має цілий ряд переваг:

- прискорює процес будівництва;
- дозволяє без особливих труднощів змінювати планування, оскільки конструкція будинку складається з окремих блоків;
- з'являється можливість будувати великі об'єкти за короткі строки.

З точки зору екологічних та природоохоронних аспектів модульний тип будівництва характеризується низьким рівнем шуму, меншою кількістю техніки та будівельних відходів, що має важливе значення при зведенні окремих будинків на відведених під забудову територіях житлових масивів.

Типологія «легких» конструкцій виглядає приблизно наступним чином: суцільнозварні блок-контейнери; збірно-розбірні блок-контейнери; блок-контейнери із застосуванням сендвіч-панелей; блок-контейнери зі спрощеною конструкцією.

Запропоновані модульні будинки (рис. 2) збираються протягом декількох днів, за рахунок уніфікації з'єднувальних деталей і несучих конструкцій. Система включає в себе повний набір елементів життєзабезпечення, вбудованих в стандартні панелі: двері, вікна, системи опалення та кондиціонування, сантехнічне та електричне обладнання, системи освітлення, внутрішнє оздоблення. У цій системі для забезпечення жорсткості конструкції застосовуються болтові з'єднання каркасів і модулів. Унікальна технологія теплоізоляції

приміщення забезпечує комфорт при низьких температурах. Конструкційне рішення стандартного модуля дає можливість простого монтажу декількох модулів як в одноповерхові будинки, так і житлові комплекси до трьох поверхів включно.



Рис. 2 – Типовий двоповерховий будинок модульної конструкції

Один з можливих варіантів планування такого будинку наведено на рис. 3.



Рис. 3 – Типовий варіант планування першого поверху будинку модульної конструкції

Також запропоновано принципіві схеми розташування триповерхових житлових комплексів модульного типу (рис. 4) в одному із житлових кварталів міста Хмельницького.

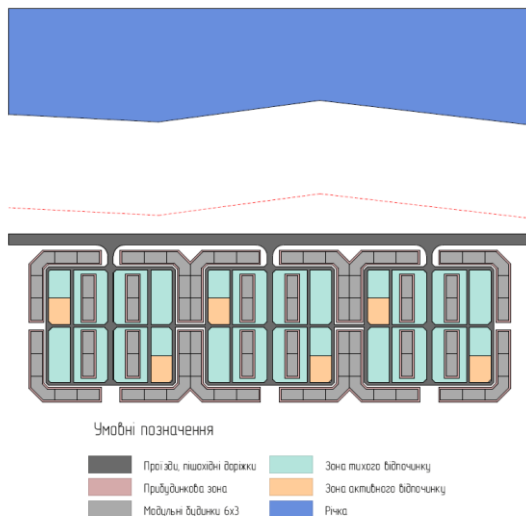


Рис. 4 – Схеми розташування триповерхових житлових комплексів модульного типу

Висновки. Встановлено, що на даний час не існує вітчизняних технологій масового виготовлення модульних будинків, які б могли бути інтегровані в архітектурне середовище міста та відповідали усім вимогам, що висуваються до житлових будинків. Зведення будинків за модульною технологією прискорить процес будівництва, що дозволить будувати великі об'єкти швидше та з нижчими витратами ніж при традиційному будівництві.

Подальші дослідження будуть спрямовані на удосконалення технології виготовлення уніфікованих модулів та розроблення інноваційних конструктивних та дизайнерських рішень.

Література

1. Smith R 2010 Prefab Architecture: A GUIDE TO MODULAR DESIGN AND CONSTRUCTION.
2. The Increasing Benefits of Modular Construction on the Environment./ https://gocontractor-com.translate.google/resource/modular-constructionbenefits/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc
3. Руденко Т. В. Поняття «модуль» в промисловій архітектурі // Сучасні проблеми архітектури та містобудування : зб. наук. пр. Київ, 2012. №31. С. 356–361.

УДК 72.04

Дорофеев О., Гара А.

Хмельницький національний університет

МАШИКУЛІ: ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ

В статті розглядається питання щодо часу виникнення архітектурних елементів фортифікаційних споруд, а саме – машикулів. Найбільш поширеними вони були в період з XIII по XVI століття, та з часом зникли у зв'язку із все більшим розповсюдженням вогнепальної зброї.

A MACHICOLATION: HISTORY OF ORIGINATION

The article examines the question of the time of origination of architectural elements of fortification structures, namely, – machicolations. They were most common in the period from the 13th to the 16th century, and eventually disappeared due to the increasing spread of firearms.

Серед книг, статей та інших джерел, в яких досліджуються стародавні фортифікаційні споруди, спеціальні дослідження стосовно таких елементів, як машикулі донедавна були відсутні. Лише кілька років тому з'явилися дві статті Дж. Харріса (Harris J.) [1, 2]. Дослідник докладно розглядає особливості машикулів у військовій архітектурі середньовічної Західної Європи, але аналогічні пристрої Сходу залишилися поза увагою.

К. Носов [3] вивчав пам'ятки військового зодчества, що збереглися, образотворчі та письмові джерела з метою визначення місця та часу зародження машикулів, а також досліджував питання застосування машикулів у Стародавньому світі та Античності.

Метою даної статті є узагальнення даних щодо часу виникнення машикулів, пошуки серед оборонних споруд Давньої Русі елементів, які виконували ті ж самі функції, що й машикулі.

Отже, **об'єктом** наших досліджень є машикулі – архітектурні елементи фортифікаційних споруд (див. рис. 1). Вони призначались для вертикального захисту підшов оборонних мурів, біля яких утворювались мертві зони, недосяжні для обстрілу з бійниць. Також застосовувались для гасіння розведеного противником вогню.

К. Носов виділяє п'ять різновидів машикулів:

1) у вигляді ряду навісних бійниць, влаштованих між кам'яними

консолями під парапетом. Зазвичай саме цей тип мають на увазі під терміном "машикулі";

2) у вигляді дерев'яної галереї, яка влаштована на рівні парапету. Найбільш відомий під англійською назвою хординг (*hoarding* або *hours*), але можна зустріти термін *brattice*;

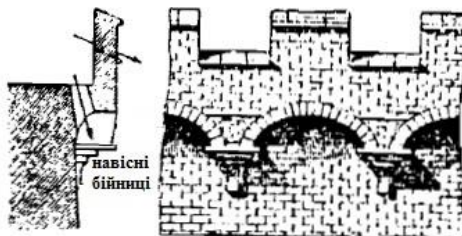


Рис. 1 – Схема навісних бійниць (машикулів)

3) у вигляді виступу-балкона, оснащеного знизу одним або декількома бійницями. Ця компактна структура могла бути прибудована на середині висоти стіни або на рівні парапету; могла бути закритою чи відкритою зверху. У передній та бічних стінках балкона могли робити додаткові бійниці, що дозволяло вести не лише вертикальний, а й фронтально-фланговий вогонь. Така конструкція найбільш відома під терміном бретеш (франц. *bretèche*), але англійські дослідники зазвичай називають її коробоподібними машикулями (англ. *box machicolation*), мабуть тому, що *bretesche* – це шотландський термін позначення дерев'яної галереї-хордінга;

4) арочні машикулі (франц. *machicoulis sur arc*, англ. *buttress-machicoulis* або *slot machicoulis*). Конструктивно вони нагадували арку, у верхній частині якої було зроблено отвір. Арки могли прилаштовуватися із зовнішнього боку стіни або бути частиною арочного прорізу воріт.

5. До машикулів можна віднести і так звані отвори-вбивці (англ. *murder holes*, франц. *meutrières*). Це отвори, що влаштовуються у стелі ворітного проходу. Могли знаходитись до ворітних ступок або у пастці між двома воротами (або опускною решіткою та ворітними ступками).

Вважається, що найбільш широко машикулі застосовувались протягом XIII-XVI століть у фортецях Європи, Близького Сходу та Русі.

В питанні часу виникнення зустрічаються суттєві розбіжності.

Дж. Харріс [1] висловлює припущення, що найдавніші машикулі, що збереглися, – це арочні машикулі. Найдавнішими зразками, що збереглися, він вважає машикулі в Ухаїдірі (Ukhaidir, Ірак, VIII ст.), у воротах Гормас

(Gormaz, мавританська Іспанія, середина X ст.) і в північно-західній вежі внутрішнього периметра укріплень Крак де Шевальє (Kraak des Chevaliers, замок хрестоносців у Сирії, невдовзі після 1170 р.).

С. Той (Тоу S.) [4] дає найдавнішу дату появи машикулів – близько 1500 р. до н.е.

В ісламській архітектурі ранні зразки машикулів-бретешів можна виявити над брамою Каср аль-Хайр аль-Шаркі (Qasr al-Hayr al-Sharqi). Ця пам'ятка складається з двох майже квадратних у плані споруд. Більша будова датується 728-729 р. (часом правління омейядського халіфа Хішама), а менша, можливо, була закладена тоді ж, але закінчена вже за Аббасидів у другій половині VIII ст.

Рудиментарний машикуль-бретеш можна спостерігати в вежі монастиря у Каср аль-Хайр аль-Гарбі (Qasr al-Hayr al-Gharbi). Монастир був побудований в 559 р. гасанидським правителем Аль-Харіт ібн Джабала.

Можна припустити наявність машикуля-бретеша й над головним входом у Каср Бшир (Qasr Bshir / Castra Praetorii Moberi). Цей римський форт на Лімес Арабікус (Limes Arabicus) має досить надійне датування – згідно з написом над входом він був побудований у 293–305 роках, що відсуває факт знайомства римлян з машикулями, принаймні до початку IV ст. н.е.

Існує письмова вказівка у Флавія Веґеція Рената (трактат написаний між 390 і 410 рр.) на машикулі: «Стіна над воротами має бути влаштована так, щоб були отвори, через які зверху можна було б лити воду і тим самим загасити підкладений вогонь».

З деяким допущенням можна вважати, що машикулі застосовувались і в епоху еллінізму. Мова йдеться про так званий Західний форт у Мирі (Mura West Fort, Лівія, Мала Азія).

Конструкції, що нагадують машикулі, можна бачити при дослідженні давніх артефактів (бронзова модель урартської фортифікації з Топраккале (Toprak Kale), датована кінцем VIII ст. до н.е.; рельєф із Рамессеуму, датується XIII ст. до н.е.; рельєфи XII ст. до н.е. з Медінет-Абу, похоронного храму Рамсеса III; фрагмент глиняної моделі укріплень, знайденим у хетській столиці (Хаттус) і датований XV або XIV ст. до н.е.; фрески з двох гробниць XI династії (Khéty і Baqet III) та однієї гробниці XII династії (Amenemhat), датовані приблизно 2040-1780 рр. до н.е. тощо).

Отже, за версією К. Носова [3] батьківщиною машикулів, мабуть, варто визнати Стародавній Єгипет, де найдавніші артефакти свідчать про їх застосування ще близько 3000 р. до н.е. Вони були вельми поширеними

на Близькому Сході до появи Олександра Македонського. Потім були кілька століть, відзначених їх рідким застосуванням. Але вони не були забуті й епізодично з'являлися у пам'ятниках військового зодчества Близького Сходу. Нарешті, при Омейядах починається їхнє широке застосування, а парою століть пізніше машикулі проникли до Європи.

В оборонних спорудах Давньої Русі X-XII ст. в найпростіших типах дерево-земляного укріплення (за В. Яковлевим) використовувались такі елементи, як підсябиття (від «бити під себе») (рис. 2) [5, 6]. Ці нависні стрільниці є нічим іншим, як машикулями.

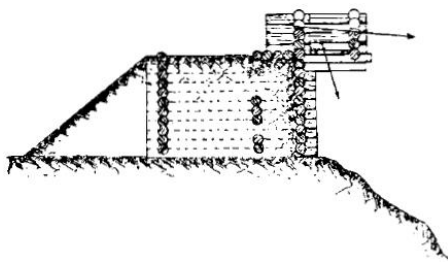


Рис. 2 – Найпростіший тип дерево-земляного укріплення

Машикулі, як елементи фортифікаційних споруд, зустрічаються і на Поділлі – на верхньому ярусі церкви в с. Сутківці, в фортеці Кам'янець-Подільського тощо.

З появою вогнепальної зброї та переходом до бастионної системи укріплень машикулі поступово втратили своє оборонне значення.

Література

1. Harris J. Machicolation: History and Significance // The Castle Studies Group Journal. – № 23 (2009–2010). – P. 191–214.
2. Harris J. Machicolation: Some postscripts // The Castle Studies Group Journal. – № 24 (2010–2011). – P. 232–245.
3. Носов К. Происхождение машикулей. / К. Носов // «Археология & Фортификация Среднего Поднестров'я». Збірник матеріалів III Всеукраїнської науково-практичної конференції / [редкол.: В. С. Травінський (відп. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2013. – С. 96-105.
4. Toy S. Castles: Their constructions and history. – New York, 1985.
5. Яковлев В.В. История крепостей. / В.В. Яковлев – М.: ООО «Фирма «Издательство АСТ»; СПб.: ООО «Издательство Полигон», 2000, 400 с.
6. Липа К. Під захистом мурів. / К. Липа. – К.: Наш час, 2007. – 184 с.

УДК 72.013

Кухарчук О.О., Савельєва Д.І., Негай Г.А.

Хмельницький національний університет

КОНЦЕПЦІЯ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ ПРИБУДИНКОВОГО ПРОСТОРУ

***Анотація.** В роботі обґрунтовано і сформульовано концепцію диференціації прибудинкового простору масової багатоповислової житлової забудови. Введені поняття «гуманітарний» та «транспортно – господарський» простір. Визначені складові частини названих просторів та їх головні функції, а також реалізацію цих функцій у прибудинковому просторі.*

THE CONCEPT OF DIFFERENTIATION OF THE PRIVATE SPACE

***Abstract.** The work substantiates and formulates the concept of differentiation of the adjacent space of a mass multi-storey residential building. The concepts of "humanitarian" and "transport-economic" space are introduced. The components of the named spaces and their main functions, as well as the implementation of these functions in the outbuilding space, are defined.*

Постановка проблеми. У сучасному житловому середовищі відсутні розмежування гуманітарних функцій (відпочинок, дозволя, спілкування, ігри тощо) та транспортно-господарських (під'їздів приватного та технічного транспорту, видалення побутових відходів, медичного та пожежного транспорту тощо). У прибудинковому просторі реалізуються не сумісні з гуманітарними та транспортно – господарськими функціями такі процеси як сушка випраної білизни та одягу, а також чистка домашніх речей. Все це створює дискомфорт для мешканців будинків. Головними проблемами є антисанітарія, спричинена накопиченням і зберіганням побутових відходів у безпосередній близькості від місць відпочинку та пересування людей. Існуючі норми не можуть враховувати напрями вітру. Крім того, поза нормами залишаються такі чинники як необхідність забезпечення рухливих ігор та соціалізація дітей.

Існуючими державними нормами також не враховано організацію штучного рельєфу у прибудинковому просторі, яке забезпечило б рухливі ігри, катання на велосипедах, самокатах та скейтбордах.

При сучасних умовах необхідності створення бомбосховища у житлових будинках, можна істотно зменшити кількість ґрунту для вивезення з місця будівництва, використавши його для формування штучного рельєфу.

Аналіз останніх досліджень. Вказані проблеми спонукали проводити дослідження у сфері містобудівного проектування, яке враховувало б інтереси людини, її зв'язок із природою та комфорт проживання.[1] Результат наукових досліджень узагальнено та сформульовано аспекти, які обґрунтовують важливість раціональної організації простору. Ці питання підняті у дослідженнях М. Коцюби, керівника студії ландшафтної архітектури, проаналізовані основні проблеми функціонування міста та підходів у формуванні простору, який орієнтований на людину. Також у дослідженні проведена класифікація існуючих принципів, основним критерієм якої стали домінуючі аспекти, а саме цілісність, ідентичність, та природність.

Цілісність передбачає об'єднання проекту території загальною ідеєю.

Формування унікального середовища не за рахунок особливих рішень, а на основі потреб і бажань людей, які там будуть жити, надає *ідентичності* простору. Ще з радянських часів люди звикли до типових бездушних просторів. У таких умовах людині важко сформувати свою особисту приналежність. Цей простір чужий їй, тому що «він був спроектований для всіх і ні для кого водночас». [2]

Природність. Живучи в містах серед щільної забудови, людям не вистачає справжньої, навіть дещо дикої природи, де вони могли б відпочити від ритму мегаполісу та наповнитися енергією.

Озеленення – важливий захід, який дозволяє надати належний естетичний та екологічний статус прибудинковій території багатоквартирного будинку.

Так вважають дослідники, які ставлять проблему містобудування, в тому числі прибудинкового простору.

Мета дослідження полягає в аналізі та внесенні власних пропозицій для покращення організації гармонійного прибудинкового середовища, яке повною мірою задовільняло би фізіологічні, духовні, соціальні та естетичні потреби суспільства та враховувало б індивідуальні вікові особливості.

Виклад основних матеріалів дослідження. Прибудинковою територією називають ділянку землі, яка знаходиться під і навколо

багатоквартирного будинку, а також включає в себе всю наявну на ньому інфраструктуру. У даної ділянки є свої чітко встановлені межі.

Крім того, благоустрій двору багатоквартирного будинку має на меті привести стан землі і розташованих на ній об'єктів в естетично приємний вигляд. Для цього може знадобитися зведення малих архітектурних споруд, робота над рельєфом і ландшафтом.

З метою ліквідації існуючих недоліків організації прибудинкового простору нами запропоновано диференціювати простір на гуманітарний та транспортно-господарський.

Простір, призначений для відпочинку, спілкування людей, соціалізації є гуманітарним простором, а для проїзду і паркування машин – транспортно-господарським. У гуманітарному просторі можуть бути організовані проїзди пожежних та епізодично рух ремонтних машин.

Організація гуманітарного простору будинку маю на меті привести стан землі в естетичний вигляд. Нерівності рельєфу можуть активно використовуватись. Будь-який пагорб може стати елементом дитячого майданчика, гіркою для катання в зимовий час та місцем для активним ігор. Необхідно чітко зонування на ігрові зони дітей молодшого, середнього та старшого шкільного віку.

Зелені насадження (кущі та дерева) дають можливість розчленувати гуманітарний простір на зони приватності, в межах яких люди сприймають простір як свій, де вони відчувають затишок, де вони легко сприймають вираз обличчя знайомиї людини, а проникнення у цей простір сторонньої людини їм неприємний, створює психологічну напругу.

Штучний рельєф і озелення дає можливість в забезпеченні рухливих ігор дітей середнього шкільного віку, а при певному функціональному зонуванні і обладнанні дає можливість забезпечення спілкування молоді(наприклад, гра на гітарі та співи популярних пісень).

На нашу думку, для створення комфортних умов проживання слід повністю ізолювати двір від автомобілів. Залишити лише проїзд для технічного транспорту, аварійних служб, пожежної машини, швидкої допомоги тощо. Без необхідності використання вищевказаним транспортом ці проїзди будуть слугувати як пішохідні тротуари та велосипедні доріжки.

Для сушки білизни краще передбачити у будинку приміщення із примусовою вентиляцією замість майданчиків у гуманітарному просторі. Такий підхід диференціацій прибудинкового простору повинно забезпечити комфортне проживання жителів будинку.

Висновки. Отже, можемо визначити такі основні засоби формування комфортного дворового простору:

- надавати пішоходам пріоритет над автомобілями, позбавлятися запаркованості гуманітарного простору;
- розбивати двір на чіткі функціональні зони;
- передбачати місце для дозвілля усіх вікових категорій жителів будинку;
- формувати різноманітні ігрові зони для дітей різних вікових груп;
- надавати перевагу багаторічним рослинам, які не потребують значного догляду.

Перспектива подальших вишукувань. В урбаністиці є один із найголовніших правил – людина впливає на простір, але найголовніше – простір впливає на людину. Тож у зв'язку з цим виникає потреба у розробленні концептуальних засад з формування громадських просторів. Потрібно шукати найкомфортніше вирішення громадського простору, з урахуванням всіх нюансів, які зазначені у статті. В даний час бракує експериментальних розробок організації прибудинкової території. На наш погляд необхідно на державному рівні проводити конкурсне проектування на краще вирішення прибудинкової території. Необхідне нормативне регулювання зонування як гуманітарного так і транспортно-господарського простору житлових будинків.

Література

1. Т.Ф.Панченко, А.А. Голуб. Проблеми архітектурно-ландшафтного благоустрою територій. Архітектурний вісник КНУБА: Наук.-вироб. збірник / Відповід. ред.: П.М. Куліков. – К.: КНУБА, 2015. – Вип.5 – С. 176-187
2. Максим Коцюба. Ландшафтна архітектура житлових комплексів, журнал «Моноліт», ПБГ «Ковальська», випуск №1 (33), 2021, с 70-71.

УДК 72.013

Нікітчук В.В., Негай Г.А.

Хмельницький національний університет

КРИВОЛІНІЙНІСТЬ В АРХІТЕКТУРІ

***Анотація.** У цій роботі розглянуто застосування криволінійних форм в архітектурі різних епох, їх розвиток під впливом ідеологічних, науково-технічних, естетичних та інших чинників. Розглянуто вплив криволінійності форм на психологічний стан людини. Висловлені передбачення розвитку цього явища в майбутньому.*

CURVILINEARITY IN ARCHITECTURE

***Abstract.** This work examines the use of curvilinear forms in the architecture of different eras, their development under the influence of ideological, scientific and technical, aesthetic and other factors. The impact of curvilinear forms on the psychological state of a person is considered. Predictions of the development of this phenomenon in the future are expressed.*



Рис. 1 – Храм Ніки Аптерос Афіського Акрополя. Елементи криволінійності в іонічному ордері

Метою дослідження є виявлення впливу криволінійності архітектурних форм на психофізіологічний стан людини та її значення в єднанні архітектури з природою та виявлення її функціонального та життєтворчого призначення за рахунок криволінійності геометричних форм.

Дослідження криволінійності в архітектурних об'єктах. Перші значні застосування криволінійності відбулись у часи Стародавньої Греції та Римської імперії. Перш за все це можна бачити в композиціях з використанням доричного, іонічного та коринфського ордерів. В результаті зорового сприйняття грецького храму Ніки Аптерос складається враження масивності конструкції та єдності колони з

рештою храму як одного цілого. Цей ефект досягається за рахунок різноманітності форм капітелей ордеру. У цьому випадку капітелі іонічного ордеру, до яких включені волюти у формі спіралі, яйцевидні іоніки та криволінійної форми архітектурних обломів. Також сама колона по всій своїй довжині має силует ентазису. Ці риси ордеру несуть не тільки тектонічний характер, але й істотно збагачують пластику фасаду, формуючи інформаційно-естетичний потенціал храму [1, с.97].



Рис. 2 – Колізей в Римі

Проаналізовано будівлю амфітеатру Колізею в Римі. Він має криволінійну еліптичну форму плану, яка в процесі зорового сприйняття перетворює одноманітний метричний порядок розташування арково-колонних композицій у різноманітний ритмічний ряд. Таким чином збільшується потік зорової інформації, носієм якої є така архітектурна форма, збагачується її емоційний потенціал [2, с. 587-589].

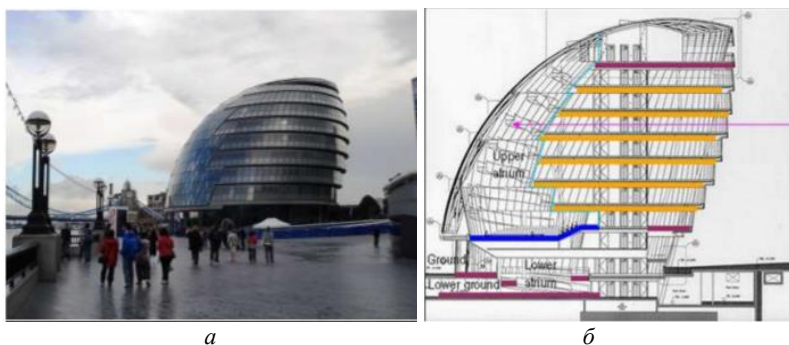


Рис. 3 – Будівля «City Hall» у Лондоні:

а – зовнішній вигляд «City Hall»; б – фрагмент креслень фасаду.

Розглянуто будівлю Муніципалітету в Лондоні, архітектора Нормана Фостера. Виявлено зв'язок складної геометрії форм будівлі з її енергоефективністю, яка досягається сферичною поверхнею Муніципалітету, за рахунок використання однієї з основних властивостей сфери забезпечувати максимальний об'єм при мінімальній зовнішній поверхні. Отже архітектор досяг мінімізації тепловитрат через зовнішні огороження у зимовий період. Крім того, отримана Фостером форма будівлі відзначається оригінальністю зовнішнього вигляду і має значний емоціональний потенціал за рахунок новизни образу і зміні інформативності під час сприйняття з різних боків у процесі руху [3].



Рис. 4 – "Кривий" дім в Сопоті, Польща

Однією з найхімерніших будівель сучасної архітектури є «Кривий» дім, розташований у місті Сопот (Польща), збудований за проектом архітекторів Шотинського та Залевського. Головним завданням авторів було створення на догоду замовників такої форми будівлі, яка б приваблювала найбільшу кількість відвідувачів. Криволінійність і атектонічність форм цього будинку, його оригінальність і несподіваність, з точки зору здорового глузду, стала джерелом істотної зорової інформативності, яка забезпечила йому велику популярність і туристичну привабливість. І він став джерелом значних фінансових надходжень замовнику будівництва [4].

Висновки. Архітектура у своєму розвитку прагне до підвищення свого інформаційно-емоційного потенціалу різноманітними засобами. Про це свідчать етапи еволюції всіх стилів, від архаїчних форм до класичної досконалості, від класики до виродження через надмірну

інформативність, як це було, наприклад, у Давній Греції в період еллінізму. Так, напевно, буде із сучасною архітектурою.

Перспективи подальших досліджень. Криволінійність в архітектурі починає набирати свої оберти у вік комп'ютерних технологій. Науковий прогрес людства стає більш динамічним з початку ХХ ст. Але ці процеси в архітектурі лише починають досліджуватись.

Теми криволінійності, які ще не досліджені:

- «Гармонізація криволінійних форм»;
- «Вплив криволінійності на психо-фізичний стан людини»;
- «Масштабність криволінійних форм».

Література

1. Романенкова Ю. В. Історія пластичних мистецтв : навч. пос. [для студ. вищ. навч. закл] / Ю. В. Романенкова. - Київ : Книжкове вид-во НАУ, 2008. - 376 с.
2. Всесвітня історія архітектури. Том 2. Архітектура античного світу (Греція та Рим) / За редакцією В. Ф. Маркузона (відповідальний редактор по Греції), Б. П. Михайлова (відповідальний редактор по Риму), І. С. Ніколаєва, О. Х. Халпахчіяна, Ю. С. Яралова. — Друге видання, виправлене та доповнене. - 1973. - 712 с., іл.
3. Ковальов С. М. Геометричне моделювання поверхонь із заданими властивостями у дизайні та архітектурі / С. М. Ковальов, С. І. Ботвіновська, А. В. Золотова // Управління розвитком складних систем : зб. наук. праць / Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури ; гол. ред. Лізунов П. П. – Київ : КНУБА, 2016. – № 25. – С. 121 - 126. - Бібліогр. : 6 назв.
4. Іллічов І.А., Кривчиков М.В. «Незвичайні будинки» - Білгородський державний технологічний університет ім. В.Г. Шухова, 5с., 2016 (рос.)

УДК 004.92

Підгайчук С.Я., Яворська Н.М., Смутко С.В., Мельник М.В.

*Хмельницький національний університет
Національна академія Державної прикордонної
служби України ім. Б. Хмельницького*

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ПРИ РОЗРОБЦІ КРЕСЛЕНЬ ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД

Робота присвячена ознайомленню з фортифікаційними кресленнями та їх виконанням з використанням комп'ютерних програм. Застосовано графічні редактори Solid Works та Paint 3D для побудови моделі та ортогональних проєкцій фортифікаційних споруд і схем розміщення фортифікаційного обладнання. Обґрунтовано перспективу застосування комп'ютерних графічних програми для створення фортифікаційних креслень.

THE USE OF A COMPUTER PROGRAM IN THE DEVELOPMENT OF DRAWINGS OF FORTIFICATIONS

The work is devoted to familiarization with fortification drawings and their implementation using computer programs. Graphic editors Solid Works and Paint 3D were used to build models and orthogonal projections of fortifications and schemes for placing fortification equipment. The prospect of using computer graphics programs to create fortification drawings is justified.

Ведення бойових дій на території України призводять до постійного зростання ролі та значення інженерного забезпечення бою. Очевидним є той факт, що у сучасних умовах забезпечити стійкість важливих об'єктів при наявності безпосередньої загрози з боку збройних формувань та терористичних груп неможливо без фортифікаційного обладнання позицій, опорних пунктів, районів, кордонів, яке здійснюється з метою ефективного застосування зброї та бойової техніки, стійкості управління військами, а також забезпечення захисту особового складу, озброєння і техніки від усіх засобів ураження противника.

В зв'язку з вище переліченим виникає необхідність в правильно спроектованих та відповідно виконаних фортифікаційних спорудах для ефективного ведення бойових дій.

Метою даної роботи було досягнення зміни конструкції та форми фортифікаційної споруди. Робота була виконана за допомогою графічного редактора Solid Works.

Креслення фортифікаційної споруди, яке виконується класичними методами є досить трудомістким. Для того, щоб прискорити процес побудови застосовано графічний редактор Solid Works. Створюється базова модель, можливі зміни розмірів вказуються в дереві побудови, при цьому відбувається автоматична зміна не тільки моделі, а й креслення. Такі дії можуть значно прискорити вибір найбільш оптимального зображення.

Широке застосування в фортифікаційних спорудах отримали типові залізобетонні конструкції: фундаментний блок, стінний блок підвала, ригель, колона, плита перекриття.

Використовуючи можливості графічного редактору Solid Works, а саме створення моделі та створення вузла, проведено компонування збірної фортифікаційної споруди із залізобетонних конструкцій. Виконано спрощену модель укриття військової техніки в графічному редакторі Solid Works. Перевагою створення такої моделі є можливість швидкої варіації розмірів та форми котловану для пошуку найбільш оптимальної конструкції.

Застосовуючи графічний редактор Paint 3D виконано схеми розміщення фортифікаційного обладнання з використанням сучасних умовних позначень.

Використання графічного редактора SolidWorks надало можливість створити 3d модель укриття для військової техніки, а також створити 2d зображення для отримання креслень споруди. Зміни вихідних розмірів та розміщень елементів збірної конструкції є швидким інструментом, який призводить до зміни зображення, що є зручним для пошуку відповідної моделі споруди.

Використання комп'ютерної програми Paint 3D дозволило застосувати сучасні умовні позначення для схем розміщення фортифікаційного обладнання та виконати фортифікаційні креслення і зображення.

Література

1. Комп'ютерна графіка. Інженерні задачі у SolidWorks. . Методичні вказівки та навчальні завдання./ Ліствін К.В., Успенко С.В.- Хмельницький: ХНУ, 2011. – 26 с.
2. Комп'ютерна графіка. Створення креслень у SolidWorks: методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт для студентів інженерно-технічних напрямів підготовки / К.В. Ліствін, С.Я. Підгайчук. – Хмельницький: ХНУ, 2012. – 46 с.

УДК 72.013

Потапчук М.С., Негай Г.А.
Хмельницький національний університет

ПРИРОДА ІНФОРМАТИВНОСТІ АРХІТЕКТУРИ

***Анотація.** Розглянута проблема «Природа інформативності архітектури» та перспективи її врахування в процесі проектування будівель та споруд. Особливо зосереджена увага на значенні інформативності в розкритті форми та художнього змісту архітектурного образу, можливостей архітектурної пластики при вирішенні задач образного виявлення об'ємно-просторової побудови будівель.*

THE NATURE OF ARCHITECTURE'S INFORMATIVENESS

***Abstract.** The problem "The nature of the informativeness of architecture" and the prospects of taking it into account in the process of designing buildings and structures are considered. Separate attention is focused on significant informativeness in the disclosure of the form and artistic content of the architectural image, the possibilities of architectural plasticity in solving the tasks of visual identification of volumetric and spatial construction of buildings.*

Постановка проблеми. Архітектура – це матеріальна оболонка життєдіяльності суспільства та індивіда, яка служить образною моделлю людського буття. Вона своєю мовою формує у споживача архітектури почуття краси. Архітектурна та скульптурна пластика проявляється за рахунок світлотіні при сонячному освітленні.

Слідкуючи за сучасними тенденціями в архітектурі, можна побачити, що митці прагнуть до спрощення форм та їх оптимізації під потреби суспільства. Кількість структурних рівнів у нових архітектурних об'єктах стрімко зменшується, вони узагальнюються, що тягне за собою зменшення кількості інформативного наповнення та виразності загального вигляду будівель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Краса архітектурної форми, як стверджують теоретики архітектурної композиції, це сприйнята та відчута гармонія.

У відповідності з концепцією Айзенка, краса архітектурної форми залежить від складності (інформативності) та впорядкованості

архітектурної форми [1]. Міра краси може бути виражена емпіричною формулою:

$$M = C \times O,$$

де C – складність об'єкту сприйняття; O – впорядкованість об'єкту сприйняття

Складність архітектурної форми це її інформативність, яка забезпечується розмірною структурою і, зокрема, архітектурними і скульптурними деталями, їх геометричними характеристиками. Вони займають різні положення у структурно-рівневій диференціації архітектурної форми.

В теорії архітектурної композиції виділяють такі структурні рівні:

1) рівень цілого, або об'єктний рівень, визначений межами самої фасадної структури;

2) рівень частин цілого, або тектонічний рівень, представлений членуваннями фасадної структури за допомогою ризалітів, уступів, розкріповок, крупних горизонтальних фасадних членувань поясками, карнизами, кольоровими смугами тощо;

3) рівень елементів, що об'єднує в собі віконні і дверні прорізи, арки під'їздів, балкони, лоджії тощо;

4) детальний рівень, утворений пластичними елементами фасадної структури, які цілісно сприймаються у межах візуально-тактильного контакту з об'єктом (профілі, деталі віконних прорізів, лиштви, ліпнина, декор тощо);

5) рівень фактури, або мікроструктурний рівень – фактура, текстура, малюнок поверхні. [2].

Постановка завдання. Вдосконалення інформаційного підходу до визначення візуальної комфортності архітектурного середовища. Вивчення природи інформативності архітектури за допомогою структурних рівнів та характеристик, які забезпечують візуальну комфортність сприйняття навколишнього середовища.

Виклад основного матеріалу. Архітектурна пластика несе в собі складну інформацію, яка, спираючись на візуальні дані, викликає певні асоціації та емоції. Сприймаючи візуально будь-який об'єкт, в тому числі архітектурний, людина в першу чергу сприймає силует та загальні обриси на рівні цілого, внаслідок чого формується перше враження про об'єкт.

Образ будь-якої будівлі не є досконалим адже може не містити в собі деяких структурних рівнів. Відсутність у структурі будь-якого вищого рівня призводить до руйнування масштабного ладу. Послідовність сприйняття структури при цьому порушується, тому що інформаційні втрати зорової системи у цьому випадку для переходу від нижчого рівня до наступного вищого через надмірний інформаційний контраст надто великий [3]. Візуальне сприйняття у цьому випадку стає дискомфортним.

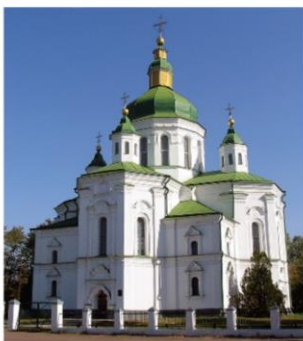


Рис.1 – Спасо-Преображенська церква в Великих Сорочинцях, Полтавської області

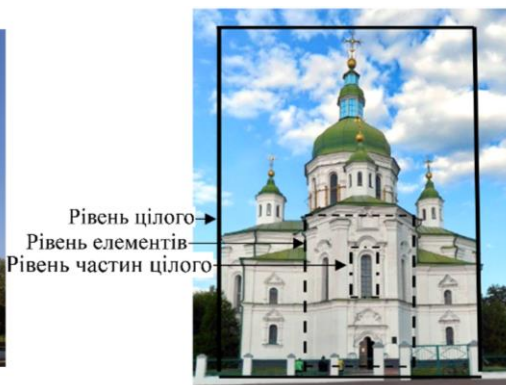


Рис. 2 – Схема №1 структурних рівнів на прикладі Спасо-Преображенської церкви

Описані вище ефекти яскраво простежуються у Спасо-Преображенській церкві в Великих Сорочинцях, Полтавської області. (рис. 1).

Архітектурні об'єми церкви ніби перетікають один в одного, створюючи пірамідальну композицію, яка, завдяки цьому гармонійно поєднується та, здається, прагне до неба.

На рівні цілого даної церкви, ми можемо побачити, що усі її елементи зливаються в одну єдину гармонійну систему.

На рівні частин цілого, композиція формується еркерами, раменами та карнизами, по всьому периметру будівлі. Еркери знаходяться з чотирьох боків виділяючи на перший план, для перехожих людей, входи, підкреслюючи демократичність культової будівлі.

Проміжний карниз ззовні розділяє церкву на два поверхи, цим самим поділяючи її композицію на дві частини: верхню, яка сприймається разом із дахом та куполами. Колони огинають кожен кут та утворюють певний ритмічний малюнок, цим самим створюючи відчуття пластичної споруди, яку обтікає зі всіх сторін повітря та сонячні промені. Важливим є не тільки сам елемент колон, вікон та еркерів, але й відстані між ними. Так, найбільш звичний для нас фасад являє собою сітку, яка має певний ритм, що може викликати у нас відчуття прекрасного.

Рівень елементів та детальний рівень, розглянемо разом, адже в даній споруді вони нерозривно переплітаються.

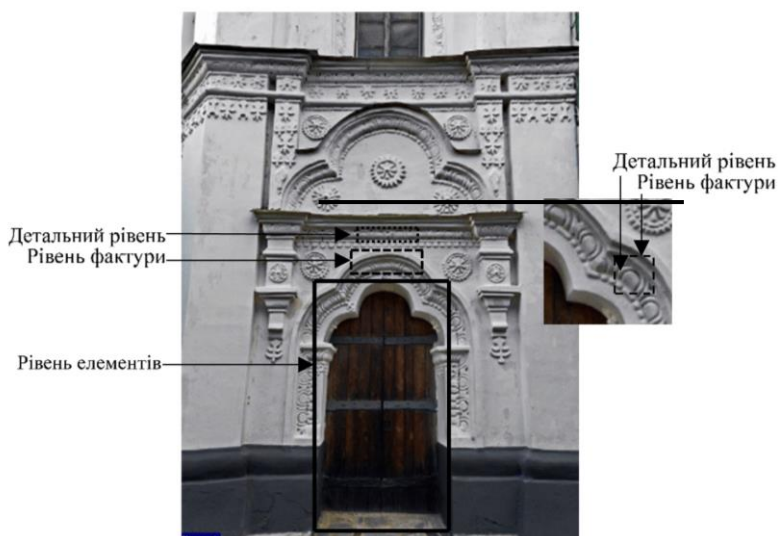


Рис. 3 – Схема №2 структурних рівнів Спасо-Преображенської церкви

Додати краси можуть відповідні деталі. Дрібні елементи можуть мати функціональне призначення, як, наприклад, перемичка над вікном, або бути лише

прикрасою, як, наприклад, декоративна ліпнина. Коли ми говоримо про композицію будівлі, під масштабом ми зазвичай розуміємо співвідношення до людини частин елементів або елементів між собою. Дрібна ліпнина — дає нам відчуття того, що все складається з дрібних елементів, які ми порівнюємо між собою.

Висновки. Аналізуючи інформативність архітектури, в першу чергу, необхідно виділити найсуттєвішу умову, за якою людина сприймає, та може розглядати отриману, від архітектурного об'єкта інформацію - це її впорядкованість та структурованість. Інформація є лише кількісною характеристикою, що виділяє відмінності одного об'єкта від іншого, отже її необхідно досліджувати як предмет, за різними параметрами які організують структурні рівні.

Перспективи дослідження. Комплексна оцінка інформативності як в межах структурних рівнів, так і в міжрівневих відношеннях. Слід зазначити, що в межах детального та інших структурних рівнів теж необхідно виділяти структурний – рівень цілого, частин цілого та елементів. На наш погляд така диференціація дасть змогу зрозуміти природу краси Спасо-Преображенської церкви в Великих Сорочинцях, Полтавської області.

Література

1. Мак-Уини Г. Обзор по эстетическим измерениям / Семиотика и искусствометрия. - М.: «Мир», 1972. – С.35-49.
2. Негай Г.А. Візуальна комфортність міського середовища / Г.А. Негай, О.А. Дорофєв, Н.С. Машовець // Містобудування та територіальне планування. - 2020. - Вип. 75. - С. 273-285.
3. Негай Г. А. Інформаційна оцінка гармонійності архітектури//Теорія та практика дизайну. – 2013. – №. 4. – С. 121-131.

УДК 721.01

Савельєва Д.І., Риба К.С., Машовець Н.С.

Хмельницький національний університет

АНАЛІЗ РЕКРЕАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

***Анотація.** Здійснено огляд ресурсного потенціалу рекреаційної системи Хмельницької області. Показано, що Хмельницька область є багатоманітною та унікальною щодо природно-рекреаційних ресурсів територією та є перспективною для розвитку рекреаційної діяльності.*

ANALYSIS OF THE RECREATION SYSTEM OF THE KHMELNYTSKYI REGION

***Abstract.** An overview of the resource potential of the recreation system of the Khmelnytskyi region was carried out. It is shown that the Khmelnytskyi region is a rich and unique territory in terms of natural and recreational resources and is promising for the development of recreational activities.*

У Стратегії розвитку Хмельницької області на 2021-2027 роки сформульовано основну стратегічну ідею розвитку Хмельниччини – це має бути економічно та культурно розвинений регіон західного Поділля, де поєднуються національні традиції [1].

У Хмельницької області є велика кількість сприятливих для відпочинку, оздоровлення, туризму ландшафтів і природно-територіальних комплексів. Хмельницька область має високий рівень концентрації природно-географічних рекреаційних ресурсів, у тому числі тих, які мають лікувальні, оздоровчі, рекреаційні властивості та широко використовуються в курортному господарстві [1, 2].

Хмельницька область володіє значними запасами унікальних мінеральних лікувальних вод, які розвідані на 14 ділянках, з яких експлуатується 6 ділянок. За властивостями Сатанівська мінеральна вода досить близька до води типу «Нафтуся», у Кам'янець-Подільському виявлено мінеральну воду, яка за своїми властивостями подібна до «Березівської» [3].

Серед геоморфологічних особливостей Хмельниччини варто відзначити Придністер'я – це своєрідна «гірська країна». У південно-західній частині Придністер'я, в місцях поширення гіпсів, утворились досить великі карстові провалля та печери (перша була відкрита біля с. Завалля і названа туристами «Атлантидою»). Все це створює можливості для організації зимових видів відпочинку, спелеопходів, навчальних та пізнавальних екскурсій.

Природа щедро наділила Хмельницьку область водними ресурсами: вона займає шосте місце в Україні. Водні ресурси Хмельницької області складаються з поверхневого стоку і запасів підземних вод. Річкова сітка представлена басейнами Дністра, Південного Бугу і Дніпра і нараховує 3733 річок загальною довжиною 12880 тис. км (за даними Хмельницького обласного управління водних ресурсів).

Прикладом ефективного ринку послуг водної рекреації Хмельниччини є організація туристичних сплавів на плотах, байдарках, катамаранах по річці Дністер. Взагалі, ріка Дністер та її притоки являють собою зручну артерію для розвитку водної рекреації.

Рекреаційні ліси як компонент природних рекреаційних ресурсів – це лише незначна (за площею) складова лісових екосистем, що забезпечує потреби населення у лікуванні, відпочинку та туризмі. Рекреаційно-оздоровчі ліси використовуються населенням здебільшого для туризму, оздоровлення і відпочинку.

Загалом кліматичні умови в регіоні можна вважати такими, що сприяють організації довготривалої та короточасної рекреації на протязі року з пріоритетним розвитком літніх видів відпочинку і спорту. Можливості для зимового відпочинку і особливо спорту, дещо обмежені, хоча при наявності фінансових ресурсів ці обмеження можуть бути зняті за допомогою будівництва штучних рекреаційних об'єктів (лижних трас, трамплінів, льодових стадіонів тощо). Це в поєднанні з іншими елементами, що формують рекреаційну привабливість території, дає підстави розглядати цей регіон як перспективний для розвитку тут рекреаційної діяльності [4].

Висновок. Багатство і унікальність природно-рекреаційних ресурсів Хмельницької області сприяє розвитку рекреаційного господарства, дає підстави для створення потужної рекреаційної індустрії відпочинку, фізичного й духовного оздоровлення, глибокого національного самоусвідомлення та екологічної освіти

Література

1. Стратегія розвитку Хмельницької області на 2021-2027 роки. URL: [https:// www.adm -km.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/проект-стратегії-хмельницької - області-2027-1.pdf](https://www.adm-km.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/проект-стратегії-хмельницької-області-2027-1.pdf) (дата звернення: 04.08.20).
2. Затверджено регіональну схему формування екологічної мережі Хмельницької області. URL: <https://www.adm-km.gov.ua/?P=8524> (дата звернення: 30.07.2020).
3. Туристична та санаторно-курортна галузь області. URL: https://www.adm-km.gov.ua/?page_id=1562 (дата звернення: 11.08.20).
4. Шулик В.В. Про визначення типу регіональної рекреаційної системи в мовах Хмельницької області / В.В. Шулик, Н.С. Машовець // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник – К., КНУБА, 2020. – Вип. 75.- с.388-402.

УДК 721.04

Синюк К.О., Конопльова О.В.
Хмельницький національний університет

ЗЕЛЕНА АРХІТЕКТУРА ЯК ЗАСІБ ГУМАНІЗАЦІЇ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

***Анотація.** Стаття присвячена розгляду питання гуманізації міського середовища засобами зеленої архітектури, серед яких найбільш актуальними є вертикальне озеленення фасадів та створення зелених дахів. Використання цих засобів дозволяє поліпшити екологію сучасних міст, які перевантажені транспортом і потерпають від наслідків цієї проблеми.*

GREEN ARCHITECTURE AS A TOOL OF HUMANIZATION URBAN ENVIRONMENT

***Abstract.** The article is devoted to consideration of the issue of humanizing the urban environment by means of green architecture, among which the most relevant are the vertical greening of facades and the creation of green roofs. The use of these means makes it possible to improve the ecology of modern cities that are overloaded with traffic and suffer from the consequences of this problem.*

Постановка проблеми. Існування людини в сучасному місті пов'язано з впливом на неї багатьох негативних факторів. Ущільнення забудови, перевантаженість транспортом знижують рівень комфорту міського середовища та погіршують умови життя населення мегаполісів, віддаляючи людину від природного оточення. Цьому сприяє неухильне зменшення площ, які займають зелені насадження, нецільове використання територій парків, скверів та прибудинкових територій. Тому сьогодні важливим напрямком у покращенні архітектури міста є застосування сучасних прийомів зовнішнього озеленення будівель, серед яких найбільш популярні вертикальне озеленення фасадів і зелені покрівлі. Ці засоби дозволяють не тільки значно покращити мікроклімат в різних районах міста, але і допомагають створити нову “зовнішність” будівель та міських просторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення питання вертикального озеленення та влаштування зелених дахів має свою історію, яка починається з вивчення традиційного житла у північних

держав, таких як Норвегія, і закінчується сучасними пропозиціями з інженерного облаштування залізобетонних монолітних конструкцій задля потреб вирощування рослин у відкритому ґрунті. Засновником і розробником нового способу вертикального озеленення фасадів, став Патрік Бланк. Він запропонував перенести зелений покрив з горизонтальної площини на вертикальну – технологію, відому як «Вертикальні сади» (Vertical Garden System), сади на даху пов'язують з ім'ям шведського архітектора Фрідріха Гундертвассера. Їх послідовники вдосконалили і розвинули ідеї, викладені в їх працях та реалізовані в натурі, До останніх публікацій за темою належать роботи Ковальова Ю., який розглядає місто як цілісну екосистему [1], дослідження Токарева Г. Вититського А., про інтеграцію природного і штучного середовища в еко-архітектурі [3]; книга Олійник О. П., Чопик Ю.М., в якій проаналізовано розвиток органічної архітектури на сучасному етапі [2].

Постановка завдання. Вивчення досвіду проектування та будівництва зеленої архітектури, дасть змогу архітекторам активно застосовувати нові технології для використання рослин не тільки як елементу, що покращує мікроклімат, але і як художнього засобу, який впливає на естетичні властивості міського середовища, робить його більш гуманним та ближчим до людини. Тому тема цієї статті є актуальною.

Виклад основних матеріалів. Зелена архітектура набула свого розповсюдження, перш за все, в житловому будівництві [1]. Це пов'язано з необхідністю гуманізації середовища саме в місцях постійного проживання людини. У Європі, США та Канаді покрівлі почали масово влаштовувати з озелененням з початку 1980 років [2]. Зелений дах дає змогу створити необхідний рівень температурної ізоляції, для утеплення взимку і охолодження влітку (рис.1) завдяки чому зменшуються витрати електроенергії, виникають додаткові площі для відпочинку населення та створення міні господарств [3].

Наступний приклад ілюструє органічне поєднання висотних будівель та зелених ландшафтів представлених кладками з рослинами. Для втілення ідеї знадобились дерева різної висоти та різного життєвого циклу. Всі рослини спочатку спеціально вирощувались і пройшли тест на вітрові навантаження до висадження на споруду. В житловому комплексі Bosco Verticale (рис.2) вдалося реалізувати функції відтворення кисню, очищення міського повітря від бруду і

пилу, природний контроль освітлення і вологості всередині приміщень, зниження сили вітру і мінімізації радіаційного фону [6].



Рис.1 – Міні господарства на даху



Рис.2 – Житловий комплекс «Вертикальний ліс» (Bosco Verticale)

Житловий комплекс «79 & Park» (рис.3) в Стокгольмі є системою модулів, що об'єднані один з одним за принципом каскаду. Він нагадує штучно зведений пагорб, який ідеально вписується в навколишній

ландшафт. Кожна з 196 квартир має доступ до приватних і загальних терас на даху, які покриті зеленню, щоб органічно відповідати розташуванню будинку в парку [4]. При цьому в залежності від розташування різні точки будівлі знаходяться на різних висотах, що дозволяє отримати гарний краєвид з кожного вікна і надходження світла у внутрішній двір будинку. Це рішення не тільки дозволило створити оригінальну композицію будівлі, але також забезпечило можливість недорогим способом з використанням збірних одиниць стандартизованих розмірів звести об'єкт.



Рис.3 – Житловий комплекс «79 & Park»



Рис.4 – «Вертикальне селище» в Сінгапурі

«Вертикальне селище» в Сінгапурі (рис. 4) – це житловий комплекс з поєднанням парковки, аптеки, лікарні та житла. Комплекс має внутрішній багатоповерховий парк. На середніх поверхах розташовано медичний центр з озелененням на фасаді. Центр забезпечує медичний догляд за жителями похилого віку, які проживають в будинку. Близькість до природи позитивно впливає на їх психофізіологічний стан. В структурі житлового комплексу передбачено 104 квартири, в яких живуть самотні похилі люди та подружні пари. Вертикальне озеленення переходить у живі насадження на даху, з місцями для відпочинку та огорою для любителів-садівників [5].

Наведені приклади надають уявлення про використання засобів зеленої архітектури для покращення комфорту міського середовища, що є особливо актуальним в районах житлової забудови великих міст.

Висновки

1. В статті розглянуто умови, що призвели сьогодні до зниження рівня комфорту міського середовища.

2. Проаналізовано засоби зеленої архітектури, що допомагають вирішити проблему дегуманізації середовища сучасних міст.

3. Наведено приклади застосування вертикального озеленення та озелених експлуатованих покрівель як засобів покращення рівня комфорту просторового середовища, насамперед, в житловому будівництві.

Література

1. Ковальов Ю. В. Аналіз досвіду організації та обґрунтування концепції розвитку розумних міст. Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Київ. 2021. НАУ. Вип.22. С.41-54

2. Олійник О. П., Чопик Ю.М. Розвиток органічної архітектури на сучасному етапі. Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Київ. 2019. НАУ. Вип.18. С.82-89

3. Токарев Г.С., Витиський А.І., Пилипенко М.П., Федченко Б.О., Лавринович М.В.; Грищенко І.А.; Малишко В.С; Петренко Р.М. Інтеграція природного і штучного середовища в еко-архітектурі. Київ. 2020. С.1-27

4. Made by BIG. Жилой комплекс в Стокгольме. Светлана Забуранная. URL: https://thearchitect.pro/ru/news/6984-Made_by_BIG_Zhiloy_kompleks_-79Park_v_

5. URL: <https://hvoya.wordpress.com-/2018/12/12/kampung/>

6. Bosco Verticale. Растения наше всё. Stanislav Sumariuk. URL:<https://medium.com/-@stanislav.sumariuk/bosco-verticale>

Агроінженерія та галузеве машинобудування

УДК 631.22

Білик Ю.М., Гусак І.О., Трофимчук М.О.

Хмельницький національний університет

УСТАНОВКА ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕЛЕНОГО КОРМУ ГІДРОПОННИМ МЕТОДОМ

Для покращення ефективності використання зернових кормів та збалансованості раціонів годівлі великої рогатої худоби особливо у зимовий період для малих фермерських господарств пропонується установка для вирощування гідропонного зеленого корму. Завдяки вибору конструкції установки на горизонтальних стрічкових транспортерах досягається оптимальне використання площі і об'єму приміщення, в якому вирощується ГЗК. Розрахунковий термін окупності витрат на виготовлення установки складає 1,5 року.

INSTALLATION FOR GROWING GREEN FORAGE USING THE HYDROPONIC METHOD

In order to improve the efficiency of the use of grain fodder and the balance of feeding rations of cattle, especially in the winter period, a hydroponic green fodder cultivation facility is proposed for small farms. Thanks to the choice of the design of the installation on horizontal belt conveyors, optimal use of the space and volume of the room is achieved, in which GZK is grown. The estimated payback period for the installation costs is 1.5 years.

Для інтенсивного розвитку тваринництва велике значення має стабілізація й підвищення поживності кормової бази, поліпшення збалансованості кормових раціонів. Одна із негативних сторін практики годівлі худоби у невеликих фермерських господарствах - низькоефективне використання фуражного зерна, частка якого, наприклад у кормових раціонах молочних корів зросла за останні 10...15 років в 1,5...2,0 рази, а відповідного приросту виробництва молока не було досягнуто[1].

Таке положення, поряд з іншими причинами, пояснюється тим, що значна частина зерна, що витрачається, згодовується в непідготовленому, незбалансованому виді і його живильна енергія практично не використовується в травних трактах тварин. Для підвищення засвоюваності, в кращому випадку, використовується зерно грубого помелу[2].

Наявна практика у тваринництві показує, що при збереженні продуктивності худоби відбувається різке зниження витрати кормів за рахунок підвищення ефективності їхнього використання. Тому екологічно нешкідливий розвиток інфраструктури кормового виробництва повинен підвищити інтерес до методів і засобів, які дозволяють самостійно з малою кількістю зовнішніх матеріально-фінансових зв'язків одержувати збалансовані кормові раціони на протязі всього року. Одним з таких методів є вирощування гідропонного зеленого корму. Гідропонний зелений корм має важливе значення у відгодівлі тварин в зимовий період.

Агротехніка вирощування ГЗК і характер використання в раціонах визначають особливості технічних рішень і конструкцій устаткування [3]. Для розуміння подальших питань слід розглянути біологічні передумови різних варіантів технологічного процесу вирощування. Агробіологічною основою вирощування ГЗК є процес проростання насіння зернофуражних культур, початкові стадії якого характеризуються певними фізіолого-біохімічними перетвореннями, що відбуваються при переході насіння від стадії спокою до стадії нормального росту.

Найбільш відчутним є зменшення сухої маси проростаючого зерна в перші 10...15 дн. за рахунок різкої активізації дихальних процесів в умовах практично повної відсутності процесу фотосинтезу через надзвичайно малу площу листової поверхні проростків. При цьому падіння сухої маси що проростає може досягати 25% маси вихідного насіння. Цей факт відзначений при дослідженні процесу вирощування ГЗК із насіння практично всіх основних зернових культур. За даними різних дослідників на 6..10-й день вирощування хімічний склад проростків істотно відрізняється від складу вихідного зерна. Відбувається збільшення вмісту протеїну (в 1,4...1,9 рази), кальцію й фосфору (в 1,5...2,0 рази), вітамінів Е (в 1,3...2,0 рази) і групи В, а також утворення каротину, вітамінів В, Р та ін [1].

Із врахуванням агробіологічних особливостей процесу нами розроблена установка (Рис.1) для вирощування зеленого корму гідропонним методом із насіння зернових культур, шляхом їх пророщування.

Конструктивна схема установки ГЗК включає бункер для зберігання зерна 1, дозатор 2, розподільні зернопроводи 3, стрічкові транспортери 4, направляючі пристрої для вивантаження ГЗК 5. По ходу технологічного процесу за установкою знаходиться транспортний пристрій 6 для приймання готового ГЗК.

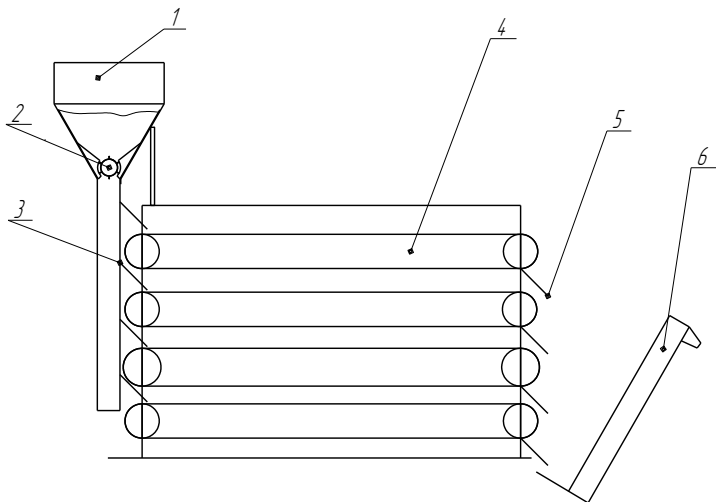


Рис. 1 – Конструктивна схема установки для вирощування ГЗК

Установка для вирощування ГЗК працює таким чином. Відповідно до умов технологічного процесу вирощування ГЗК щоденними операціями є подача зерна висіваючим пристроєм на одну із стрічок та вивантаження готового до використання ГЗК. Під час завантаження стрічки вимите і продезинфіковане зерно завантажується в бункер висіваючого пристрою, звідки дозатором через розподільні зернопроводи потрапляє на одну із стрічок транспортера. Після завантаження стрічки проводиться замочування зерна через пристрої зрошування, при цьому підтримуються необхідні параметри мікроклімату та забезпечується цілодобове освітлення. Крім того, при вирощуванні ГЗК, повітря разом з вуглекислим газом відсмоктується системою вентиляції.

Процес вирощування ГЗК на одній стрічці триває 8 днів. А потім пророщений ГЗК вивантажується з установки, шляхом руху стрічки, та спрямовується напрямним пристроєм на транспортний пристрій для подальшого використання.

Завдяки вибору нами конструкції установки на горизонтальних стрічкових транспортерах досягається оптимальне використання площі і об'єму приміщення, в якому вирощується ГЗК. Розрахунковий термін окупності витрат на виготовлення установки складає 1,5 року.

Література

1. Ускова Л.М. Технологія кормів з основами кормовиробництва. – ХДЗВА. – 2019. – 86 с.
2. Гідропоніка як сучасний метод вирощування рослин [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://odsk.kiev.ua/obzory/ua/etap-stroitelstvodoma-osenu-bez-pereryva-v-stroitelnyh-rabotah.aspx>
3. Костюченко В., Булгаков В., Свірень Н., Дрига В. Агромеханічне обґрунтування машин для виробництва гідропонного зеленого корму. – Кіровоград: 2010, КОД. – 320 с.
4. Гіль Л. С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту / Л. С. Гіль, А. І. Пашковський, Л. Т. Суліма. – Вінниця: «Нова Книга», 2008. – 367 с
5. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості/ І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов, В.Г. Мирончук, А.І. Українець, О.Т. Лісовенко, В.М. Таран та ін. За ред. академіка УААН Гулого І.С. – Вінниця: Нова книга, 2011, - 576с.

УДК 636.2.082.2

Борис М.М., Остапишин Е.С., Васильків В.В.

Хмельницький національний університет

УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ СОЄВОГО МОЛОКА

Для зменшення собівартості вирощування молодняка великої рогатої худоби та збалансованості раціонів годівлі доцільно використовувати замітник цільного молока – соєве молоко. Проте у сої є шкідливі речовини які пропонуємо дезактивувати в процесі виробництва соєвого молока завдяки обґрунтуванню конструкції установки. Технологічний процес передбачає замочування, нагрів та диспергування насіння сої. Впровадження випоювання телят дасть змогу підвищити товарність незбираного молока на 15–20% і на 10–15% знизити собівартість тваринницької продукції.

INSTALLATION FOR GROWING GREEN FORAGE USING THE HYDROPONIC METHOD

In order to reduce the cost of growing young cattle and balance the feeding rations, it is advisable to use a substitute for whole milk - soy milk. However, soybeans contain harmful substances that we propose to deactivate during the production of soy milk due to the justification of the plant design. The technological process involves soaking, heating and dispersing soybean seeds. The introduction of calf drinking will make it possible to increase the marketability of whole milk by 15-20% and to reduce the cost of livestock products by 10-15%.

Останніми роками стан молочного скотарства характеризується сповільненням негативних процесів скорочення поголів'я тварин і підвищенням їх продуктивності. У господарстві постала проблема пошуку шляхів підвищення економічної ефективності ведення тваринництва та здешевлення собівартості виробництва продукції. Водночас однією з головних проблем галузі залишається висока собівартість виробництва продукції, де найбільшу питому вагу займає вартість кормів. Використання в годівлі соєвого «молока» є одним із резервів здешевлення виробництва і підвищення загальної ефективності тваринництва[1].

Наукою і практикою доведено, що сільськогосподарські тварини дуже чутливі до антипоживних елементів, які містяться у сирій сої. Відтак, при використанні сої в годівлі тварин її потрібно піддавати

відповідній тепловій обробці перед тим, як включати до раціонів у якості високобілкового корму, оскільки в іншому випадку активні антипоживні білкові речовини негативно позначаються на стані їх здоров'я. Зокрема, відбуватиметься пригнічення їх росту, зниження ефективності використання кормів та інші негативні наслідки[2].

Метою наших досліджень є створення конструкції установки для виготовлення соєвого молока для умов невеликих фермерських господарств. Тому конструкції установки повинно передбачатись проведення процесів замочування, нагрівання та дрібнодисперсне подрібнення зерна сої [3].

Для отримання соєвого молока пропонується установка (рис. 1), що складається з ванни для замочування, пристрою подрібнення й пристрою одержання соєвого молока.

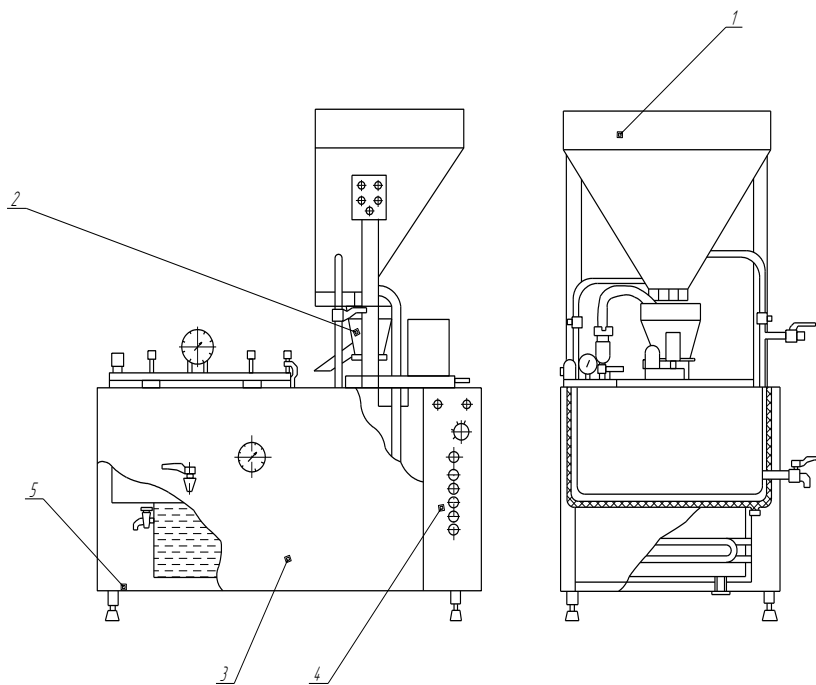


Рис.1 – Схема установки для отримання соєвого молока:

1 – ємкість замочування; 2 – пристрій подрібнення; 3 – пристрій одержання соєвого молока; 4 – панель керування; 5 – рама.

Промите насіння сої завантажують вручну в ємність замочування. Кількість насіння сої, що замочують, не повинне перевищувати 25кг, а співвідношення їх до води 1:3. Час замочування не менш 12 годин. Після закінчення часу замочування вода зливається в систему зливу.

Вручну підводять пристрій подрібнення під горловину клапана пристрою замочування. Вручну відкривається заслінка і замочене соєве насіння надходить у прийомну конусну лійку пристрою подрібнювання. Сюди ж подається вода. Включається електродвигун пристрою подрібнення відповідною кнопкою панелі керування. При цьому обертання через клинопасову передачу й вал передається на насадку. При обертанні насадки, гвинтові поверхні лопат захвачують сою з водою, і в зоні між ребристою внутрішньою поверхнею кришки й зовнішньою поверхнею лопат відбувається попереднє подрібнення насіння сої. Далі насіння сої спрямовується до ребристої внутрішньої поверхні статора, де відбувається подальше подрібнення сої за рахунок багаторазового зіткнення в зустрічних потоках. При обертанні ротора відбувається багаторазове високочастотне перекриття пазів - при цьому відбувається процес розчинення білка водорозчинних речовин сої у воді, а так само подрібнення часток сої. Далі, суспензія що утворилася через похилий патрубок пристрою подрібнення надходить у ємність .

При необхідності повторного подрібнення соєва суспензія з ємності подається в конусну вирву подрібнювача повторно включенням молочного насоса.

Залита вода в парогенераторі нагрівається до кипіння, електронагрівачами. Пара, що утвориться при кипінні води, витісняє повітря з пароводяної сорочки, що виходить через відкритий запобіжний клапан.

З появою стійкого струменя пари клапан закривають. Пара при цьому створює надлишковий тиск. При досягненні верхньої заданої межі реле тиску відключає частину або всю потужність електронагрівачів залежно від вибраного режиму роботи установки.

Соєве молоко успішно замінює цільне молоко при випоюванні телят і поросят. Практичний досвід його використання в господарствах довів високу ефективність переробки сої для подальшого її використання в годівлі тварин.

Економічні аспекти використання соєвого «молока» також свідчать про переваги, які передусім полягають в економії на його виробництві порівняно з використанням при випоюванні тваринам

коров'ячого молока, собівартість якого майже вчетверо вище (табл. 1). Це дає змогу збільшити виробництво товарного молока завдяки зниженню витрат молочних кормів на випоювання одного теляти з 200–400 до 50–150 кг, підвищити товарність незбираного молока на 15–20% і на 10–15% знизити собівартість тваринницької продукції.

Таблиця 1. – Собівартість виробництва 1 ц продукції, грн

Стаття витрат	Коров'яче молоко	Соеве молоко
Оплата праці	34,3	3,9
Вартість зерна	-	36,4
Вартість кормів	116,1	-
Вартість електроенергії	29,8	9,35
Транспортні роботи	-	2,70
Амортизація	-	3,01
Інші витрати	39,8	1,18
Собівартість виробництва	220,0	56,55

Література

1. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин: Навчальний посібник/ [Ібатуллін І. І., Чигрин А. І., Отченашко В. В. та ін.]; під ред. Академіка НААН України І. І. Ібатулліна. – Житомир: «Полісся», 2013.-442 с.
2. Проваторов Г.В., Проваторова В.О. Годівля сільськогосподарських тварин: Підручник. - Суми: ВТД: Університетська книга, 2004. – 510 с.
3. Обладнання для виробництва соєвого молока. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/obladnannya-dlya-virobnictva-soieвого-moloka>
4. Проваторов Г.В., Ладика В.І. та ін. Норми, раціони и поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин: Довідник.-Суми:ВТД „Університетська книга”, 2007. - 494 с.

УДК 658:656:378.4(073)

Замойський С.М., Медведчук Н.К., Садовий І.Ю.

Хмельницький національний університет

АВТОМОБІЛЬНІ ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ

Транспорт є однією з найважливіших галузей суспільного виробництва і покликаний задовольняти потреби населення та суспільного виробництва у перевезеннях. Розвиток економіки країни, нормальна виробнича діяльність підприємств, будівництва, сільського господарства, зовнішня і внутрішня торгівля - залежать від наявності транспортних засобів і чіткої роботи транспорту по своєчасній доставці різних вантажів народногосподарського, виробничого і іншого призначення і відвозу готової продукції із пунктів виробництва у пункти споживання.

VEHICLE TRUCK TRANSPORTATION

Transport is one of the most important branches of public production and is designed to meet the needs of the population and public production in transportation. The development of the country's economy, the normal production activity of enterprises, construction, agriculture, foreign and domestic trade - depend on the availability of means of transport and the clear operation of transport for the timely delivery of various cargoes of national economic, industrial and other purposes and the transportation of finished products from production points to consumption points.

Постановка проблеми в загальному. Автомобільний транспорт зайняв провідне положення в міських перевезеннях, а також на підвозі вантажів до залізничних і водних магістралей. На відстані до 100 км по удосконалених дорогах перевезення збірних вантажів автомобілями обходиться дешевше залізничних, внаслідок маневреності автотранспорту і доставки вантажів «від дверей до дверей». Найбільше вантажних перевезень в галузях народного господарства приходить на промисловість, далі йдуть сільське господарство і будівництво. В сільських районах виділяються дороги де різко переважають перевезення тих чи інших видів сільськогосподарської продукції. Значну долю у вантажообороті автомобільного транспорту складають перевезення мінеральних будівельних матеріалів. Деякі дороги, що обслуговують підприємства будівельної промисловості (вивіз сировини із кар'єрів) і які

перевозять продукцію цих підприємств до місць споживання, мають вузькоспеціальне призначення.

Транспорт є однією з найважливіших галузей суспільного виробництва і покликаний задовольняти потреби населення та суспільного виробництва у перевезеннях. Розвиток економіки країни, нормальна виробнича діяльність підприємств, будівництва, сільського господарства, зовнішня і внутрішня торгівля - залежать від наявності транспортних засобів і чіткої роботи транспорту по своєчасній доставці різних вантажів народногосподарського, виробничого і іншого призначення і відвозу готової продукції із пунктів виробництва у пункти споживання. Життя людей, їх спілкування між собою, організація праці, лікування і відпочинок, обмін культурними цінностями, досвідом різносторонньої діяльності, задоволення повсякденних потреб в промислових і продовольчих товарах - все це багато в чому пов'язано з транспортом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними напрямками розвитку транспорту є: підвищення рівня транспортних послуг шляхом розвитку інтегрованої конкурентноспроможної системи, яка базується на передовій технології і сприяє охороні навколишнього середовища та безпеці; удосконалення функціонування єдиного транспортного ринку з метою підвищення його ефективності, рівня надання транспортних послуг, які забезпечують право вибору і враховують інтереси споживача, зберігаючи при цьому рівень соціального захисту.

Формулювання мети дослідження. Прогнозується, що більш широке використання одержать види сполучення, які найменш шкідливі для оточуючого середовища і найбільш ефективні з точки зору енергозбереження, що дозволить розкрити невикористані, або потенційні можливості різних видів транспорту і забезпечити їх взаємодію з метою більш повного використання переваг окремих видів транспорту у змішаному сполученні.

Виклад основного матеріалу. У забезпеченні транспортного процесу основна увага буде приділятися впровадженню телематики, особливо супутниковому зв'язку, навігаційним методам і технологіям. Передбачається посилення контролю за додержанням правил у галузі транспортних послуг, впровадження правил конкуренції і державної допомоги на лібералізованому ринку. Передумовою для оптимального балансу між різними видами транспорту є заходи по уніфікації інфраструктурних і зовнішніх зборів з різних видів транспорту. Різниця в

системі зборів різних держав може викликати скривлення конкуренції навіть для одного виду транспорту. Відповідно до закону України «Про транспорт» - розвиток і вдосконалення транспорту здійснюється відповідно до національної програми з урахуванням його пріоритету та на основі досягнень НТП і забезпечується державою.

В умовах ринкових відносин держава повинна не тільки законодавчо забезпечувати процес організації перевезень, але й контролювати виконання транспортного законодавства, забезпечувати організацію перевезень на визначеному якісному рівні і відповідати повною мірою перед населенням за рівень транспортного обслуговування. Обов'язковою умовою забезпечення визначеного рівня безпеки та якості обслуговування є нерозривність технології планування та управління процесом перевезень: сучасна технологія перевезень повинна базуватись за видами сполучень або за регіональним принципом. Технологія включає систему планування маршрутної мережі, визначення типу рухомого складу, режимів функціонування та розкладів руху. Крім того на всіх видах сполучень повинні бути єдиними вимоги щодо білетної системи, інших документів, правил перевезень. Таким чином визначаються два рівні планування, організації та контролю перевезень пасажирів - міський і внутрішньо обласний та міжобласний. Розвиток магістральних автомобільних перевезень, особливо на дорогах з великим вантажним рухом і на лініях з регулярними автобусними рейсами, потребує подальшого будівництва і вдосконалення доріг з твердим покриттям. Розрахунки показують, що при невеликих вантажних потоках і слабкій інтенсивності пасажирського руху, будівництво доріг з твердим покриттям економічно невиправдано. І тому перш за все повинні бути реконструйовані дороги загальнодержавного значення, по яких здійснюються важливі економічні зв'язки. За період 1993-2000 років було прийнято дві великі спроби ренесансу автопромисловості: державна програма розвитку автомобілебудування України (1993 рік) і Закон України «Про стимулювання виробництва автомобілів в Україні (1997 рік). Перша закінчилась майже повним провалом, а друга поки що не дала очікуваних результатів. На початку 2001 року зроблена третя спроба - Концепція розвитку автомобілебудування і регулювання ринку автомобілів в Україні до 2005 року. Загальна думка - обмеження імпорту автомобілів як основного стимулу для створення автотранспортних засобів українського зразка, які могли б конкурувати з світовими

автомобілебудівними компаніями. Вибір стратегії реалізації визначить або триумф, або трагедію не тільки автопромисловості, але і національних перевізників. Системний аналіз Концепції 2001 показує на присутність в ній ризику в частині досягнення бажаних результатів і виступає мотивом для хвилювання. Під терміном «чисто український автомобіль» (легковий, вантажний, автобус) необхідно розуміти автотранспортний засіб, виробництво якого відбувається виключно на вітчизняних, власної конструкції комплектуючих виробач: від болта і гайки - до двигуна, шасі і кузова. Аналоги - автомобілі фірми «Мерседес», «Вольво» і інші. Відповідно до концепції 2001 передбачається, що до 2005 року виробництво автотранспортних засобів виросте в 2 - 2,5 рази. Автомобілебудування оголошується пріоритетною галуззю промисловості, як це раніше було зроблено з кораблебудуванням, літакобудуванням, і бронетанковою технікою. Розвиток автомобільної промисловості України повинен розвиватись по двох напрямках. Перше - виготовлення вибраних іномарок, так як сьогодні вітчизняна промисловість не в змозі зробити конкурентоспроможний автомобіль. Друге - ріст локалізації виробництва деталей і комплектуючих. Коли ці два процеси інтегруються, тоді і можуть виникнути передумови для створення українських автомобілів. У перспективі автомобільний транспорт України все тісніше інтегруватиметься у високорозвинену європейську автомобільну комунікаційну систему. Ринок транспортних послуг почав формуватись в США і Канаді на початку ХХ століття. Ринкові правила цих країн були встановлені у результаті запеклої законодавчої боротьби між клієнтами і транспортниками, а також між представниками різних видів транспорту. Основою ринкових відносин на транспорті стало антимонопольне законодавство, система регулювання тарифів, а також методи контролю транспорту і способи втручання в його економічну діяльність в основному за стратегічними і політичними мотивами. При формуванні ринкових відносин най тривалішим процесом була розробка системи регулювання тарифів (біля 100 років). У США після кропіткого аналізу втручання держави у роботу транспорту була проведена законодавча реформа (1980 р.), яка обмежила державне втручання в економіку транспорту. Сучасна американська система транспортування вантажів вважається однією з найкращих в світі.

У країнах Західної Європи з середини 80-х років, для створення ринкового середовища був розпочатий процес дерегулювання діяльності

транспорту і його приватизації. Передбачалось, що приватизація дозволить отримати економію ресурсів шляхом зменшення дотацій і нижчих цін на перевезення для споживачів. Приватизація виконувалась в умовах конкуренції. В результаті такої політики у країнах Європи спостерігалось: спочатку - підвищення рівня транспортного обслуговування, як результат конкурентної боротьби; потім - витіснення конкурентів і утворення монополій; у кінці 80-х років - різке підвищення цін і падіння рівня транспортного обслуговування клієнтів. Такий розвиток подій у сукупності з наріканнями клієнтів транспорту привів до часткового поновлення регулювання діяльності транспорту. Набутий світовий досвід свідчить, що утворення транспортного ринку дозволяє: 1. Встановити рівновагу між попитом і пропозицією, що сприяє зацікавленості суспільства в ефективному розвитку економіки. При цьому передбачається задоволення попиту в транспортних послугах при найменшій витраті ресурсів, так як ефективна конкуренція є найкращою гарантією проти поганого обслуговування, неефективного виробництва, і економічної експлуатації однієї групи населення з сторони іншої за рахунок надлишково високих цін і прибутків.

2. Розмістити транспортні підприємства і визначити перелік їх послуг у відповідності з попитом на перевезення. При цьому споживачі послуг платять за свій вибір по конкурентній ціні, а виробники транспортних послуг отримують прибутки на конкурентній основі: - ціни відбивають витрати, що дозволяє транспортним фірмам забезпечити належне обслуговування і заміну необхідних фондів; - мають стимули для скорочення витрат і підвищення рівня надання послуг, з метою успішної конкуренції з іншими підприємствами.

3. Силами ринкової конкуренції стимулювати економічну ефективність, так як: системи регулювання не можуть забезпечити отримання високих результатів. Втручання органів регулювання викривляє систему стимулів для прийняття рішень у галузі надання транспортних послуг та інвестування їх розвитку; компенсація, що встановлюється з допомогою регулювання не є відбитком ринкових ставок, як і самого ринку. Ніяка формула, або процес регулювання не допоможе всебічно оцінити інформацію і вибрати найкраще рішення про попит і пропозицію, як це відбувається в умовах ринку при вільному укладанні угод; особи, що виконують регулювання, не в змозі встановити ціни на послуги; витрати необгрунтованого регулювання можуть бути дуже високими внаслідок встановлення цін, які не

відображають рівновагу між попитом і пропозицією, та відсутністю стимулів для інвестування і модернізації.

Роботі транспорту в умовах ринкових відносин притаманна ціла низка вад:

1. Ринок без ефективної конкуренції не може стимулювати економічну ефективність. З метою стимулювання швидкого економічного розвитку інколи стимулюють надмірну владу ринку. Це досягається тим, що уряд надає особливі пільги одному або декільком підприємствам, або іншим способом обмежує доступ до ринку в обмін на зобов'язання стосовно інвестицій і економічного розвитку.

2. Окремі ринки історично розглядаються як «природні монополії» (наприклад: передача електроенергії, залізничний транспорт).

3. Державне регулювання може бути необхідним для захисту прав споживачів; попередження надлишково високих тарифів і прибутків; попередження протизаконних дій, які стримують розвиток конкуренції; попередження розповсюдження надмірних ринкових сил на інші галузі економіки.

4. Ринки з ефективною конкуренцією не дозволяють уникати ситуації, коли виробники набирають надлишкову ринкову владу або за допомогою купівлі, або злиття компаній (викликає пониження або ліквідацію ефективності конкуренції), або за рахунок витіснення конкурентів за допомогою проти конкурентних цін (менша ціна, поки конкурент не збанкрутує).

5. Ринки не можуть належним чином дисциплінувати поведінку у відношенні до зовнішніх факторів, що проявляються як наслідки вибору зробленого виробниками або споживачами транспортних послуг і за які вони не несуть відповідальності у відношенні повного відшкодування витрат (екологія).

6. Ринки не забезпечують вирішення інших задач суспільства, крім підвищення економічної ефективності (безпека, соціальні задачі).

Тому транспортний ринок потребує державного втручання з метою попередження зловживань, пов'язаних з надлишковою владою ринку, або вирішення соціальних задач. Не існує єдиного рішення державного втручання для всіх випадків, проте накопичений досвід дає змогу сформулювати загальні принципи таких дій.

1. Ринкову конкуренцію необхідно максимально розвивати. Ринковим силам завжди потрібно надавати перевагу над державним

регулюванням, за виключенням випадків, коли на ринку спостерігається криза, або є необхідність рішення конкретних соціальних задач.

2. У випадках необхідного регулювання, воно повинно бути максимально обмеженим.

3. Для висновку про необхідність регулювання необхідно визначити наявність ефективної конкуренції (конкуренція в межах одного виду транспорту, між різними видами транспорту, географічна конкуренція, конкуренція за переліком транспортних послуг).

4. Якщо регулювання необхідне або бажане, його необхідно обмежити тими аспектами ринку, де його використання має критичне значення.

5. Державне втручання з метою контролю за зовнішніми факторами, або виконання соціальних задач повинно бути максимально направленим і чітким, обмежуватись рішенням конкретної проблеми і враховувати наслідки для розвитку конкуренції між різними видами транспорту і компаніями

Таким чином, створення ринкових відносин і конкурентного середовища вимагає: ліквідацію некомерційних політичних обмежень; створення відповідної нормативно-правової бази; ринкового регулювання; прогнозування умов стійкого розвитку; регулювання оподаткування; наявність визначеного механізму захисту споживачів. У ринкових умовах держава, з метою вирішення соціальних задач може дотувати певні види перевезень. У цьому випадку субсидії на послуги транспорту повинні бути цільовими, наперед узгодженими і виплачуватись своєчасно, а не покривати дефіцит постфактум.

Будь-який вид транспорту дає прибуток тільки тоді, коли виконує роботу. Тому між видами транспорту точиться запекла боротьба за клієнтів. Вже це визначає їх взаємодію. Питання взаємодії виникають і тоді, коли один вид транспорту не може забезпечити повний цикл перевезень. З урахуванням того, що рухомий склад різних видів транспорту істотно відрізняється значеннями технічних показників (вантажопідйомність, об'єм кузова, тощо) можливе виникнення ситуацій, коли ефективне використання одного виду транспорту викликає низьку продуктивність роботи суміжного, що потребує рішення задачі про справедливий розподіл прибутку. Крім цього, можливі інші ситуації, пов'язані з скороченням тривалості доставки та її вартості, що зумовлюють ефективну співпрацю різних видів транспорту. Отже видам транспорту водночас притаманні процеси диференціації (розподіл сфер

діяльності) та інтеграції (спільна організація перевезень), які визначають їх взаємодію. Взаємодія - це діяльність спрямована на реалізацію спільної мети, яка передбачає найбільш повне використання всіх ресурсів і можливостей транспортної системи. Більшість проблем взаємодії окремих видів транспорту пов'язані з організацією та удосконаленням роботи транспортних вузлів, де виникають проблеми неузгодженості дій, різноманітності тарифних систем, необхідності багаторазового переоформлення документів. На сучасному етапі розвитку транспорту ще не вирішено багато проблем взаємодії та координації роботи різних видів транспорту на всіх рівнях управління. На рівні взаємодії транспорту з галузями народного господарства не встановлено оптимального співвідношення між рівнями розвитку суспільного виробництва та транспорту, невизначені оптимальні пропорції розвитку окремих видів транспорту, немає загально визначеної методики побудови і оцінки транспортної мережі, потребує удосконалення методика розрахунку тарифів на перевезення, відсутня єдина класифікація вантажів для всіх видів транспорту. Для ефективного функціонування взаємодіючих видів транспорту необхідно узгодити їх роботу на всіх рівнях та областях управління, що досягається шляхом координації. Координація - по суті це погодження, вироблене та встановлене спільно декількома сторонами. Вона направлена на формування корегуючи, або підтримуючих дій для забезпечення погодженої роботи у досягненні організаційно незалежних цілей. Існують два шляхи досягнення погоджених дій - зрівняння пріоритетів за цілями, що збігаються, та обмеження вибору альтернатив за цілями, які відрізняються. Процес реалізації цих шляхів уявляє собою організовану послідовність зв'язаних між собою блоків переробки інформації. Спочатку виділяються спільні інтереси, і ті що розходяться. Потім виконується оцінка ступеню їх взаємної обумовленості та взаємної залежності, які необхідні для формування шляхів взаємодії. На останньому етапі виконується вибір альтернатив, що задовольняють погодженим вимогам. У кожному конкретному випадку, задачі координації відрізняються - або це фіксація інтересів, які збігаються, або їх перебудова, або доведення доцільності погодженого прямування до своїх цілей через усунення можливих протиріч та конфліктів, або встановлення компромісу та режиму обопільної допомоги. Координація - не завжди співробітництво, але завжди вирішення протиріч. Основними напрямками взаємодії в транспортних вузлах є: організація єдиних змін

працівників взаємодіючих видів транспорту, спеціалізація ділянок, концентрація техніки та ресурсів, вибір раціональних транспортних засобів та порядку обробки рухомого складу, зменшення тривалості та кількості операцій, погодження режиму роботи транспортних засобів і підприємств регіону. Крім цього, між окремими видами транспорту є специфічні напрямки взаємодії. Так, взаємодія залізничного магістрального та промислового транспорту відбувається за напрямками: оптимальний розподіл операцій з обробки вагонів між підприємством та станцією прилягання, встановлення оптимальних проміжків часу між подачами груп вагонів, вибір оптимальної схеми механізації та автоматизації навантажувально-розвантажувальних робіт, організація оперативного керівництва та планування роботи транспорту підприємства та залізничної станції на основі взаємної поінформованості. Взаємодія залізниці з автомобільним транспортом має свої специфічні напрямки: організація прямого змішаного залізнично-автомобільного сполучення, завезення та вивезення вантажів на залізничні станції, організація транспортно-експедиційного обслуговування

Організація перевезень та транспортного обслуговування. Доставка продукції розпадається на ряд послідовних окремих етапів, не пов'язаних між собою, і може виконуватись різними перевізниками. Тому оптимізація такого просторово-часового ланцюга являє собою досить складну задачу. За кількістю видів транспорту, які приймають участь у доставці товарів, системи доставки поділяють на одновидові (юнімодальні) та багатовидові (мультимодальні і інтермодальні). Інтермодальні перевезення - це система доставки вантажів в міжнародному сполученні кількома видами транспорту за єдиним перевізним документом і передачі вантажів в пунктах перевалки з одного виду транспорту на інший без участі вантажовласника в єдиній вантажній одиниці (або транспортному засобі). Системоутворюючим елементом виступає інтермодальна вантажна одиниця, яка допускає митне пломбування вантажу згідно міжнародних вимог, яке виключає доступ до вантажу без зриву пломб. Основою сучасних інтермодальних перевезень вантажів є контейнери міжнародного стандарту I80. Однак можуть використовуватись і інші вантажні одиниці, але лише ті, які відповідають наступним вимогам: дозволяють застосовувати комплексну механізацію перевантажувальних робіт в пунктах перевалки; відповідають міжнародним чи регіональним стандартам (до них відносять контейнери, трейлери, змінні кузови, пакети і блок-пакети

вантажу). Мультимодальні перевезення являють собою прямі змішані перевезення щонайменше двома різними видами транспорту і здійснюються, як правило, всередині країни. Юнімодальні перевезення відповідно - прямі перевезення лише якимось одним видом транспорту. Кожні з вказаних видів перевезень володіють специфічними особливостями в технології, організації і управлінні, але вони мають спільну технологічну основу у вигляді конкретних технологічних схем доставки вантажів. Виявлення закономірностей функціонування ланок і елементів доставки є основою системної побудови всіх можливих видів організації перевезень вантажів.

Висновки. Найпростішою організацією для перевезень вантажів є транспортна ланка. Організаційна структура транспортної ланки передбачає оптимізацію як складу елементів, так і структури ланок і взаємозв'язків між ними. Процеси трансформації являють собою процеси перетворення входу у вихід, тобто своєчасного, з належною якістю і малими витратами перевезення вантажів. Трансформація додає до затрат на вході певну вартість, відповідну ціні або собівартості перевезення. Головним об'єктом управління в цій схемі є матеріальні і відповідні їм потоки інформації і грошових засобів, які забезпечують реалізовану технологію перевезення, а основою побудови ефективної системи операційного менеджменту - виробничий розклад, сформований, виходячи з задач задоволення попиту на транспортні перевезення вантажів. Для підвищення ефективності і системної стійкості на ринку транспортних послуг при доставці вантажів повинна бути забезпечена максимальна координація і інтеграція всіх ланок транспортного процесу, які беруть участь в формуванні і управлінні основними та допоміжними матеріальними і пов'язаними з ними потоками. Елементами транспортного процесу при перевезенні вантажів є подача транспортних засобів під навантаження, транспортування і розвантаження.

Література

1. Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. Машинвикористання та екологія довкілля. – Київ : Грамота, 2007. – 360 с.

УДК 658:656:378.4(073)

Замойський С.М., Помаля М.Я., Петренко А.Г.

Хмельницький національний університет

ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Найпопулярнішим способом транспортування товарів на цей час є вантажоперевезення автомобільним транспортом. У сільському господарстві понад 35% усіх витрат, необхідних при вирощуванні і збиранні агропромислових культур, складають витрати на вантажоперевезення. При цьому транспортними роботами зайнято біля 25% від загального числа всіх робітників.

TRANSPORT – TECHNOLOGICAL PROCESSES IN AGRICULTURAL PRODUCTION

The most popular way of transporting goods at this time is road transport. In agriculture, more than 35% of all expenses necessary for the cultivation and harvesting of agro-industrial crops are expenses for freight transportation. At the same time, about 25% of the total number of all workers are engaged in transport work.

Постановка проблеми в цілому. У сільському господарстві важливу роль відіграють механічні засоби виробництва - трактори, автомобілі, та інші робочі і силові машини. Для здійснення процесу виробництва кожне сільськогосподарське підприємство повинно мати необхідну кількість відповідних засобів виробництва, і насамперед механічних. Для визначення потреби в окремих видах техніки необхідно розрахувати обсяг відповідних робіт за рік і знати нормативний річний виробіток однієї машини. Ці розрахунки здійснюються по господарству в цілому. Економічна ефективність залежить також від організації транспортної діяльності, її прогресивних форм. Від способів транспортування значною мірою залежить якість продукції, що доставляється споживачеві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Транспортні витрати становлять 20-30 % від усіх витрат на виробництво сільськогосподарської продукції. У сільськогосподарських

підприємствах на вантажно-розвантажувальні роботи та перевезення вантажів витрачається 35-40 % всіх нафтопродуктів, які споживаються в господарствах. Тому раціональне використання транспортних засобів є важливим напрямком підвищення ефективності виробництва.

Мета досліджень. Використання транспорту в сільському господарстві має свої особливості; величина, різноманітність вантажів; нерівномірність вантажоперевезень протягом року, погані дорожні умови, залежність від поганих умов, що зменшує продуктивність транспортних засобів.

Виклад основних матеріалів. До транспортних засобів, які використовуються для перевезення сільськогосподарських вантажів, ставляться особливі вимоги. По-перше, це перевезення у відповідні агротехнічні строки. По-друге, транспортні засоби мають відповідати фізико-механічними та іншим властивостям вантажів, оскільки в сільському господарстві більшість вантажів III і IV класів, які забезпечують повне використання вантажопідйомності автомобілів. Ефективність транспортних засобів на перевезення різних вантажів і на різну відстань неоднаково. Тому важливе значення має раціональне поєднання різних видів транспорту. Ефективність використання автотранспорту залежить від його структури. Технології внутрігосподарських перевезень сільськогосподарських вантажів з полів можливо розділити на три основні види:

1.Прямочотна (потокова) схема розподільних процесів, яка передбачає завантаження робочих машин технологічними матеріалами на складі, транспортування і внесення матеріалів цими ж машинами.

2.Перевантажувальна схема, яка передбачає завантаження на складі транспортних засобів, транспортування ними матеріалів до робочих машин, перевантаження у робочі машини, які здійснюють розподіл матеріалів на площі (внесення добрив).

3.Перевалочна схема у порівнянні з попередньою додатково включає проміжне складування матеріалів (польові склади, бурти, нагромаджувачі), з наступним завантаженням робочих машин і внесенням.

Транспортно-технологічні процеси сільськогосподарського виробництва характеризуються значною трудомісткістю у зв'язку з відсутністю техніки для забезпечення необхідної якості і продуктивності. У зв'язку з переходом до ринкових відносин, намітилась тенденція розвитку індивідуальних фермерських

господарств, які виготовляють продукцію в невеликих обсягах. Для успішного розвитку цих господарств необхідне просте в керуванні, надійне, високо продуктивне, малогабаритне та малоенергомістке обладнання. Існуючі конструкції обладнання, які розраховані на великі обсяги продукції, у невеликих господарствах використовувати недоцільно.

Особливості підготовки транспорту для перевезення різних сільськогосподарських вантажів. До початку збиральних робіт потрібно ретельно підготувати транспорт, насамперед наростити і ущільнити борти платформи автомобіля чи причепа. Для ущільнення бортів використовують різні матеріали: паси, мішковину, дерев'яні планки, брезент, гуму і монтажну піну для обробки стиків бортів. Щоб запобігти втратам зерна від видування, необхідно кузов транспортного засобу накривати брезентом чи спеціальними захисними пристроями, а рівень зерна в кузові має бути на 10...15 см нижче верхніх кромek бортів.

Під час обслуговування зернозбиральних комбайнів транспортні засоби можна завантажувати як «на ходу», так і «на місці», а тому потрібно узгодити місткість бункера комбайна і місткість кузова автомобіля.

Наприклад, Комбайн ДОН-1500Б з місткістю бункера $V_{б.к}=6 \text{ м}^3$

Враховуючи об'ємну масу зерна (наприклад озимої пшениці $\gamma_3=0,75$) та коефіцієнт заповнення бункера $\psi=0,9...0,95$, визначимо вагу бункера за формулою:

$$G_6 = V_{б.к} \cdot \gamma_3 \cdot \psi = 6 \cdot 0,75 \cdot 0,95 = 4,3 \text{ т.}$$

У такому випадку доцільно використовувати автомобілі середньої вантажності ГАЗ-СА3-3507 чи ГАЗ-53-12, КамАЗ-5320, КамАЗ-5510.

У разі навантаження транспортних засобів «на ходу» (збирання силосної маси, гички, сінажу, зерна від комбайна тощо) необхідно на збиральні агрегати встановити маркери.

Автомобілі, які транспортують зерно від комбайна, обладнують протипожежними засобами (відро, лопата, вогнегасник, іскрогасник тощо). У разі транспортування силосної маси в автомобілів замінюють задній борт на відкидну решітку, яку навішують на задні стійки кузова. Опущена решітка має бути нахилена в бік кузова на 10...15° для щільного прилягання. Для запобігання втратам зеленої маси від «видування» під час руху транспорту силосну масу накривають

спеціальними сітками. Якщо на сільськогосподарському підприємстві відсутні спеціальні автомобілі для перевезення тварин, їх перевозять бортовими автомобілями з обов'язково нарощеними бортами заввишки до 1,5...2 м, залежно від виду тварин, і кузов обладнують тентами. Худобу, коней прив'язують до кузова головою вперед за рухом автомобіля. У разі перевезення телят, овець, птиці кузов розділяють на перегородки.

У сільськогосподарському виробництві на транспортних роботах використовують переважно колісні трактори з причепами та напівпричепами (одновісними причепами). Основну увагу під час підготовки агрегатів до роботи слід звернути на гальмову систему трактора і причепа, головне зчеплення, рульове керування, тиск у шинах, зчпний пристрій, освітлення та сигналізацію. Велике значення для безпечного транспортування вантажів має тип зчпного пристрою, що застосовується, та його технічний стан. Двовісні причепа потрібно з'єднувати з трактором за допомогою буксирного пристрою, який обладнано пружиною для «згладжування» раптових змін тягового навантаження під час рушення з місця і гальмування.

За допомогою буксирного пристрою не можна приєднувати до трактора одновісні причепа; якщо встановлено буксирний пристрій, то не можна користуватися заднім начіпним механізмом. Одновісні причепа приєднують до трактора за допомогою гідравлічного тягового гака. Застосування гідрогака дозволяє водію виконувати приєднання (роз'єднання) трактора і знаряддя безпосередньо з кабіни, сприяє підвищенню тягово-зчпних властивостей трактора. Для безпечного руху вночі потрібно, щоб ділянка дороги попереду трактора під час вмикання дальнього світла освітлювалася на відстані 100...150 м, ближнього – 30 м. Світло габаритних ліхтарів ззаду трактора має бути оранжевим або червоним. Всі сигнальні пристрої трактора потрібно з'єднати з причепом (стоп-сигнал, освітлення номерного знака, покажчики повороту).

Література

1. Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. Машинвикористання та екологія довкілля. – Київ : Грамота, 2007. – 360 с.

УДК 631:3:075.8

Мартинюк А.В., Курской В.С., Салтановський Д.С.
Хмельницький національний університет

ДОГЛЯД ЗА ПОСАДКАМИ КАРТОПЛІ

Один гектар картоплі дає врожай дає до 30т. Для цього створені практично всі передумови, особливо з боку науково-технічного забезпечення. Опрацьована, перевірена і широко впроваджена комплексна науково обґрунтована інтенсивна українська технологія виробництва картоплі.

CARE FOR POTATO PLANTING

One hectare of potatoes yields up to 30t. For this purpose, almost all prerequisites have been created, especially from scientific and technical support. The intensive Ukrainian technology of potato production is processed, tested and widely implemented.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Однією із найболючіших проблем сільськогосподарського виробництва є його комплексна механізація. Так на сьогодні в багатьох колективах, орендних і фермерських господарствах багато сільськогосподарських є морально і фізично застарілими, не відповідають агротехнічним вимогам, яких треба дотримуватись при виконанні технологічних операцій.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур показує, що більшість технологічних операцій виконується з порушенням агротехнічних вимог, в результаті чого, як правило, насіння висівається в недобре підготовлений і розроблений ґрунт, що затримує його проростання і подальший розвиток.

При вирощуванні картоплі надзвичайно важливу роль відіграє технологічний процес догляду за посівами, оскільки потрібно забезпечити невелике пошкодження рослин і зменшити до мінімуму захисні зони рядків.

Формування мети досліджень. даної статті є обґрунтування ефективної технології догляду за посівами картоплі, а також удосконалення конструкції і режимів роботи просапного культиватора.

Результати досліджень. Догляд за посадкою картоплі та створення сприятливих для росту і розвитку рослин на протязі всього періоду вегетації шляхом розпушування ґрунту і знищення бур'янів.

Досходовий період в картоплі триває від 15 до 30 днів, а бур'янів, що не затіснені культурними рослинами проростають скоріше і тому їх потрібно знищувати.

Також для проростання бульб необхідно багато кисню, тому потрібна добра агрегація ґрунту. Отже, як і до появи сходів, так і на протязі всього періоду вегетації потрібно знищувати бур'яни. Інтенсивна технологія вирощування картоплі передбачає суміщення механічного і хімічного обробітків і визначається погодинними умовами, розвитком рослин, ущільненням ґрунту на посадках.

Перший досходовий обробіток – окучування з боронуванням проводять не пізніше як через 5-7 днів після посадки картоплі, коли бур'яни знаходяться в стадії „білої нитки” (запізнення на 5 днів веде до втрати 8% урожаю). При ущільненому ґрунті проводять другий досходовий обробіток через 6-8 днів після першого.

Використовуються культиватори-окучники КОН-2,8ПМ; КПН-4,2; в агрегаті з сітчатими боронами на кам'яних ґрунтах КОН-2,8; КНО-4,2 з дисковими окучниками і ротаційними боронами.

Окучник розпушує міжряддя і настає ропушений шар ґрунту товщиною 5-8 см на весь гребінь, особливо на стебла картоплі. Глибина рослин максимальної на ґрунтах, що мають схильність до ущільнення – 14-16 см, при недостатній кількості вологи і легких по механічному обробітку в сухий період, поки нерозвинута коренева система складі ґрунтах 8-10 см. Ширину захисної зони встановлюють при перших обробітках 10-12 см, при наступних культиваціях по мірі розвитку кореневої системи до 15 см.

Коли добре позначається рядки проводять окучування з боронуванням тими ж робочими агрегатами, що і при досходовому обробітку. На легких ґрунтах окучники заміщають стрільчастими лапами.

При висоті рослини 10-15 см приступають до міжрядного обробітку. Кількість їх визначається погодними умовами, ступінь ущільнення ґрунту, наявністю бур'янів.

Розпушування проводять стрільчастими лапами разом з долотоподібними розпушувачами або лапами помічників на глибину

12-14 см на ґрунтах схильних до ущільнення і 6-8 см на легких ґрунтах. Коли рослини досягають висоти 20-25 см їх окучують.

Для хімічної боротьби з бур'янами застосовують гербіциди, які вносять за 3-4 дні до появи сходів, на 5-7 день після посадки. Деякі гербіциди можна вносити по сходах, при висоті рослин не більше 10 см. Після внесення гербіцидів механічний обробіток не застосовується. В результаті скорочення кількості механічних обробітків при використанні хімічних засобів боротьби з бур'янами менше висушується ґрунт при недостатній волозі, зменшується його щільність, пошкодження кореневої системи рослин. При внесенні гербіцидів необхідно забезпечувати їх норму внесення, рівномірне покриття ґрунту робочою рідиною при високій дисперсії. На легких по механічному складу ґрунтах вносять меншу дозу препарату, на важких більшу.

Сферичні диски використовують від загортачів саджалок CN-4Б або дискових лушительників. В процесі роботи шар ґрунту піднімається з міжряддя дисками і вноситься на поверхню гребеня з основи до вершини.

Культиватор КНО-4,2 (КНО-2,8) призначений для нарізання гребенів, розпушування міжрядь з одночасним боронуванням, культивації дна борони і розпушування відкосів гребенів. Одночасно можна вносити мінеральні добрива.

До комплексу культиватора належать дискові підгортачі, стояки з лапами, ротаційні розпушувачі, начіпка сітчастих борін, підживлювальні ножі, туковисівні апарати, бадиллєвідводи.

Догляд за посадкою картоплі на створення сприятливих для росту і розвитку рослин на протязі всього періоду вегетації шляхом розпушування ґрунту і знищення бур'янів.

Досходовий період в картоплі триває від 15 до 30 днів, а бур'янів, що не затіснені культурними рослинами проростають скоріше і тому їх потрібно знищувати.

Також для проростання бульб необхідно багато кисню, тому потрібна добра агрегація ґрунту. Отже, як і до появи сходів, так і на протязі всього періоду вегетації потрібно знищувати бур'яни. Інтенсивна технологія вирощування картоплі передбачає суміщення механічного і хімічного обробітків і визначається погодинними умовами, розвитком рослин, ущільненням ґрунту на посадках.

Перший досходовий обробіток – окучування з боронуванням проводять не пізніше як через 5-7 днів після посадки картоплі, коли бур'яни знаходяться в стадії „білої нитки” (запізнення на 5 днів веде до втрати 8% урожаю). При ущільненому ґрунті проводять другий досходовий обробіток через 6-8 днів після першого.

Використовуються культиватори-окучники КОН-2,8ПМ; КРН-4,2; в агрегаті з сітчатими боровами на кам'яних ґрунтах КОН-2,8; КНО-4,2 з дисковими окучниками і ротаційними боровами.

Окучник розпушує міжряддя і настає ропушений шар ґрунту товщиною 5-8 см на весь гребінь, особливо на стебла картоплі. Глибина рослин максимальної на ґрунтах, що мають схильність до ущільнення – 14-16 см, при недостатній кількості вологи і легких по механічному обробітку в сухий період, поки нерозвинута коренева система складі ґрунтах 8-10 см. Ширину захисної зони встановлюють при перших обробітках 10-12 см, при наступних культиваціях по мірі розвитку кореневої системи до 15 см.

Коли добре позначаться рядки проводять окучування з боронуванням тими ж робочими агрегатами, що і при досходовому обробітку. На легких ґрунтах окучники заміщають стрільчастими лапами.

При висоті рослини 10-15 см приступають до міжрядного обробітку. Кількість їх визначається погодними умовами, ступінь ущільнення ґрунту, наявністю бур'янів.

Розпушування проводять стрілчатими лапами разом з долотоподібними розпушувачами або лапами помічниками на глибину 12-14 см на ґрунтах схильних до ущільнення і 6-8 см на легких ґрунтах. Коли рослини досягають висоти 20-25 см їх окучують.

Для хімічної боротьби з бур'янами застосовують гербіциди, які вносять за 3-4 дні до появи сходів, на 5-7 день після посадки. Деякі гербіциди можна вносити по сходах, при висоті рослин не більше 10 см. Після внесення гербіцидів механічний обробіток не застосовується. В результаті скорочення кількості механічних обробітків при використанні хімічних засобів боротьби з бур'янами менше висушується ґрунт при недостатній волозі, зменшується його щільність, пошкодження кореневої системи рослин. При внесенні гербіцидів необхідно забезпечувати їх норму внесення, рівномірне покриття ґрунту робочою рідиною при високій дисперсії. На легких по

механічному складу ґрунтах вносять меншу дозу препарату, на важких більшу

Зараз у картоплярстві використовують культиватори КОН-2,8А; КОН-2,8; КРН-4,2Д; КРН-4,2; КНО-4,2; КРН-5,6 та фрезерний культиватор КОН-2,8 має раму у вигляді чотиригранного бруса, до якої кріпляться 5 паралелограмних секцій з опорними колесами і кронштейнами для робочих органів. До комплексу робочих органів входять крім сітчастої борони ротаційна борона, 5 підгортальних корпусів, 8 підживлювальних ножів для внесення мінеральних добрив; 5 стрілчастих лап, 13 розпушувальних долотоподібних лап та 8 дискових підгортачів..

Культиватор-підживлювач КРН-4,2 використовують для обробітку насадок картоплі з міжряддям 70 см, насадженої 6-рядними сівалками.

Основні його види рама і сім секцій для кріплення робочих органів. Кожна секція обладнана аксіальним механізмом зміни глибини обробітку та копіювальними колесами. Крім того на рамі кріпляться туковисівні апарати, сітчаста або ротаційна борона, пневматичні ходові колеса.

Культиватор КРН-4,2Д відрізняються від КРН-4,2Г брусом, транспортними пристроями та підйомним механізмом сітчастої борони.

Робочі органи пасивного типу встановлюють на гряділі культиватора спереду пересуваючи їх при регулюваннях вправо і вліво. Саме частіше використовують долото. По своїй конструкції воно аналогічне тим долотам які використовуються для обробітку цукрових бур'яків і кукурудзи.

Використовують такі схеми розміщення робочих органів: два долота + окучник із стрільчастою лапою для розпушування і підрізання бур'янів. Вставляють у пази тримачів стійки робочих органів у відповідності з видом обробітку; три долота при глибокому розпушуванні; лапи-полички + стрільчаті лапи для легкого окучування із закиданням бур'янів і розпушуванням міжрядь; окучуючий корпус КГН-500 з ґрутонапрямячем для запобігання присипанню ґрунтом рослин при роботі на швидкості 6...9 км/год чи окучуючий корпус КГ-8 з додатково встановленими ґрутонапрямячем.

ґрутонапрямяч – це змінний вузол, виконаний у вигляді решітки, встановлений на стійці з зазором паралельно робочій поверхні полиці. При роботі окучника пруткова решітка обмежує рух ґрунтового

шару вверх по полиці і направляє їх через зазор на грядки під кущі рослин, зберігаючи тим самим рядки картоплі від присипання.

Робочі органи розставляють так, щоб між крилами полільних лап був вільний прохід не менше 3 см для землі і рослинних решток. Розпушуючі долота встановлюють при першому досходовому обробітку із захисною зоною 10...12 см.

На культиваторі КНО-2,8 (КНО-4,2) також використовують дискові окучники.

Висновки. Рівень механізації виробничих процесів у картоплярстві на сьогоднішній день досить високий. Але організація виробництва повинна бути кращою, тому, що в різних галузях не витримуються основні вимоги технологій, порушуються правила агротехніки, недостатньо використовуються останні досягнення сільськогосподарської науки.

Однією із причин зменшення урожайності картоплі є невелика увага, що приділяється таким технологічним операціям, як догляд за посадками і захист від шкідників і хвороб.

Тому пропонуються удосконалення конструкції культиватора для догляду за посівами картоплі з одночасним внесенням отрутохімікатів для захисту посадок від шкідників і хвороб.

Таким чином удосконален механізації догляду за посадками картоплі є сьогодні актуальною з наукової точки зору і має велике практичне значення.

Література

1. Господаренко Г.М., Єщенко В.О. Система технологій в рослинництві. – Умань, 2008.
2. Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. Машинвикористання та екологія довкілля. – Київ : Грамота, 2007. –360 с.

УДК 631.171

Мартинюк А.В., Сторожук А.І., Нагірна О.В., Пасічник А.В.

Хмельницький національний університет

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВЕГЕТАЦІЙНОГО ІНДЕКСУ NDVI В СЕРЕДОВИЩІ QGIS

Розглянуто процес розробки модуля з визначення вегетаційного індексу NDVI в геоінформаційній системі QGIS3. Для розробки модуля використовувалась бібліотека PyQGIS, яка відкриває доступ до інструментів обробки геоінформаційних даних, а також бібліотека Qt5 для створення графічних інтерфейсів..

AUTOMATION OF NDVI VEGETATION INDEX DETERMINATION IN QGIS ENVIRONMENT

The process of developing a module for determining the NDVI vegetation index in the geoinformation system QGIS3 is considered. The PyQGIS library was used to develop the module, which provides access to tools for geoinformation data processing, as well as the Qt5 library for creating graphical interfaces.

Серед географічних інформаційних систем (ГІС), що існують в даний час, необхідним функціоналом для розрахунку вегетаційних індексів володіють наступні ГІС: ArcGIS, SAGA, GRASS, ENVI, Erdas Imagine, gvSIG. Потужний інструментарій з розрахунку вегетаційних індексів реалізований у таких програмних продуктах обробки геоінформаційних даних дистанційного зондування як ENVI (можливий розрахунок 24 індексів) та Erdas Imagine. Інструментальні ГІС ArcGIS, SAGA, GRASS також мають необхідний функціонал для розрахунку вегетаційних індексів, у тому числі і в автоматизованому виді (ГІС SAGA та GRASS). На відміну від вищеперерахованих ГІС, QGIS (Quantum GIS) – це безкоштовна відкрита повнофункціональна настільна ГІС, призначена для створення та редагування даних, виконання аналітичних операцій над просторовою інформацією. Функціональні можливості обробки растрів у QGIS суттєво поступаються можливостям перерахованих вище програм. Вегетаційні індекси можна розрахувати за допомогою інструмента QGIS «Калькулятор растрів» [1]. З метою розширення функціональних можливостей програми, та адаптації

системи для потреб агропромислового комплексу, усунення можливих помилок і зручності користувача даних процес необхідно автоматизувати. QGIS 3.22 LTR дозволяє створювати розширення та плагіни, використовуючи мову програмування Python 3, бібліотеку PyQGIS, яка надає доступ до інструментів обробки географічних даних, а також бібліотеку користувальницького графічного інтерфейсу Qt5. Мова програмування Python постачається разом із QGIS і включена до графічної оболонки програми у вигляді панелі консолі та редактора коду. Через панель консолі здійснюється доступ до шарів карти, об'єктів шарів та їх атрибутивної інформації, забезпечується виконання різних операцій над ними (додавання, видалення, зміна та ін.). Створення скриптових файлів здійснюється у редакторі коду. У програмі Qt Designer, що спільно поставляється з QGIS, надається функціональність по побудові користувальницького графічного інтерфейсу. Пакетно-модульна система QGIS надає розширення корисних у розробці нових бібліотек. Серед них слід виділити модуль Plugin Builder, за допомогою якого можна створити шаблон інструменту у вигляді діалогового вікна, бічного віджету або файлу, що виконується. У структурі модуля, що розробляється, можна виділити три складові частини: 1. Користувальницький графічний інтерфейс. 2. Блок коду обробки дій користувача. 3. Блок коду з розрахунку вегетаційних індексів. Шаблон користувальницького графічного інтерфейсу та необхідні файли інструменту «Веgetаційні індекси» були згенеровані автоматично за допомогою модуля Plugin Builder.

Подальша побудова інтерфейсу користувача відбувалася в додатку Qt Designer. Qt Designer надає функціональність побудови інтерфейсу користувача в графічній формі. У цій програмі можна додавати необхідні елементи зі списку стандартних об'єктів бібліотеки Qt: кнопки, контейнери, віджети, варіанти компоновання елементів. Процес побудови інтерфейсу користувача полягає в додаванні необхідних елементів та їх налаштування. У діалогове вікно інструменту були додані віджети вибору шарів для призначення растрів червоної, ближньої інфрачервоної та синьої зони електромагнітного спектру, які використовуються при розрахунку вегетаційних індексів та відповідні пояснювальні підписи до них. Також були додані вікно вибору вегетаційного індексу, що розраховується, і вікна вказівки значень додаткових параметрів. На останньому етапі в інтерфейс було вбудовано віджет для вказівки вихідного растрового файлу (Рис. 1).

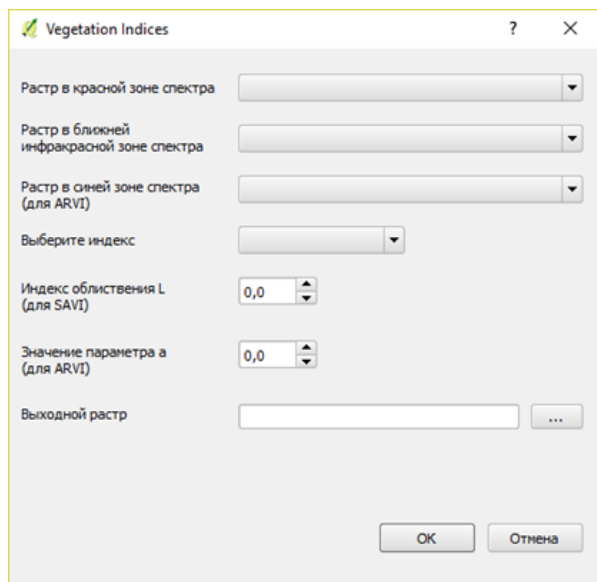


Рис. 1 – Користувачський інтерфейс для визначення вегетаційного індексу в системі QGIS

Після створення інтерфейсу інструменту було оформлено його «кодова частин». За допомогою Plugin Builder було згенеровано файл `vegetation_indices.py`, в якому знаходиться клас інструменту з однойменною назвою, що містить ряд важливих методів та властивостей: `init` – створення екземпляра діалогового вікна інструменту, `unload` – видалення розширення із середовища QGIS, `run` – у цьому методі розміщується код, який має виконуватися після виклику інструмента через меню, `dlg` – властивість, що надає доступ до об'єктів інтерфейсу користувача. В даний файл були додані методи, що реалізують очищення контенту списків, що випадають, пошук активних шарів і формування їх переліку, додавання отриманого переліку в кожен окремих випадаючий список, формування шляху до вихідного растрового файлу, метод запуску роботи інструменту. Далі було розроблено загальний алгоритм розрахунку вегетаційних індексів, який виглядає так. Спочатку потрібно імпортувати необхідну для розрахунку функціональність із вбудованих бібліотек. За допомогою конструкції `from module import class` необхідно імпортувати такі класи: `QgsRasterLayer` з `qgis.core`, `QgsRasterCalculator` і `QgsRasterCalculator`

Entry з `qgis.analysis`. Клас `QgsRasterLayer` використовується для створення растрового шару, як вхідні дані використовуються шлях у файльовій системі до растрового файлу. `QgsRasterCalculatorEntry` створює об'єкти змінних для калькулятора растрів. Для створення об'єкта необхідно вказати растровий шар, номер каналу, що використовується, а також назву змінної, яка буде використовуватися при розрахунку калькулятора растрів. `QgsRasterCalculator` реалізує функціональність картографічної алгебри. Для створення об'єкта класу потрібно вказати такі параметри: формула розрахунку у рядковому форматі, вихідний шлях, формат вихідного файлу, екстент обробки та список вхідних об'єктів класу `QgsRasterCalculatorEntry`.

Далі слід призначити вхідні дані та зберегти їх у змінні: створити об'єкти класів `QgsRasterLayer`, `QgsRasterCalculatorEntry`, `QgsRasterCalculator`. Растри оголошуються як растрові шари за допомогою конструкції `QgsRasterLayer` (Шлях до растрового файлу). Далі створюються об'єкти `QgsRasterCalculatorEntry`. У об'єктів даного класу налаштовуються такі властивості: `ref` – назва змінної, яка використовуватиметься в калькуляторі растрів і міститиме посилання на вихідний растр, `raster` – растровий шар, `bandNumber` – номер каналу, який використовується в розрахунку. Останнім створюється екземпляр класу `QgsRasterCalculator`. Після оголошення всіх потрібних змінних та об'єктів класів, слід виконати метод `processCalculation` об'єкта класу `QgsRasterCalculator` для виконання розрахунку вегетаційного індексу. Алгоритм розрахунку вегетаційних індексів та реалізація обчислення індексу NDVI мовою програмування Python представлені на рис. 2.



Рис. 2 – Алгоритм розрахунку вегетаційного індексу NDVI в середовищі QGIS

Після цього в окремому файлі `vegetation_indices_tool.py` було створено клас `NDVITool`, що реалізує розрахунок вегетаційних індексів. У конструкторі класу відбувається оголошення наступних властивостей: `red`, `nir`, `blue` – для зберігання растрових шарів червоного, ближнього-інфрачервоного, синього каналів; `L`, `a` – для числових змінних індексу облицювання та параметра `a`; `output` – містить шлях результуючого растрового файлу у рядковому форматі. Далі, на основі загального алгоритму, були сформовані методи класу `NDVITool`, що реалізують розрахунок вегетаційного індексу `NDVI`. Клас `NDVITool` був імпортований до основного файлу інструмента `vegetation_indices.py`. На заключному етапі створення інструменту був створений метод, який на основі вибраних параметрів меню створює екземпляр класу `NDVITool` і за допомогою уловной конструкції `if` викликає відповідний метод для розрахунку вегетаційного індексу `NDVI`.

Таким чином за допомогою простих інструментів, які присутні в середовищі `QGIS`, реалізовано автоматичне визначення вегетаційного індексу `NDVI` та на початковому етапі адаптовано геоінформаційну систему `QGIS` для потреб агропромислового комплексу України.

Література

1. `PyQGIS Developer Cookbook // Documentation QGIS 3.22 [Electronic Resource]`. Mode of access: `PyQGIS Developer Cookbook — QGIS Documentation documentation`

УДК 621.928.93

Марченко М.В., Харжевський В.О., Потаєв А.П.

Хмельницький національний університет

БАГАТОПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ЦИКЛОНА CFD-МЕТОДОМ

Стаття присвячена розробці узагальнених методів розрахунку, моделювання та оптимізації параметрів циклонів, що використовуються для очищення повітря від пилу. Основою розроблених методів є використання засобів обчислювальної гідрогазодинаміки, зокрема програмного комплексу Solidworks та інтегрованого CFD-додатку Solidworks Flow Simulation, а також принципів теорії подібності та розмірностей. У якості критерія оптимізації було обрано коефіцієнт ефективності осаджування – відношення маси осаджених часток до загальної маси часток пилу, що поступає в робочий об'єм циклона.

MULTI-PARAMETER OPTIMIZATION OF CYCLONE OPERATION BY CFD METHOD

The article is dedicated to the development of generalized methods of calculation, modeling and optimization of the cyclones' parameters that are used to clean the air from the dust. The basis of the developed methods is the usage of computational hydraulic gas dynamics, in particular the Solidworks software package and the integrated CFD-package Solidworks Flow Simulation, as well as the principles of theory of similarity and dimensions. The deposition efficiency coefficient was chosen as the optimization criterion that can be calculated as the ratio of the mass of deposited particles to the total mass of grain dust particles entering the working volume of the cyclone.

Повітряні викиди промислових підприємств, зокрема таких, що займаються переробкою сільськогосподарської сировини, характеризуються великою різноманітністю дисперсного складу та фізико-хімічних властивостей твердих включень. У зв'язку з цим розроблення ефективних методів очищення відпрацьованого повітря є актуальною техніко-екологічною задачею.

Як показав аналіз літературних джерел, різноманіття конструктивних особливостей пилоочисного обладнання ускладнює створення узагальненої методики його розрахунку, а отже й процесу вибору оптимального варіанту з усіх можливих конструктивних рішень.

Одним з кроків до створення такої універсальної методики моделювання є використання теорії подібності та розмірностей [9], оскільки вона дозволяє описати одним критеріальним рівнянням цілий клас явищ, які характерні для даної конструкції обладнання. Створення такого рівняння у символічному вигляді є суто теоретичною задачею, яка розв'язується порівняно легко. Набагато складнішим є наступний етап моделювання – знаходження констант сформованого раніше критеріального рівняння, яке ґрунтується на проведенні фізичного експерименту. Ця частина моделювання вимагає значних затрат матеріальних ресурсів і займає багато часу для проведення дослідів. Використання сучасних комп'ютерних технологій дозволяє значно скоротити тривалість зазначеного етапу, а також уникнути фінансових затрат на створення фізичних моделей за рахунок комп'ютерного імітаційного моделювання. Програмне забезпечення, яке реалізує методи розрахункової гідрогазодинаміки, уможливорює багатоваріантні дослідження комп'ютерної моделі обладнання за рахунок покрокової зміни вихідних параметрів, а також за рахунок зміни конфігурації моделі, що досліджується. Одним з таких додатків є Solidworks Flow Simulation, який входить до програмного комплексу Solidworks. За рахунок орієнтованості на параметричне моделювання системи Solidworks значно зменшується вплив людського фактору на процес моделювання, що підвищує точність розрахунків, а також мінімізує можливість виникнення помилок.

Якщо яка-небудь фізична величина, наприклад маса m пилу, що осіла в циклоні, визначається як функція інших фізичних величин у вигляді

$$m = f(P, P_0, m_0, Q, D), \quad (1)$$

то ця залежність може бути представлена у найбільш загальній формі у вигляді

$$m = CP^x P_0^y m_0^z Q^k D^t, \quad (2)$$

де C – константа процесу;

x, y, z, k, t – невідомі показники степенів.

За допомогою основних положень теорії подібності та нескладних математичних перетворень визначимо остаточний вигляд критеріального рівняння:

$$\frac{m}{m_0} = C \left(\frac{PD^7}{m_0 Q^2} \right)^x \cdot \left(\frac{P_0 D^7}{m_0 Q^2} \right)^y \quad (3)$$

Для того, щоб остаточно встановити вид критеріального рівняння, необхідно експериментально визначити значення постійних C , x і y . З цієї метою за допомогою Solidworks Flow Simulation була створена імітаційна модель, візуальна інтерпретація якої показана на рис. 1.

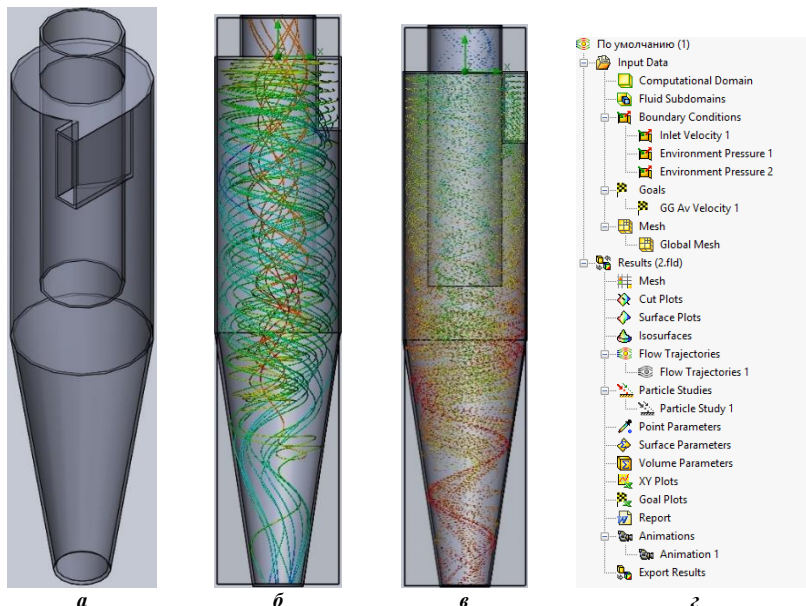


Рис. 1 – Моделювання роботи циклону в додатку Solidworks Flow Simulation

- а) твердотільна модель циклону; б) траєкторія руху повітря в циклоні;
в) траєкторія руху пилових частинок в циклоні;
г) дерево аналізу Solidworks Flow Simulation*

У процесі моделювання визначались розмірні величини, що входять до складу у всіх критеріїв подібності.

Під час проведення досліджень змінні параметри задавались у використовуваних на практиці діапазонах з певним кроком. Результати окремих ітерацій моделювання заносились до бази даних, в якій окремій сукупності вихідних параметрів моделювання відповідають визначені значення критеріїв подібності.

Таким чином визначено всі невідомі параметри та отримано остаточний вигляд критеріального рівняння. Це, в свою чергу, дозволяє проводити процес оптимізації методами, запропонованими в [5], зокрема обираючи за критерій оптимізації ефективність пиловловлювання.

Висновки. Використання методів обчислювальної гідрогазодинаміки, а також програмного забезпечення Solidworks Flow Simulation, що їх реалізує, дозволило в короткі строки провести моделювання роботи циклона зазначеної конструкції. У результаті моделювання отримана розширена база даних параметрів та критеріїв подібності, яка використана для знаходження невідомих констант процесу осаджування в циклоні. Отримана математична модель, що представлена у вигляді критеріального рівняння, дозволяє здійснювати вибір оптимальних режимів роботи (об'ємних витрат повітря, тисків на вході ті виході циклона тощо) залежно від конструкції та розмірів циклона, максимізуючи при цьому ефективність осаджування пилу.

Література

1. Hoffmann A.C. Gas Cyclones and Swirl Tubes: Principles, Design, and Operation / A.C. Hoffmann, L.E. Stein – Berlin: Springer, 2008. – 334 p.
2. Алямовский А.А. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. 800 с.
3. Майструк В.В. Оцінка енергозатрат при роботі прямоточного циклона за допомогою програмного пакету Flow Simulation / В.В. Майструк, Р.І. Гаврилів, А.С. Попіль, А.М. Басістий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харків. – 2012. – Вип. 6/8(60). – С. 28-30.
4. Марченко М.В. Моделювання та оптимізація процесу очищення повітря від зернового пилу засобами обчислювальної гідрогазодинаміки / М.В. Марченко, В.О. Харжевський, О.О. Коротич, В.О. Герасименко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2021. – №3 (297) – С. 100-104.
5. Марченко М. В. Параметрична оптимізація гідродинамічних та теплових параметрів теплообмінного обладнання методами теорії подібності та розмірностей / М.В. Марченко, В. О. Харжевський // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2020. – № 5. – С. 172-176.

УДК 669.1:537.5

Нагабась В.В., Шляховий С.М.,
Лук'янюк М.В., Стечишин М.С.
Хмельницький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НОЖІВ ПОДРІБНЮВАЧА СОЛОМИ КОМБАЙНА CLAAS LEXION АЗОТУВАННЯМ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ

В роботі розглянуто питання довговічності ножів подрібнювача соломи зернозбирального комбайна CLAAS Lexion 580 шляхом безводного азотування в тліючому розряді. В результаті проведених випробувань на натурних зразках було зафіксовано підвищення довговічності вищерозглянутих ножів приблизно на 40 %.

INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE KNIVES OF THE CLAAS LEXION STRAW CROPPER COMBINED BY NITRIZATION IN A GLOWING DISCHARGE

The paper considers an attempt to increase the durability of the knives of the straw chopper of the CLAAS Lexion 580 grain harvester by means of anhydrous nitriding in a glow discharge. As a result of the tests on full-scale samples, an increase in the durability of the above-mentioned knives by approximately 40% was recorded.

В зернозбиральних комбайнах моделі CLAAS передбачено пристрій для подрібнення соломи. Робочими органами подрібнювача є ножі, які внаслідок роботи, піддаються інтенсивному зношуванню. Виробниками застосовуються різноманітні методи підвищення довговічності ножів, в тому числі і хіміко-термічні методи зміцнення їх поверхні. Однак, як показав аналіз літературних джерел азотування в тліючому розряді, як метод зміцнення ножів не застосовувався.

Вирішенню проблеми підвищення зносостійкості ножів подрібнюючи пристроїв присвячена значна кількість наукових праць відомих вчених [1...3]. Чисельні дослідження вказують на доцільність подальшого пошуку більш ефективних методів підвищення їх довговічності. Нами проводилися дослідження по зміцненню ножів

подрібнювача соломи комбайна CLAAS Lexion шляхом безводного азотування в тліючому розряді БАТР.

Було встановлено матеріал ножів, він ідентичний сталі 45Г.

На першому етапі дослідження проводилися на зразках, виготовлених із матеріалу ножів, з метою підбору параметрів безводного азотування для досягнення оптимальних характеристик поверхневого шару.

Азотування зразків та ножів проводились в атмосфері азоту та аргону, в умовах лабораторії Подільського наукового фізико-технологічного центру (ПНФТЦ), в Хмельницькому національному університеті (ХНУ) на установці безводного азотування в тліючому розряді, розробленій і виготовленій в умовах ПНФТЦ.

Оскільки основними фізико-механічними характеристиками іонно-азотованого шару є глибина азотування та твердість, досліджувалась кінетика зміни цих параметрів у залежності від зміни параметрів технологічного процесу. Із попередніх досліджень відомо, що глибина іонно-азотованого шару збільшується із підвищенням температури азотування і через 4–6 год. досягає максимуму [4].

Максимальна мікротвердість на зразках була отримана при температурі 560°C, однак з метою недопущення процесу відпуску ножів, було обмежено температуру азотування до 520° С.

Значний вплив на глибину іонно-азотованого шару має склад насичуючого середовища, а саме об'ємне співвідношення азоту та аргону в робочій суміші [5, 6]. Дослідженнями встановлено, що глибина азотованого шару для сталі 45Г максимальна при вмісті аргону в суміші 60...80 % і тиску 180...230 Па.

В результаті проведених досліджень було вибрано, як оптимальні наступні параметри процесу БАТР: – процентний склад газового середовища 25%N₂+75%Ar; температура азотування – 520°C; тиск у розрядній камері – 200 Па; тривалість процесу – 6 годин.

Після азотування було отримано шар глибиною 50...80 мкм, з дещо зменшеною твердістю, Вона понизилась з HRC52 до HRC41, як результат низькотемпературного відпуску. Після азотування, поверневий шар набув мікротвердості H₁₀₀950...980 мПа, що забезпечило підвищення зносотійкості ріжучої крайки за рахунок нітридної зони товщиною 10...15 мкм утвореної твердим розчином Fe₂N [7].

Зовнішній вигляд модифікованих ножів для подрібнення соломи комбайна CLAAS Lexion показано на рис 1.

Подальші випробування проводилися в умовах збирання врожаю пшениці комбайном CLAAS Lexion, де фіксувалася зміна радіусу затуплення ріжучого леза шляхом зняття відбитків на свинцеві пластини з подальшою обробкою результатів на електронному мікроскопі.



Рис. 1 – Зовнішній вигляд ножів подрібнювача соломи комбайна CLAAS Lexion після зміцнення БАТФ

Результати проведених випробувань показали підвищення зносостійкості модифікованих ножів в порівнянні з не модифікованими в 1,3...1,4 раза, що свідчить про доцільність застосування безводневого азотування в тліючому розряді з метою модифікації ножів для подрібнення соломи комбайна CLAAS Lexion.

Література

1. Прейс Г. А. Повышение износостойкости оборудования пищевой промышленности / Г.А. Прейс, Н.А.Сологуб, А.И. Некоз. – Москва : Машиностроение, 1979. – 208 с.
2. Батраченко О. В. Підвищення ефективності роботи та довговічності м'ясорізальних машин : автореф. дис. на здобуття степені кандид. техн. наук : спец. 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв» / О.В. Батраченко ; Вінниц. нац. аграр. ун-т. – Вінниця, 2014 р. – 21 с.
3. Gebrauchsanweisung für den Mähdrescher CLAAS LEXION 580
4. Лахтин Ю. М., Коган Я. Д. Структура и прочность азотированных сплавов. М.: Металлургия, 1992. 176 с.
5. Каплун В.Г., Каплун П.В. Ионное азотирование в безводородных средах : монография. Хмельницький: ХНУ, 2015. 315 с.
6. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде. Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. 364 с.
7. Розробка і дослідження низькотемпературних газорозрядних технологій у Подільському науковому фізико-технологічному центрі / М. С. Стечишин, та ін. Вісник ХНУ: Хмельницький. 2019. - №3. С.6 – 12.

УДК 658:656:378.4(073)

Олександренко В.П., Мартинюк А.В., Гончарук В.В.

Хмельницький національний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

Збирання зернозбиральними комбайнами з одночасною очисткою качанів є найбільш підходящим способом збирання для всіх кліматичних зон України. Кукурудзу на зерно збирають при досягненні повної фізіологічної стиглості в максимальні строки (15-20) днів, так як запізнення приводить до значної втрати урожаю зерна та зниження його якості.

IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF HARVESTING CORN FOR GRAIN

Harvesting combines with simultaneous cleaning of cobs is the most suitable way of harvesting for all climatic zones of Ukraine. Corn on grain is harvested when full physiological ripeness is reached in the maximum period (15-20) days, as the delay leads to significant loss of grain yield and reducing its quality.

Постановка проблеми. Кукурудза одна із найпоширеніших у всьому світі зернових культур. Її вирощування в Україні є однією із найважливіших складових утвердження сильного економічного потенціалу.

Вона використовується для виробництва більше як 120 видів різних продуктів в тому числі і продуктів харчування, також кукурудза – це цінний кормовий продукт, вона використовується на корм майже для всіх тварин.

Один гектар посівів зернової кукурудзи дає урожай від 60 до 80 центнерів, а на окремих площах, які добре удобрені і 100-120 центнерів. Тому на сьогоднішній день створені районовані і впроваджуються нові високоефективні сорти зернової кукурудзи.

Аналіз останніх досліджень. Залежно від мети використання кукурудзи використовуються різні технологічні схеми збирання з наступною обробкою качанів на стаціонарі: збирання качанів кукурудзозбиральними комбайнами „Нива” СК-5М з приставкою ППК-4 і комбайном „Херсонць” - 200 з молотаркою і обмолотом качанів у

полі, збирання комбайном із спеціальним пристроєм для одержання зерностержевої суміші.

Збирання зернозбиральними комбайнами з одночасною очисткою качанів є найбільш підходящим способом збирання для всіх кліматичних зон України. Кукурудзу на зерно збирають при досягненні повної фізіологічної стиглості в максимальні строки (15-20) днів, так як запізнення приводить до значної втрати урожаю зерна та зниження його якості.

Крім того качани, що попадають під осінні заморозки і дощі вражаються грибковими хворобами і пошкоджуються шкідниками, стебла грубіють, значна кількість листової маси губиться і знижується її кормова цінність.

Мета досліджень. Починати збирання кукурудзи в качанах слід при вологості зерна не більше 40%, а з обмолотом качанів не більше 30%. При зниженні вологості до 20% втрати зерна зростають у 2-3 рази. При збиранні кукурудзи з очисткою повнота збору качанів від обгорток повинна бути не менше 95%, чистота вороху качанів – не менше 99%, вилучення зерна з качанів - не більше 2%, поламани стебла качанів - не більше 2%, пошкодження зерна в качанах - не більше 1%.

Виклад основних матеріалів. При збиранні кукурудзи із збором і подрібненням листостебельної маси висота зрізу стебел повинна бути 8-10см, вміст частинок розміром 50мм не менше 85% по масі, поздовжнє розміщення стебел не менше 98%, збір маси у транспортні засоби - 100%. Забруднення подрібненої маси не допускається.

Збирання кукурудзи з обмолотом качанів в полі дозволяє приблизно в 2 рази збільшити продуктивність праці на післязбиральній обробці урожаю, значно зменшити витрати палива, зменшити потребу в транспортних засобах. Одночасно з обмолотом качанів все зерно просушують на зерноочисних машинах та комплексах типу КЗС.

Досвід багатьох господарств України та Молдови показує, що краще переходити на комбінований спосіб збирання, при якому урожай збирають в качанах і на току їх обмолочують, а зерно сушать на очисно-сушильних комплексах. До складу стаціонарного комплексу входять завальна яма з вібропідживлювачами, транспортер качанів, качаноочисник, молотарка, транспортер зернового вороху.

Збирання зерна кукурудзи без обмолоту качанів рекомендується починати при вологості зерна не більше 40%.

При цьому кукурудзу доочищують, виділяють недорозвинуті качани і підсушують на площадках активного вентилявання чи на механізованих лініях підігрітим повітрям з дотриманням температури.

Якщо вологість зерна не більше 25% качани можна закласти на зберігання з підсушуванням.

При відсутності в господарстві сушильного обладнання зерно зібране прямим комбайнуванням чи обмолочене на стаціонарі можна також консервувати в цементних ямах і силосних траншеях, стіни і дно яких застеляють поліетиленовою плівкою. Як корсеванти використовують органічні кислоти. Якщо немає органічних корсевантів, то вологе зерно силосують в облицьованих місткостях з доброю трамбівкою і щільною герметизацією маси. Консервоване зерно добре зберігає на протязі шести-восьми місяців і по поживності майже не відрізняється від сухого зерна.

Можна також консервувати зерно стержневу масу качанів або цілі качани з вологістю зерна 36-40%. В цьому випадку не очищені качани доставляємо до силосних споруд, подрібнюємо і закладаємо в траншеї або башти для приготування корму типу корсажу.

Для зменшення втрат високопоживної маси корсажу, стінки траншеї покривають поліетиленовою плівкою, а дно застеляють соломною шаром товщиною 20-30см. В процесі заповнення траншеї масу ретельно ущільнюють, а після заповнення трамбують ще на протязі доби. Потім траншею щільно герметизують плівкою та соломною. В другому випадку, коли качани закладають на зберігання без подрібнення їх необхідно ретельно ущільнити тяжкими гусеничними тракторами. Через 5-6 місяців зберігання качани подрібнюють перед згодовуванням худобі.

Для збирання кукурудзи на зерно використовують кукурудзозбиральні комбайни та комбайни обладнані спеціальними приставками.

Це кукурудзозбиральні самохідні комбайни КСКУ-6і причіпні ККП-3 та ККП-2, що збирають кукурудзу в качанах; для збирання кукурудзи з обгортками використовують кукурудзозбиральні приставки: 4-рядні ППК-4, ППК-4-03 і 6-рядні КМД-6 і КМР-6, до зернозбиральних комбайнів „Нива”, „Колос” і ДОН-1500. Комбайн КСКУ-6 призначений для збирання качанів з очисткою їх від листостебельної маси з подрібненням її. Після деякого переобладнання КСКУ-6 можна використовувати для збирання кукурудзи спілої з

одночасним обмолотом зерна і качанів молочно-воскової стиглості для роздільного силосування стебла і качанів.

Основними складальними одиницями комбайна є самохідне шасі з двигуном СМД-72, жатка, подрібнюючий апарат, два транспортери неочищених качанів, два качаноочисник апарати, два транспортери обгорток, поперечний транспортер обгорток, транспортер очищених качанів, механізми приводу робочих органів і транспортерів, автоматичні гідросистеми, універсальна система контролю і сигналізації та система автоматичного керування комбайном. Під час руху комбайна миси 1 спрямовують стебла в робоче русло жатки, подавальні ланцюги 4 – у зазор між пластинами 3 і вальцями 2. Відбірні качани надходять у шнек 5, який передає їх до транспортерів 9, які розміщені з обох боків комбайна, і які подають качани двома потоками до качаноочисник апаратів 16. Вальці 17 при взаємодії з притискним пристроєм 23 очищують качани і подають їх на стрічковий транспортер 21, а обгортки на транспортер обгорток 20.

Різальний апарат 16 зрізує стебла і подає їх до мис 15 до похилої камери 6 через яку зрізані стебла подають до подрібнюючого барабана, який подрібнює листостебельну масу і подає її на транспортер по трубопроводу у транспортні засоби

Для збирання кукурудзи з одночасним обмолотом качанів і подрібненням листостебельної маси на комбайн встановлюють молотарку. Жатка комбайна руслова, шестирядна для широких міжрядь -70см встановлена фронтально в передній частині шасі. Комбайн комплектується як 6-рядною, так і 4-рядною жатками для ширини міжрядь 90 см. Комбайн причіпний ККП-3 призначений для збирання цілої кукурудзи в качанах з очищенням їх від обгорток та подрібнення і збирання листостебelloвої маси.

Його використовують також для збирання кукурудзи в молочно-восковій стиглості на силос з відокремленням качанів. Качани не очищаються від обгорток і використовуються для роздільного силосування. Комбайн трьохрядний, збирає кукурудзу, що посіяли із міжряддями 70см. Агрегується з трактором класу 3 – Т-150, Т-150К. Схема його на рисунку.

Комбайн складається із жаткової і качаноочисної частини. До жаткової частини входять чотири шнеки, три початкові апарати, шнек для транспортування качанів, шнек транспортування стебел, ротаційний різальний апарат, подрібнювач стебел. Качаноочисна

частина складається з качаностеблового апарата, транспортера і шнека обгортки, вивантажувального транспортера. Качаноочисний апарат складається з 8 пар вальців і притискного пристрою. Всі складальні одиниці комбайна встановлені на рамі, що опирається на два пневматичних колеса. У передній частині рами розміщені пристрій та механізм переведення комбайна із транспортного в робоче положення.

Робочий процес комбайна аналогічний до принципу роботи комбайна КСКУ-6.

Комбайн ККП-2 є модифікацією комбайна ККП-3, тільки він двохрядний.

Також для збирання кукурудзи в повній восковій стиглості на продовольче і фуражне зерно з обмолотом качанів і подрібненням листостебельної маси використовуються пристрої КМД-6; КМР-6; ППК-4 до зернозбиральних комбайнів, відповідно РСМ-10, СК-10 „Ротор”, СК-5М.

Для збирання кукурудзи підвищеної вологості з подрібненням качанів кукурудзи використовують пристрої ПДК-10 і КЗС-5 відповідно до комбайнів РСМ-10 і СК-5М.

Пристрій КМД-6 призначений для збирання кукурудзи у повній стиглості на зерно комбайном РСМ-10. Пристрій навішують на молотарку комбайна замість жатки.

Основні складальні одиниці пристрою: шнек, качано-відокремлювальні апарати, ротаційний різальний апарат, шнек, похила камера, подрібнювальний апарат із трубопроводом. Молотильний апарат обмолочує качани. Зерно проходить крізь підбарабання і подається на транспортну дошку, а звідти на верхнє та нижнє решето і в зерновий шнек, а потім зерновим елеватором подається в бункер.

Пристрій коренезбиральний ППК-4 до зернозбирального комбайна СК-5М використовується для збирання 4-ох рядків кукурудзи посіяної з міжряддями 70см і обмолоту качанів з одночасним зрізуванням і подрібненням листостебельної маси. Вимолочене зерно подається в бункер комбайна. Пристрій ППК-4 начіпляється на молотарку замість жатки. Будова і робочий процес аналогічний до КМД-6.

Таким чином на основі аналізу будови різних кукурудзозбиральних комбайнів і пристроїв, їхніх конструктивних особливостей і відмінностей, їхнього процесу роботи можна зробити такі висновки: всі ці машини і пристрої аналогічні за конструкцією жатної і качаноочисної частини; принцип роботи і робочий процес цих

машин аналогічний; всі вони збирають кукурудзу, посіяну із міжряддями 70 і 90см;

Основними недоліками всіх цих машин і пристроїв є те, що їх неможливо використовувати для збирання кукурудзи висіяної з вузькими міжряддями.

Література

1. Г.М., Єщенко В.О. Система технологій в рослинництві. – Умань, 2008.
2. Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. Машинвикористання та екологія довкілля. – Київ : Грамота, 2007. –360 с.

УДК 633.171:631.5

Оничко В.І., Помаля М.Я.

Хмельницький національний університет

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ І НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА ПРОСА

За результатами проведених польових досліджень встановлено, що більший вплив на формування продуктивності проса мали дози мінеральних добрив - сила впливу даного фактора склала 49,7%, сила впливу норм висіву була нижчою і склала 18,2%. Рекомендовано виробництву при вирощуванні проса сорту Омріяне доцільно застосовувати мінеральні добрива в якості основного удобрення у нормі $N_{45}P_{45}K_{45}$, що дозволить збільшити валовий збір зерна і є більш економічно доцільним.

INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION AND SEED SOWING RATE ON MILLET GRAIN YIELD

Based on the results of field research, it was established that the dose of mineral fertilizers had a greater influence on the formation of millet productivity - the influence of this factor was 49.7%, the influence of sowing rates was lower and was 18.2%. It is recommended for production when growing millet of the Omriyane variety, it is expedient to use mineral fertilizers as the main fertilizer in the norm of $N_{45}P_{45}K_{45}$, which will allow to increase the gross harvest of grain and is more economically expedient.

Постановка проблеми. Просо – цінна круп'яна культура для виробництва пшона, яке за своїм хімічним складом є надзвичайно корисним для здорового харчування людини. Незначна норма висіву, більш пізні строки сівби у поєднанні із коротким періодом вегетації сприяло тому, що просо є незамінною страховою культурою. Питома вага проса в посівах зернових культур у Лісостепу за останні роки значно знизилась і становить, в середньому, 1,5-2,0%. Переважна більшість господарств вирощують просо на невеликих площах (10-30 га) у збірному полі з іншими культурами без застосування сучасних технологій [1]. Така організація виробництва проса не може сприяти росту продуктивності, поліпшенню якості зерна та підвищенню ефективності виробництва культури. Тому технологію одержання максимальної врожайності проса необхідно адаптувати до конкретних

грунтово-кліматичних умов, оптимізувати норми мінерального живлення, способи сівби, оцінити ефективність дії гербіцидів, а також комплексну дію цих факторів при різних строках сівби, враховуючи біологічні особливості нових сортів з метою ресурсозбереження [2].

Для розробки ресурсозберігаючої технології застосування мінеральних добрив під просо з урахуванням норми висіву насіння необхідно більш глибоке вивчення особливостей його мінерального живлення [3], розробка основних елементів системи його удобрення і сівби для умов північно-східного Лісостепу України, що безумовно актуально для даної природно-кліматичної зони.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Продуктивність польових культур, в тому числі і проса, залежить як від генетичної природи самої рослини, сучасних сортів, так і від умов зовнішнього середовища. З метою збільшення рівня врожайності та якості зерна проса важливою складовою у технології вирощування відводиться системі живлення. За узагальненими даними багатьох дослідників, на добрива у можливому прирості врожаю припадає близько 40-50 %, а за оптимізації водного режиму – 75% [4, 5].

Щодо оптимальних доз мінеральних добрив, які необхідно внести під врожай проса немає єдиної думки. Так, одні вказують, що в умовах східного Лісостепу внесення мінеральних добрив у дозі NPK 60 кг/га д.р на фоні післядії 30 т/га гною сприяє збільшенню врожаю зерна проса у середньому по сортах на 0,59-0,70 т/га відносно до неудобреного контролю [6, 7]. Інші вчені говорять, що під просо на чорноземах південних доцільно вносити під оранку N45-60 P45-60 [8].

Вибір оптимального рівня системи живлення проса суттєво залежить від багатьох факторів. Один із них це підбір адаптованих до умов регіону сортів стійких до дії абіотичних і біотичних стресових факторів. Кращими є сорти з високим та середнім значенням ознак та найменшим варіюванням їх у різних умовах вирощування, тобто стабільні або гомеостатичні сорти. Вони вважають, що сорт із середнім, але стабільним рівнем урожайності являє собою більш економічну цінність, ніж сорт із потенційно високою врожайністю, але з великим коливанням урожайності [9].

Не останню роль на вибір системи живлення відіграє оптимальне розміщення рослин сої на одиниці площі. А це залежить від вибору оптимальної норми висіву насіння проса. Норми висіву проса сильно варіюють – від 10 до 45 кг/га або від 1,2 до 8,0 млн/га схожого насіння [10]. Результати експериментальних досліджень, а також досвід

виробничників свідчать, що малопродуктивними є як загушені, так і зріджені посіви [11]. На сьогодні немає єдиної думки щодо оптимальної норми висіву проса посівного серед просоводів, вони спільні в тому, що встановлення оптимальної щільності агроценозу проса залежить як від зональних особливостей, гідротермічних умов вегетаційного періоду, попередника, переважаючих видів бур'янів, призначення посівів, так і сортових відмінностей.

Метою наших досліджень було вдосконалення елементів технології вирощування високоякісного зерна проса посівного оптимізацією мінерального живлення та норми висіву в умовах північно-східного Лісостепу України

Дослідження проводились на дослідному полі Сумського Національного аграрного в польовій сівозміні. Грунт дослідних ділянок – чорнозем типовий малогумусний слабовилугуваний крупнопилуватий середньосуглинковий. Агротехніка вирощування загальноприйнята для зони. Польові досліді закладались і виконувались згідно “Методичних вказівок щодо проведення польових досліджень і вивчення технології вирощування зернових культур” [12] і з урахуванням усіх вимог методики дослідної справи за Б.О. Доспеховим [13].

В якості об'єкта дослідження був сорт проса Омріяне. Облікова площа ділянки 50 м², повторність чотириразова.

Результати досліджень. В результаті проведених досліджень встановлено, що азотний режим ґрунту склався в усі роки сприятливо для проса. Максимальний вміст у ґрунті амонійного і нітратного азоту був у фазі кущення рослин на варіанті з максимальною нормою внесення N₉₀P₉₀K₉₀. До часу збирання врожаю на варіантах досліді вміст нітратного азоту був практично однаковим і досить низьким у зв'язку із інтенсивним використанням його рослинами проса. Різні норми внесення туків суттєвого впливу на вміст в ґрунті рухомого фосфору і калію у порівнянні із контролем не виявили, однак чітко простежується закономірність зменшення його вмісту від першого (у фазі кущення) до третього (збирання врожаю) строку визначення, що свідчить про інтенсивне використання фосфору рослинами проса.

Статистична обробка результатів досліджень показала, що на врожайність проса, достовірно вплинули як фони мінерального удобрення, так і норми висіву насіння. Найбільший вплив на формування продуктивності проса мали дози добрив - сила впливу даного фактора склала 49,7%. Сила впливу норм висіву була нижчою і

склала 18,2%, сукупний вплив даних факторів, у формуванні продуктивності зерна, склав тільки 7,7%.

В середньому за роки досліджень на варіантах із внесенням мінеральних добрив було отримано прирости урожайності від 0,14 до 0,60 т/га. Вищу врожайність отримано при нормі висіву 3,5 млн./га схожого насіння, а зниження норми висіву з 3,5 до 2,5 млн./га знижувало урожайність на 0,07-0,70 т/га (табл. 1).

Аналіз впливу норм висіву та удобрення на показники якості зерна проса, показав, що варіанти дослідження суттєво різняться за даними показниками (рис. 1, 2). На вміст у зерні проса білка у першу чергу впливали норми внесення мінеральних добрив.

Таблиця 1 – Вплив норм мінеральних добрив та норм висіву насіння на потенційні можливості проса

Дози добрив	Норма висіву млн./га схожого насіння	Урожайність зерна, т/га				
		2020 р.	2021 р.	середнє за 2020-2021 рр.	± від:	
					фактору доза добрив	фактору норма висіву
Без добрив (контроль)	2,5	1,68	1,31	1,49	К	-0,61
	3,0	1,88	2,07	1,98	К	-0,12
	3,5	2,04	2,15	2,10	К	К
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ рекомендована	2,5	2,89	2,66	2,77	1,28	-0,70
	3,0	3,12	3,10	3,11	1,13	-0,36
	3,5	3,31	3,64	3,47	1,37	К
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ розрахункова	2,5	3,18	2,92	3,05	1,56	-0,67
	3,0	3,63	3,51	3,57	1,59	-0,07
	3,5	3,76	3,69	3,72	1,62	К

НІР₀₅ загальна, т/га

0,36 0,32

НІР₀₅, дози добрив, т/га

0,19 0,18

НІР₀₅, норми висіву, т/га

0,19 0,18

Так, більшим вмістом білка в зерні проса характеризувались варіанти де вносили мінеральні добрива в дозі N₉₀P₉₀K₉₀ - 10,04-10,16%. Відмічено деяке збільшення вмісту білка при збільшенні норми висіву насіння.

Вирощування проса на неудобреному фоні, так і за умови внесення максимальної дози мінеральних добрив не сприяло збільшенню вмісту крохмалю у зерні. Максимальний вміст крохмалю у зерні був на варіанті із внесенням N₄₅P₄₅K₄₅.

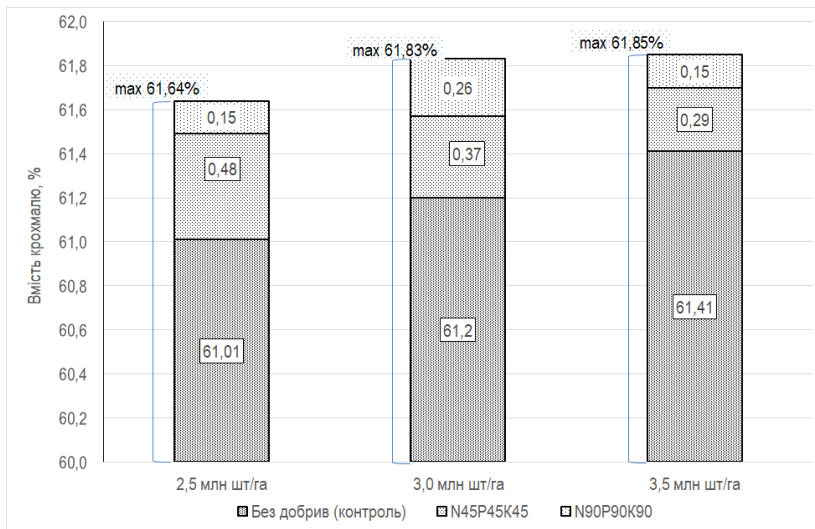


Рис. 1 – Вплив норм мінеральних добрив та норм висіву насіння на вміст білка у зерні проса

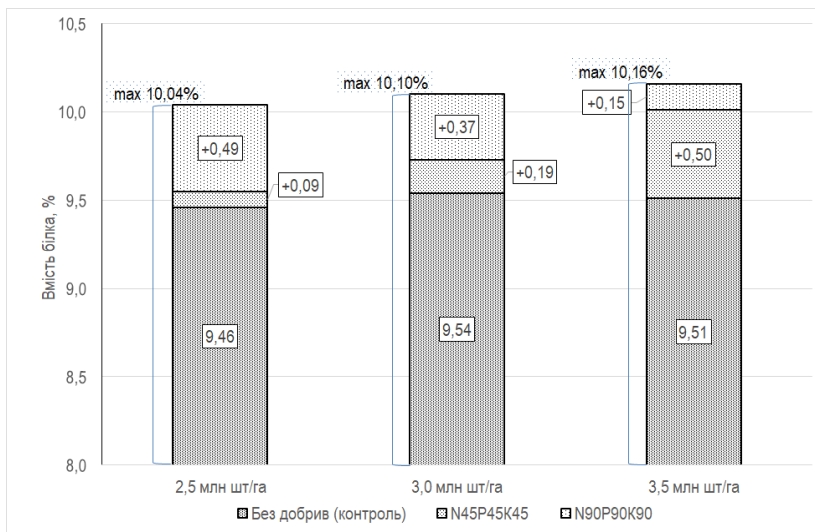


Рис. 2 – Вплив норм мінеральних добрив та норм висіву насіння на вміст крохмалю у зерні проса

Висновок. Рекомендувати виробництву при вирощуванні проса сорту Омріян в північно-східному Лісостепу України застосовувати мінеральні добрива в основне удобрення в нормі $N_{45}P_{45}K_{45}$, що дозволить збільшити валовий збір зерна.

Література

1. Пустова З. В. Врожайність та якість зерна проса при весняних та літніх строках сівби. Вісник Львівського державного аграрного університету. Львів. 2003. С. 369-372.
2. Драган М. І., Грищенко Р. С., Любич О. Г. Круп'яний порятунок. Farmer. 2012. Квітень. С. 42-43.
3. Коми Джиджону Аттила Влияние технологий применения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна проса. Вісник аграрної науки. К., 1998, № 9. С. 71-72.
4. Гамаюнова В. В. Застосування добрив – основа збереження родючості ґрунтів та формування продуктивності сільськогосподарських культур в умовах зрощення. Наукові праці : науково-методичний журнал. Том 81. Вип. 68. Екологія: Сучасний стан родючості ґрунтів та шляхи її збереження. Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2008. С. 35-38.
5. Гамаюнова В. В., Шевель В. І. Формування врожайності та якості зерна сортів проса залежно від строку сівби та фону живлення в умовах Півдня України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2016. Вип. 3. С. 50-61.
6. Беленіхіна А., Костромітін В. Фактори підвищення урожайності проса: дослідження. Агробізнес сьогодні. 2012. № 6. С. 28-30.
7. Белхіна А. В., Костромін В. М., Шелякіна Т. А., Жижка Н. Г. Чи варто удобрювати просо. Агрономія Сьогодні. 2015 : веб-сайт. URL: <http://agrobusiness.com.ua/ahramni-kultury/item/523-chy-varto-udobriuvaty-proso.html> (дата звернення: 29.09.2022).
8. Демиденко П.Н. Влияние удобрений на урожай проса в степной зоне Украины // Труды Харьковского СХИ. 1971. Т.153. С. 301.
9. Кобизева Л. Н., Безугла О. М., Григоращенко Л. В. Генофонд зернобобових і круп'яних культур НЦГРРУ – джерело вихідного матеріалу для перспективних напрямів селекції //Теоретичні основи селекції польових культур : Збірник наукових праць. Харків: ІР ім. В.Я. Юр'єва УААН, 2007. С. 301-325.
10. Драган М., Грищенко Р., Любич О. Круп'яні культури : сучасні аспекти технології вирощування. Пропозиція. 2010. 278 с.
11. Полторецький С. П. Особливості формування структури насінницьких посівів проса посівного залежно від способу сівби та норми висіву в умовах Правобережного Лісостепу. Збірник наукових праць Уманського НУС. Умань, 2014. Вип. 85. Ч. 1: Агрономія. С. 13 – 19.
12. Методичні вказівки щодо проведення польових досліджень і вивчення технології вирощування зернових культур. Чабани: Інститут землеробства УААН, 2001. 22 с.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

УДК 629.3

Ярошенко П.М.

Сумський національний аграрний університет

Остапишин Е.С., Васильків В.В.

Хмельницький національний університет

ПРО ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ АГРЕГАТИВ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В РІЗНИХ ЗОНАХ УКРАЇНИ

***Анотація.** Лісостепова зона вирощування аграрних культур займає близько 34% території України. Основним завданням обробітку ґрунту в Лісостепу є підвищення його родючості, створення оптимального водно-повітряного режиму, запобігання ерозії ґрунту, захист посівів від бур'янів, хвороб, шкідників тощо.*

ON THE APPLICATION OF COMBINED AGGREGATES FOR SOIL PROCESSING IN DIFFERENT ZONES OF UKRAINE

***Abstract.** The forest-steppe zone of growing agricultural crops occupies about 34% of the territory of Ukraine. The main task of soil cultivation in the forest-steppe is to increase its fertility, create an optimal water-air regime, prevent soil erosion, protect crops from weeds, diseases, pests, etc.*

У системі основного обробітку оранка поліпшує фітосанітарний стан ґрунту, водно-повітряний режим, сприяє кращому захисту посівів від бур'янів та більшому накопиченню вологи в осінній та весняно-літній періоди. Проте у місцях, де спостерігається водна та вітрова ерозії і в роки з недостатньою кількістю опадів, особливо в центральних і південно-східних районах, у системі основного обробітку ґрунту застосовують поверхневий обробіток під озими і плоскорізний – під ярі культури.

У польових зерно-буракових сівозмінах Лісостепу більш ефективною є диференційована система обробітку ґрунту, яка включає 2-3 оранки на глибину 28-30 см, 2-3 поверхневих або плоскорізних обробітки та 4-5 оранок на глибину 20-22 см [1].

Комбіновані ґрунтообробні агрегати (машини) призначені для виконання за один прохід кількох технологічних операцій. Агрегати

повинні виконувати тільки такі технологічні операції, які суміщуються в часі без порушення агротехнічних показників і строків виконання.

Використання комбінованих агрегатів значно зменшує ущільнення і розпилювання ґрунту ходовими системами агрегатів, скорочує строки виконання робіт, підвищує продуктивність праці та знижує витрати.

Комбіновані ґрунтообробні агрегати мають істотні переваги над одноопераційними машинами за рівномірністю глибини обробітку та якістю вирівнювання та розпушення ґрунту. Ця перевага дає можливість підвищити польову схожість насіння та збільшити врожайність тих же цукрових буряків на 2,2-6,1 т/га.

При застосуванні комбінованих ґрунтообробних машин відбувається заміна 5-6 одноопераційних агрегатів; скорочення на 30% витрат пального, праці, строків виконання робіт; збереження вологи в ґрунті; створення однорідного за щільністю посівного шару ґрунту.

Комбіновані ґрунтообробні агрегати вибирають залежно від ґрунтово-кліматичних зон, стану ґрунту, попередника, обраної культури і кліматичних умов.

За послідовністю технологічних операцій, що виконуються при обробітку ґрунту, комбіновані машини поділяють на чотири основні групи:

- машини для суміщення основного та допоміжного (передпосівного) обробітку ґрунту;
- машини для суміщення операцій при передпосівному обробітку ґрунту;
- машини для суміщення основного або передпосівного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив;
- машини для суміщення передпосівного обробітку ґрунту і сівки.

В Україні існують ряд підприємств, що розробляють і виготовляють відповідні складні агрегати для обробітку ґрунту в різних зонах. Найпростішим комбінованим агрегатом є агрегат ЗКА-3,6, складений з культиватора типу КПС-4 і зерно-тукової сівалки типу СЗТ-3,6.

Висновки. Технічний рівень вітчизняних комбінованих ґрунтообробних агрегатів поступається зарубіжним аналогам за якістю виготовлення, надійністю роботи, дизайном, водночас вітчизняні комбіновані агрегати значно дешевші.

Література

1. Кабаков Н.С., Мордухович А.И. Комбинированные почвообрабатывающие и посевные агрегаты и машины / Н.С. Кабаков, А.И. Мордухович. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 80 с., ил.

Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

УДК 004.4

Белей О.І., Панчак С.Т.

Національний університет «Львівська Політехніка»

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ТРАФІКУ ВЗАЄМОДІЇ ПРИСТРОЇВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Пропоноване дослідження присвячене аналізу трафіку Інтернету речей та міжмашинної взаємодії. У дослідженні здійснено аналіз характеристик трафіку та існуючих моделей трафіку Інтернету речей та міжмашинної взаємодії. Розроблена аналітична модель трафіку Інтернету речей та міжмашинної взаємодії функціонує як модель трафіку кінцевих автоматів, що працюють у мережі за протоколом телеметричний протокол MQTT. За допомогою імітаційної моделі у середовищі MATLAB оцінено ефективність запропонованої моделі.

CONSTRUCTION OF TRAFFIC MODELS OF THE INTERACTION OF INTERNET OF THINGS DEVICES

The proposed study is devoted to the analysis of Internet traffic of things and the interaction of machines. The study analyzes the characteristics of traffic and existing models of Internet traffic and interaction of things and machines. The developed analytical model of Internet of Things traffic and inter-machine interaction functions as a model of traffic of finite state machines operating in the network according to the MQTT telemetry protocol. The effectiveness of the proposed model was evaluated using a simulation model in the MATLAB environment.

Сучасна мережа Інтернету речей (IP) не є строго стандартизованою. Для побудови таких мереж використовуються дещо інша концепція, ніж стандартизовані телекомунікаційні мережі. Щоб аналізувати трафік мережі IP, пропонується кілька еталонних моделей цих систем [1]. Мережі IP можуть мати різні конфігурації та обсяги, залежно від його призначення [2].

Мережевий протокол MQTT забезпечує стандартні основи зв'язку для IP, реалізовані як архітектури «видавець-передплатник» [3]. Кожне повідомлення, яке надсилається брокеру, буде пов'язане з певною темою, при цьому кожен клієнт MQTT повинен мати унікальний ID-ідентифікатор клієнта [4].

Метою наукового дослідження є аналіз та моделювання трафіку в мережах Інтернету речей.

В мережі Інтернету речей ми розглядаємо сценарій застосування MQTT, в якому датчики на основі IP збирають певну інформацію, а потім передають її на сусідні комутатори до брокера. Ми припускаємо, що мережеві комутатори досить розумні для їх віддаленого програмування та діяти відповідно до змін трафіку. Це припущення може відповідати новим технологіям, таким як програмно-визначені мережі. Посередник поширить дані про зацікавленість у додатках підписки та інформацію про управління трафіком для комутаторів на шляху, щоб заблокувати або дозволити клієнтам MQTT знизити навантаження на мережу. Два типи програм IP розгортаються з приходом пакетів з додатками на основі участі та додатками на основі подій. Таким чином, сприймаюча інформація, тобто надходження пакета даних IP, моделюється як фіксованим, так і експоненційним часом між приходами та швидкостями.

Щоб вирішити поставлені завдання у мережі IP, ми аналізуємо модель черг для мережі IP-MQTT та оцінюємо механізм виявлення на основі швидкості надходження зібраного трафіку та кількості користувачів до того, як відбудеться високе навантаження на мережу. Основний вузол MQTT моделюється як одна черга M/G/1 із зазвичай розподіленим часом обслуговування 2000 пакетів на секунду. Вузли видавця підключені до брокера MQTT, і, як згадувалося вище, розглядаються дві категорії опублікованих додатків із постійним та пуассонівським трафіком даних (рис. 1).

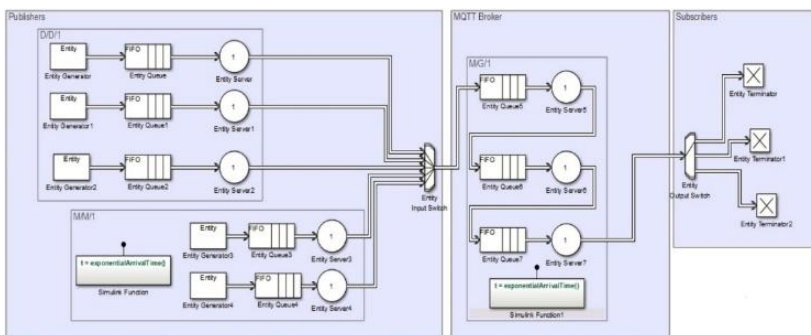


Рис. 1 - Імітаційна модель трафіку пристроїв Інтернету речей для MQTT

Реакцію системи було змодельовано з і без запропонованої моделі трафіку IP/M2M. Ми запустили симуляцію протягом 100 секунд. На 50-й секунді одне місто та дві автостоянки починають відправляти з більш високою швидкістю один пакет кожні 1,5 мілісекунди та другий пакет кожні 6,4 мілісекунди відповідно. Такі зміни швидкості передачі можуть бути зроблені навмисно чи ні. Наша модель системи визначила переоцінені пристрої та реагує лише на них, зберігаючи поведінку системи стабільною для інших звичайних користувачів. Як показано на рисунках 2 і 3, середнє завантаження сервера MQTT становить 0,13 у нормальних умовах, але при завантаженні мережі вона збільшується до 0,39. З цього можна зробити висновок, що в умовах високого навантаження мережі сервер надзвичайно обтяжений запитами великого обсягу, що призводить до збільшення використання.

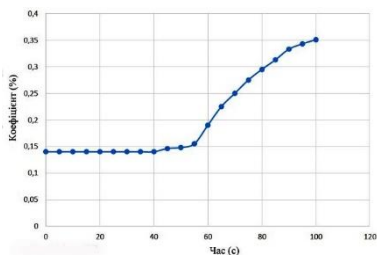


Рис. 2 - Моделювання коефіцієнта використання брокера MQTT без ідентифікатора IP

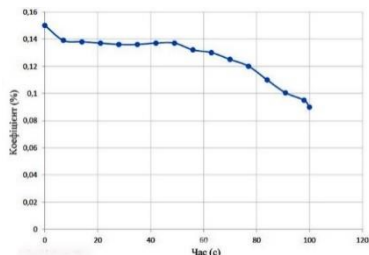


Рис. 3 - Моделювання коефіцієнта використання брокера MQTT з ідентифікатором IP

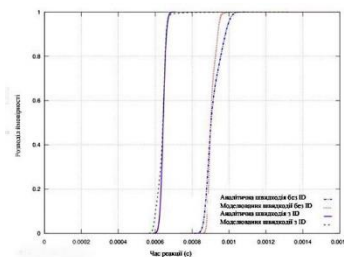


Рис. 4 - Час відгуку системи для додатків на основі подій

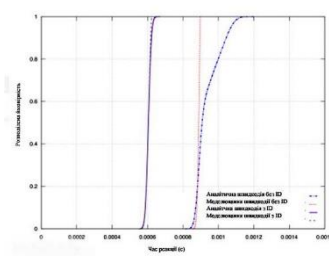


Рис. 5 - Час відгуку системи для додатків на основі участі

Завантаження мережі просто затримує або перешкоджає обробці пакетів даних законних з'єднань; такі додаткові затримки погіршують трафіку QoS поточних з'єднань. Модель трафіку IP/M2M має бути надійною і ефективною для покращення продуктивності QoS для трафіку, коли він наражається на таку загрозу. Щоб перевірити це додатково вивчили правильність аналітичних виразів для часу відгуку в одиночних пріоритетних чергах M/G/1. Як показано на рисунку 4, запропонований метод зменшив час відгуку системи і запобіг зниженню продуктивності QoS, заблокувавши переоцінені вузли. Додаток паркування на рисунку 5 має середній час відгуку 0,91 мілісекунди при високому навантаженні на мережу без використання нашої методики та в середньому 0,64 мілісекунди з моделлю трафіку IP/M2M. Застосування погодного сигналу на рис. 4b має майже однакову реакцію в середньому 0,65 мілісекунди та 0,93 мілісекунди з моделлю трафіку IP/M2M і без неї відповідно. Розглядаючи загальну кількість пакетів N кожного клієнта, очевидно, можемо показати перевагу нашого методу. У звичайній ситуації на рисунку 6 можна помітити, що кожна автостоянка бере участь приблизно в 1556 пакетах, а коли швидкість передачі даних збільшується, неправильно провідні автостоянки відправляють близько 8513 пакетів. У нашому запропонованому способі і до того як завантаження відбудеться, перша і друга автостоянка відправлять брокеру тільки 648 пакетів, потім брокер виявив збільшення швидкості надходження і заборонив їм доступ до системи. На рисунку 7 показана та сама ситуація, що сталася з додатком сигналу погоди. Модель трафіку IP/M2M запобігає близько 35000 непотрібних пакетів із третього місця, які можуть бути відповідальними за порушення загальної якості системи.

Інтервал вибірки відіграє важливу роль для підтримання певних обмежень QoS. Коли обсяг трафіку збільшився, наша система, як і раніше, стійка до екстремальних випадків при коефіцієнті прибуття $\lambda_{new}=5\lambda$ і точно ідентифікує переоцінені пристрої за їхнім ідентифікатором клієнта з деякими додатковими витратами у черзі. Ця затримка у черзі може бути мінімізована шляхом оптимізації інтервалу вибірки, що використовується для розрахунку поточної частоти надходження (рисунок 8). При інтервалі вибірки 100 мілісекунд затримка в черзі становила близько 1 мілісекунди, яку можна додатково зменшити до 0,2 мілісекунди, зменшивши інтервал вибірки до 20 мілісекунд. Таким чином, проводиться простий експеримент, щоб

виміряти затримку в черзі, оскільки кількість пристроїв IP збільшилася у 2 рази, 4 рази, 6 разів, 8 разів, 10 разів та 12 разів. Як показано на рисунку 9, затримка у черзі становила близько 0,42, 0,5 та 0,68 мілісекунди для 2х, 4х та 6х відповідно. Затримка продовжує збільшуватися на порядок секунд, поки не досягне 7 секунд (12х), що абсолютно неприйнятно для більшості програм. Отже, періодичний моніторинг системи на межах мережі допоможе досягти вимог мережі QoS.

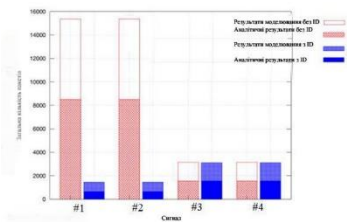


Рис. 6 - Загальна кількість пакетів для додатків на основі подій

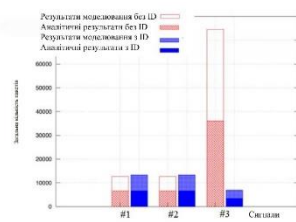


Рис. 7 - Загальна кількість пакетів для додатків на основі участі

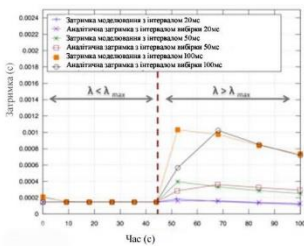


Рис. 8 - Затримка у черзі проти інтервалу вибірки

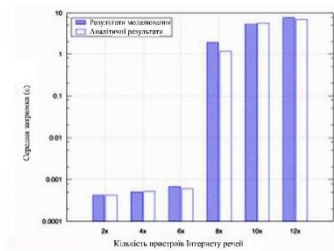


Рис. 9 - Затримка у черзі проти кількості IP-видавців

Результати моделювання показали, що розуміння базових шаблонів трафіку може допомогти визначити високе навантаження на мережу на ранній стадії. Отримані у дослідженні результати можуть застосовуватись під час аналізу обслуговування і прогнозування M2M трафіку в мережах Інтернету речей.

Література

1. K. Ashton, "That 'internet of things' thing," *RFiD Journal*, vol. 22, no. 7, pp. 97–114, 2009.
2. B. Vejlggaard, M. Lauridsen, H. Nguyen, I. Z. Kovacs, P. Mogensen and M. Sorensen, "Coverage and Capacity Analysis of Sigfox, LoRa, GPRS, and NB-IoT," 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Sydney, NSW, 2017, pp. 1-5.
3. Lloret, Jaime & Tomás, Jesús & Canovas, Alejandro & Parra, Lorena. (2016). An Integrated IoT Architecture for Smart Metering. *IEEE Communications Magazine*, 54, pp. 50-57.
4. Sureeya, Kritsana & Inthasuth, Tanakorn. (2019). Packet Traffic Measurement of IEEE1888 WRITE Procedure between ZigBee Gateway and Storage for Building Energy Management System.

УДК 004.9

Біньковська А.Б., Мамедов Р.І.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ШВИДКОСТІ ОБЕРТУ ПРИВОДА ЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА

Розроблено систему стабілізації швидкості обертання привода електричного генератора, досліджена гідравлічна система стабілізації швидкості обертання електричного генератора на основі відцентрового регулятора і сервозолотника, приведені рівняння динаміки і динамічні характеристики усіх її складових і в програмному пакеті MatLab+Simulink виконано синтез регулятора.

SYSTEM OF STABILIZATION OF THE SPEED OF ROTATION OF THE ELECTRICAL GENERATOR DRIVE

The system of stabilization of speed of rotation of the electric generator drive is developed, the hydraulic system of stabilization of speed of rotation of the electric generator on the basis of the centrifugal regulator and servogold is investigated, the equations of dynamics and dynamic characteristics of all its components are resulted.

Існує безліч способів і проблем, пов'язаних з отриманням електричної енергії на наземному, повітряному і морському транспорті. На деяких транспортних засобах електрична бортова система має первинне значення. Невідповідність напруги живлення в мережі бортової системи літака або потягу може привести до виходу з ладу електричного устаткування, що знаходиться в ній, а в деяких випадках - до катастрофи. При приводі генератора від основного виникають чинники, що перешкоджають його стабільній роботі. Передусім, частота обертання двигуна завжди непостійна; крім того, навіть при постійній швидкості обертання приводного двигуна навантаження на генератор постійно міняється, а, отже, непостійна електромагнітна сила, що перешкоджає обертанню його ротора.

Таким чином, необхідно забезпечити якісну систему стабілізації електричного генератора, один з прикладів такої системи представлено в роботі, що і є метою роботи.

Система стабілізації розглядається як лінеаризована модель в системі "MATLAB+Simulink" і досліджуються її динамічні характеристики. Для того, щоб досліджувати систему в цілому розглянемо динамічні характеристики усіх її складових: об'єкту регулювання (системи насос з регульованою витратою - гідромотор), тахогенератора, ПД-регулятора, електронного блоку управління (ЕБУ), пропорційного розподільника (ПР) і циліндра управління (ЦУ). Знаючи електричні і механічні параметри вищеперелічених елементів, знайдемо їх передатні характеристики, які дозволять потім створити динамічну модель системи.

Витрата в приводі змінюється за двома параметрами. Скористаємося рівнянням об'єкту у виді:

$$(T_n s + 1)\Delta\omega = K_a (T_a s + 1)\Delta\omega_a - K_n \Delta N + K_z \Delta z. \quad (1)$$

Нехтуючи малою величиною T_a , остаточно отримаємо рівняння об'єкту у виді:

$$(T_n s + 1)\Delta\omega = K_a \Delta\omega_a - K_n \Delta N + K_z \Delta z. \quad (2)$$

Таким чином, привод складатиметься з двох передатних функцій:

$$W_{op1} = \frac{K_a}{T_n s + 1}; \quad (3)$$

$$K_a = i_1 + i_2 i_3 \frac{\omega_n \sin \gamma_0}{q_z} = 2 + 1,5 \cdot 0,7 \frac{3000 \cdot 0,3}{60} = 554; \quad (4)$$

$$W_{op1} = \frac{K_z}{T_n + 1}; \quad (5)$$

$$K_z = \frac{i_2 i_1 \omega_{a0} \omega_n \cos \gamma_0}{q_z K_\gamma} = \frac{1,5 \cdot 0,7 \cdot 10 \cdot 5,5 \cdot 0,95}{68 \cdot 5,5} = 0,14. \quad (6)$$

Таким чином, ПДФ приводу за швидкістю:

$$W_{op1} = \frac{554}{0,01s + 1}. \quad (7)$$

ПДФ приводу по переміщенню похилої шайби :

$$W_{op2} = \frac{0,14}{0,01s + 1}. \quad (8)$$

Якщо в якості вхідної величини тахогенератора прийняти швидкість обертання його валу ω , а вихідний - напруга $U_{\text{вих}}$, то поведінка тахогенератора з достатньою точністю описується рівнянням статички, отже, передатна функція має вигляд:

$$W(p) = \frac{U_{\text{вих}}(p)}{\Omega(p)} = k, \quad (8)$$

Приймаючи за вхідну величину кут повороту валу якоря (ротора), а за вихідну - напруга, отримаємо передатну функцію тахогенератора у виді

$$W(p) = \frac{U_{\text{вих}}(s)}{\varphi(s)} = ks, \quad (9)$$

оскільки існує зв'язок $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$.

Таким чином, в першому випадку тахогенератор описується як підсилювальну ланку, а в другому - як ідеальна диференціююча. Скористаємося першим випадком, тоді коефіцієнт перетворення тахогенератора:

$$k = \frac{30c\Phi_B}{\pi} \frac{1}{1 + \frac{R_B}{R_H}} = \frac{30 \cdot 1,2 \cdot 10^{-1}}{3,14 \cdot (1 + \frac{10^3}{7 \cdot 10^3})} = 1,11 \text{ мВ} \cdot \text{с}^{-1}. \quad (10)$$

Таким чином, ПДФ тахогенератора

$$W_{mz} = 1,11. \quad (11)$$

ПДФ ЕБУ описує закони зміни електричного сигналу в контурі підсилювача і котушці пропорційного магніта. Рівняння напруги в електричному колі магніта (ЕМ) :

$$U_{yc} = R_y I_y + L_y \frac{dI_y}{dt} + C_l \frac{dx_{n.з}}{dt}, \quad (12)$$

де U_{yc} - напруга на виході електронного підсилювача; R_y - активний опір обмотки управління електромагніту; L_y - індуктивність обмотки управління електромагніту; C_l - коефіцієнт проти-е.р.с; $X_{n.з.}$ - зміщення якоря електромагніту золотника.

Після перетворень рівняння ланцюга управління електромагнітом матиме вигляд:

$$T_{\text{ymp}} \frac{di_y}{dt} + i_y = k_{iu} U_y. \quad (13)$$

З рівняння кола управління електромагніту виходить, що передатна функція кола управління електромагніту буде наступною:

$$W(s) = \frac{k_{Fi} k_{iu}}{T_{\text{ymp}} s + 1}. \quad (14)$$

де T_{ymp} - постійна часу передатної функції ланцюга управління електромагніту

$$T_{\text{ymp}} = \frac{L_y}{R_y + R_{\text{вих}}} = \frac{6 \cdot 10^{-6}}{30 + 35} = 0,00037 \text{OM} \cdot \Gamma\text{H}^{-1}, \quad (15)$$

де L_y - індуктивність обмотки управління електромагніту; R_y - активний опір обмотки електромагніту; $R_{\text{вих}}$ - опір вихідного каскаду електронного підсилювача; K_{Fi} - постійна електромагніту

$$k_{iu} = \frac{1}{R_y + R_{\text{вих}}} = \frac{1}{30 + 35} = 0,015 \text{OM}^{-1}, \quad (16)$$

де k_{iu} - коефіцієнт передачі електронного підсилювача.

ПДФ ЕБУ має вигляд:

$$W_{\text{EBY}} = \frac{0,01}{0,00037s + 1}. \quad (17)$$

Рівняння руху плунжера основного золотника має вигляд [5]:

$$m_3 \frac{d^2 x_3}{dt^2} + k_{\text{mp.3}} \frac{dx_3}{dt} + c_{\text{np.3}} x + R_{\text{mp.3}} + R_{\text{zd.3}} = F_3 \Delta p_y, \quad (18)$$

де m - маса плунжера основного золотника; $k_{\text{mp.3}}$ - коефіцієнт, що враховує в'язке тертя в проміжку між плунжером золотника і гільзою; $c_{\text{np.3}}$ - жорсткість пружини основного золотника; $R_{\text{zd.3}}$ - гідродинамічна сила, що діє на золотник з боку робочої рідини; $R_{\text{mp.3}}$ - сила сухого тертя діє на золотник; Δp_y - перепад робочої рідини на торцях золотника.

Нехтуючи масою золотника, отримаємо:

$$k_{mpz} \frac{dx_3}{dt} + c_{npz} x = F_3 \Delta p_y . \quad (19)$$

Після простих перетворень передатну функцію для золотника запишемо у виді:

$$W_{TP} = \frac{k_3}{T_3 s + 1} , \quad (20)$$

де T_3 - постійна часу передатної функції золотника; k_3 - коефіцієнт посилення передатної функції золотника

$$T_3 = \frac{F_3^2 + k_{Qpy} + k_{mpz}}{k_{Qpy} c_3} = \frac{2500 + 3 + 0,09}{0,02 \cdot 4 \cdot 10^4} = 3,1c ; \quad (21)$$

$$k_3 = \frac{F_3 k_{Qx_m}}{k_{Qpy} c_3} = \frac{50 \cdot 6,2 \cdot 10^4}{0,02 \cdot 4 \cdot 10^4} = 3894 . \quad (22)$$

Таким чином, ПДФ ПГ :

$$W_{TP} = \frac{3894}{3,1s + 1} . \quad (24)$$

Передатна функція ЦУ має вигляд:

$$W_{ЦУ} = \frac{F_{ЦУ}}{m_3 s^2 + k_{mpz} s + c_{npz}} , \quad (25)$$

де $F_{ЦУ}$ - площа поршня; m_3 - маса золотника; k_{mpz} - коефіцієнт тертя між торцем поршня і стінкою циліндра; c_{npz} - коефіцієнт пружності пружини.

Тоді ПДФ має наступний вигляд:

$$W_{ЦУ} = \frac{0,00018}{0,124s^2 + 0,09s + 3000} . \quad (26)$$

Побудуємо модель об'єкту, не враховуючи дії на систему ззовні. Перевіримо стійкість системи в спокійному стані [6]. Використовуючи ПДФ, отримані раніше і бібліотечні засоби пакету, отримаємо схему, представлену на рисунку 1.

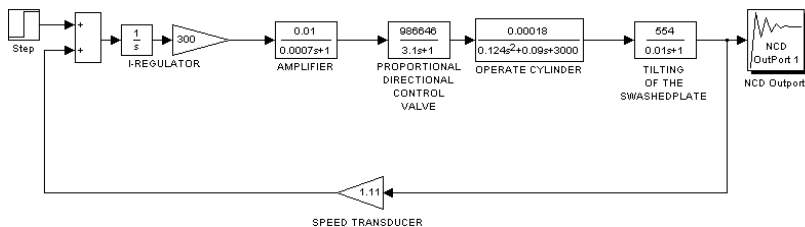


Рис. 1 – Машинна схема без урахування зворотного зв'язку по золотнику

Результат моделювання представлений на рисунку 2.

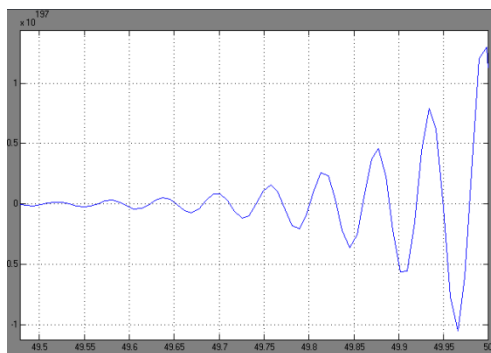


Рис. 2 – Результати моделювання системи без урахування зворотного зв'язку

Як на рисунку 2 видно необхідність зворонього зв'язку (33) по золотнику оскільки система йде в рознесення. Жорсткий 33 дає можливість привести поршень циліндра управління в початкове положення і тим самим робить регулювання ефективним.

Розглянемо схему, приведену на рисунку 3:

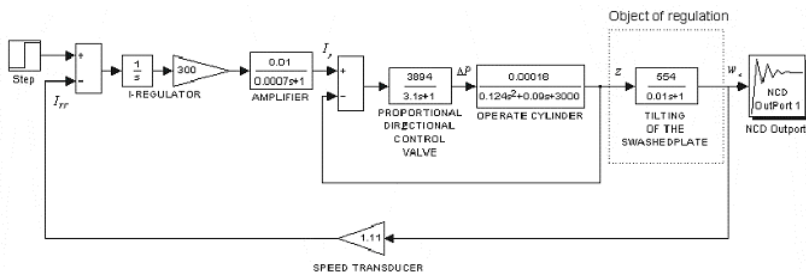


Рис. 3 – Модель системи стабілізації без урахування зовнішніх дій

Для регулювання цієї САУ вибираємо І-регулятор, оскільки він має ряд переваг : І-регулятор робить корекцію САУ не помилково, а по її інтегралу, що робить процес регулювання ефективнішим [7,2]. І-регулятор служитиме будівельним елементом системи регулювання, його налаштування дозволить отримати оптимальний перехідний процес.

Тепер розглянемо перехідні процеси в системі, для чого скористаємося блоком NCD. Перехідний процес показаний на рис. 4.

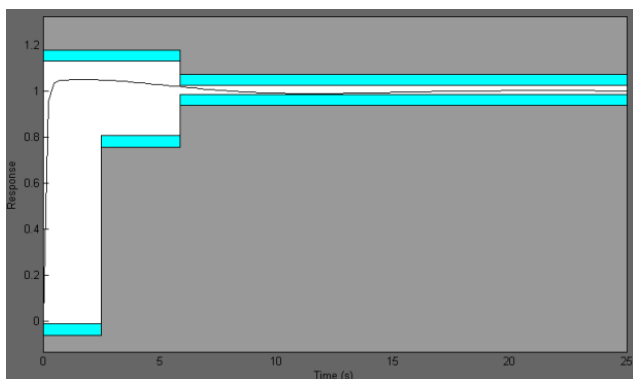


Рис. 4 – Перехідний процес в системі стабілізації без урахування зовнішньої дії

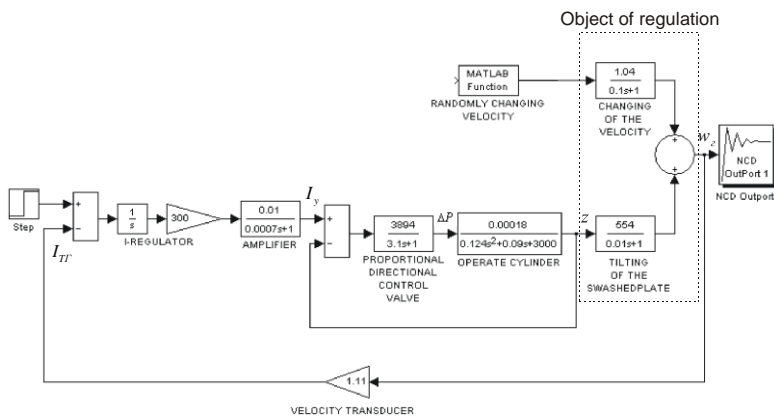


Рис. 5 – Система стабілізації частоти обертання з урахуванням зовнішніх дій

Тепер розглянемо показники якості системи управління :

- час регулювання $t_p = 3,83c$;
- перерегулювання $\sigma = 7,29\%$;
- помилка, що встановилася $\varepsilon = 1,0064$.

Тепер, коли моделювання показало, що система стабілізації без урахування зовнішніх дій працює задовільно, проведемо аналіз системи з підключеним приводним двигуном. Причому частота його обертання змінюється випадковим чином.

Блокова схема системи стабілізації представлена на рис. 5.

Перехідний процес у встановленому коридорі (рисунок 6) має наступний вигляд:

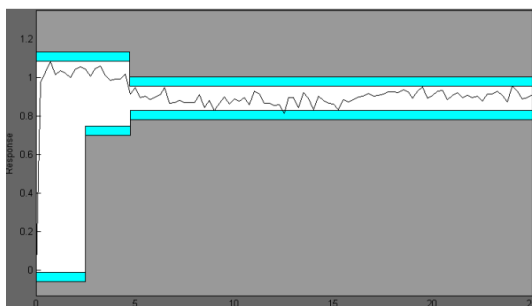


Рис. 6 – Перехідний процес в системі стабілізації з урахуванням зовнішніх дій

Частота обертання приводного двигуна змінюється за наступним законом:

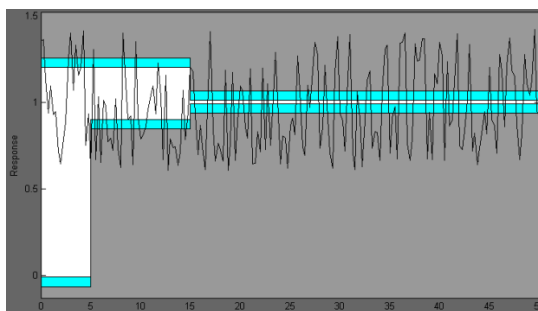


Рис. 7 – Зміна частоти обертання валу приводного двигуна

Таким чином, при коливанні швидкості обертання приводного двигуна в коридорі, складовому 82% від номінальної величини, отримаємо наступні показники якості :

- час регулювання $t_p = 5,64c$;
- перерегулювання $\sigma = 8,52\%$;
- коефіцієнт гасіння $k = 5,47$.

В роботі досліджена система стабілізації частоти обертання на основі гідравлічного насоса зі змінним об'ємом робочої камери і пропорційного чотирьохлінійного гідророзподільника.

Вивчені можливості роботи цих елементів при непостійних режимах роботи на транспортних засобах.

У програмному пакеті MatLab Simulink була складена модель системи регулювання і отримані показники її якості. При заданому коридорі коливань частоти обертання приводного двигуна 82% на валу електричного генератора отримали коливання 15%. Таким чином, розглянута система забезпечує коефіцієнт гасіння коливань 5,47 при часі регулювання $t_p = 5,64c$ і перерегулюванні $\sigma = 8,52\%$.

Література

1. Скрицкий В.Я., Рокшевский В.А. Эксплуатация промышленных гидроприводов. Машиностроение. Москва, 1984. 178 с.
2. Костюк А.В. Моделирование гидравлической системы управления шагающей машины. Диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Москва 2002г. 156с.
3. Оксененко А.Я., Скворчевский Е.А., Покуйло Л.А. Гидравлические пропорциональные системы управления металлорежущими станками: Обзор. – М.: НИИмаш, 1983. 450 с.
4. Олссон Г., Пиани Дж. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.
5. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / О.В. Барало, П. Г.Самойленко, С. Є.Гранат, В. О. Ковальов – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
6. Москаленко В. В. Автоматизированный электропривод / В.В. Москаленко. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 416 с.
7. Попович М. Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М. Г. Попович та ін. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.

УДК 004.4

Богдан С.Є., Козачок Л.М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОЦЕСІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

У даній роботі представлено алгоритм оптимізації параметрів функції приналежності контролера, що використовує методи нечіткої логіки для управління роботою двигуна. Оптимізація виконується згідно методу оптимізації потоком частинок, це надає змогу оцінити інтервали значень функцій приналежності, що описують роботу контролера з точки зору нечіткої логіки управління. Модель, побудована з огляду на отримання оптимальних значень функцій приналежності, реалізована у системі комп'ютерної математики Matlab за допомогою сервісу моделювання.

SIMULATION OF SYSTEM MANAGEMENT USING FUZZY LOGIC PROCESSES

This work presents an algorithm for optimizing the parameters of the controller belonging function, which uses fuzzy logic methods to control the operation in electrical network. Optimization is performed according to the method of optimizing the flow of particles, this allows you to estimate the intervals of values of belonging functions that describe the work of the controller from the point of view of fuzzy control logic. The model, built taking into account the obtaining of optimal values of belonging functions, is implemented in the Matlab computer mathematics system using the modeling service.

Для того щоб забезпечити високу продуктивність двигуна постійного струму та спрощеність при керуванні ним, доцільно регулювати його швидкість. Для регулювання швидкості двигуна постійного струму та для вирішення багатьох задач з його використанням застосовується декілька контролерів: ПІД-регулятор, Fuzzy Logic Controller або їх поєднання.

Задача полягає у проектуванні та побудові контролера двигуна постійного струму з застосуванням методів нечіткої логіки, тобто враховуючи нечіткі процеси, та оптимізація його роботи. У результаті потрібно розробити оптимальний контролер, оптимізувати його функції приналежності і отримані результати змодельовати на Simulink

в Matlab. Оптимізація за допомогою потоку частинок являє собою еволюційний алгоритм на основі стохастичного методу оптимізації, розроблений Еберхартом і Кеннеді в 1995 році, в роботі яких було розглянуто соціальну поведінку птахів, що збираються у зграї [1].

Якщо всі рішення певної даної задачі розглядати як простір усіх можливих рішень, то кожне рішення має відповідні координати у цьому просторі, які можуть змінюватися. Тоді усі наближені рішення представлені як частинки при використанні методу потоку частинок. Кожна частинка відстежує координати оптимуму, оптимального рішення, в просторі проблеми, це пов'язано зі знаходженням кращого рішення, та змінює свої координати для пристосованості для більшого наближення. Це значення позначимо p_b . А «найкраще» значення, яке буде отримано за допомогою оптимізації потоком частинок, буде представлено найкращим значенням, отриманим на даний момент будь-якою частинкою відносно інших частинок, позначимо це значення l_b . Коли розглядається увесь потік частинок як сусіди даної частинки, то найкраще значення буде глобальним найкращим значенням та позначається g_b .

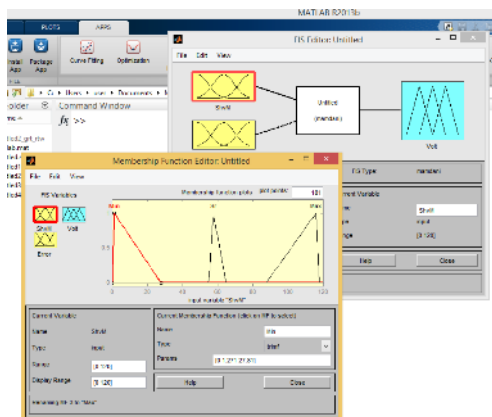


Рис. 1 – Функції приналежності відповідно до вхідної змінної

Розглянемо застосування системи комп'ютерної математики Matlab для побудови та моделювання керуючої системи з контролером, а саме використання сервісу Matlab – Toolbox Fuzzy Logic. У структурі системи, що використовує нечітку логіку для реалізації методу

оптимізації потоком частинок будуть взаємодіяти вхідний чіткий вектор, вектор нечітких множин, що відповідає вхідному вектору, результат логічного виведення у вигляді вектора нечітких множин, вихідний чіткий вектор.

Нечітка система виведення, яка згенерована, виходячи з методу оптимізації за допомогою потоку частинок, показана на наступних рисунках, при відповідних нечітких процесах кілька разів змінювала функції приналежності, тобто метод оптимізації за допомогою потоку частинок знаходить функції приналежності (рис. 1).

Розглядаючи цю нечітку систему управління після побудови та моделювання при певних значеннях атрибутів та за визначеними функціями приналежності і правилами функціонування нечітких процесів, отримуємо значення вихідної змінної напруги у електричному ланцюгу, графічна візуалізація вихідної змінної представлена на наступному рисунку.

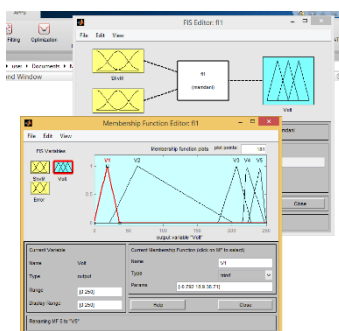


Рис. 2 – Представлення нечітких значень вихідної змінної напруги у електричному ланцюгу

Момент крутіння двигуна - M пов'язан зі струмом якоря – i відповідно константі $const_m$.

Константа електрорушуючої сили $const_e$ пов'язана зі швидкістю обертання за допомогою наступних рівнянь:

$$M = const_m i, \quad E = const_e \omega' \quad (1)$$

Запишемо алгоритм виконання оптимізації методом використання потоку частинок, який застосовується при вирішенні задачі:

1. Початок.
2. Завдання визначення частинок, які беруть участь у потоці для виконання оптимізації, а саме задається їх положення та швидкість.
3. Оцінка придатності кожної визначеної частинки до використання у цьому методі.
4. Завдання та оновлення параметрів контролера нечіткої системи.
5. Знаходження значень pb , gb .
6. Оновлення значень координат частинок та швидкості її руху.
7. Перевірка виконання умови: якщо максимальна кількість ітерацій процесу оптимізації ще не досягнута, то переходимо до пункту 2, інакше – наступний пункт.
8. Кінець виконання методу.

Важливо відзначити, що використовувалася нечітка система з 2 входами і 1 виходом для отримання під час виконання кращих значень когнітивного прискорення l_1 і соціального прискорення l_2 . Ця нечітка система може бути описана наступним чином:

$\omega_{ij}(t)$ - швидкість частинки i у вимірі $j = 1, \dots, n$ у момент часу t ,
 $x_{ij}(t)$ - положення частинки i у вимірі j на кроці t , l_1 , l_2 представляють пізнавальне і соціальне прискорення. У цьому випадку ці значення є нечіткими, оскільки вони змінюються динамічно при виконанні методу оптимізації, p_{l_1} і p_{l_2} є випадковими значеннями в діапазоні $[0, 1]$:

$$l_k = \frac{\sum_{i=1}^{p_{l_k}} \mu_i^{l_k}(l_{ki})}{\sum_{i=1}^{p_{l_k}} \mu_i^{l_k}}, \quad k = 1, 2.$$

p_{l_k} - кількість правил нечіткої системи, що відповідають l_k ,

l_k - вихідний результат для правила, відповідний прискоренню l_k ,

$\mu_i^{l_k}$ – функція приналежності правила i відповідно до прискорення l_k .

При вирішенні поставленої задачі систему було як нечітку, що описується двома параметрами, які змінюються динамічно при виконанні методу оптимізації за допомогою потоку частинок та досягають значень, при яких система має оптимальне значення вихідної

змінної. Також були описані функції приналежності визначення множин значень та були побудовані правила для знаходження значень параметрів, що відповідають оптимальному управлінню системою.

Література

1. Kennedy, J.; Eberhart, R. (1995). "Particle Swarm Optimization". Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks. Vol. IV. pp. 1942–1948.
2. Boyd, Stephen P., Vandenberghe, Lieven (2004). Convex Optimization. Cambridge: Cambridge University Press.
3. Coello Coello, C., Salazar Lechuga, M. (2002). "MOPSO: A Proposal for Multiple Objective Particle Swarm Optimization". Congress on Evolutionary Computation (CEC'2002). pp. 1051–1056.
4. Clerc, M. (2012). "Standard Particle Swarm Optimisation" (PDF). HAL Open Access Archive.

УДК 621.757

Захарова А.М., Чибіряк Я.І., Лавров Е.А.

Сумський державний університет

МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВАРІАНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ СКЛАДАННЯ ВИРОБІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

Створено сумісні математичні моделі, що відображають конструкторсько-технологічні властивості виробу та технологічні особливості складального процесу. Розроблено метод, спрямований на побудову раціональних технологічних процесів складання. Запропоноване програмне забезпечення у автоматизованому режимі забезпечує синтез можливих варіантів послідовності складання виробу. Використано сучасні технології імітаційного моделювання для порівняльного аналізу отриманих варіантів складання та доведення ефективності розробленого методу.

MODELS FOR ANALYSIS OF PRODUCT ASSEMBLY TECHNOLOGY OPTIONS IN MECHANICAL ENGINEERING

Compatible mathematical models that reflect the product's design and technological properties and the assembly process's technological features have been created. A method aimed at creating rational technological processes of assembly has been developed. The offered software in the automated mode provides a synthesis of possible variants of a sequence of product assembly. Modern simulation modeling technologies are used to analyze comparatively the obtained assembly options and prove the effectiveness of the developed method.

Перехід до сучасних форм організації виробництва потребує пошуку та впровадження нових технологій. Особливо це стосується складального процесу, як завершального етапу виготовлення продукції. Підвищення ефективності технологічного процесу складання досягається шляхом реалізації раціональної послідовності. Як правило, для одного і того ж виробу існує кілька варіантів складання, від вибору якого залежать важливі показники виробничого процесу, такі як тривалість виготовлення, продуктивність, собівартість продукції. Тому важливою задачею є побудова раціонального варіанту складання [1, 2].

В даний час велика увага приділяється вдосконаленню методів фізичного і математичного моделювання складальних процесів.

В роботі [3] за допомогою імітаційного моделювання досліджена продуктивність гнучких автоматизованих складальних ліній з різною структурою. Результати показали, що продуктивність може бути збільшена на 40%. Для знаходження оптимального варіанту прийняття рішення застосовуються методи лінійного, нелінійного, динамічного програмування [4].

Іноді, на практиці побудову математичної моделі виконати неможливо по причині значної складності структури виробу. У такому випадку використовують методи експериментальної оптимізації: найшвидшого спуску, випадкового пошуку, багатофакторного аналізу. Розробка технологічних процесів складання пов'язана з наявністю великого числа логічних зв'язків, які не завжди піддаються математичному опису у вигляді аналітичних відношень. Тому закономірності, що враховують такі зв'язки, формалізують за допомогою методів дискретної математики: теорії алгоритмів, множин, графів, математичної логіки, лінгвістики, з використанням методів штучного інтелекту та ін. [3, 4].

Великого значення для подальшого розвитку теорії і методів проектування набуває розробка математичних моделей, що базуються на системному підході до проектування об'єктів виробництва та технологічних процесів.

Існуючі методи і підходи до побудови послідовності складання не враховують комплекс факторів, необхідних для автоматизованого вирішення даної задачі. Тому метою даної роботи є розробка математичних моделей та методу моделювання варіантів послідовності складання виробу з урахуванням конструкторсько-технологічних характеристик деталей та технологічних особливостей складального процесу.

Структуру виробу доцільно представити матрицею:

$$M_{\text{вир}} = [n \times n],$$

де n – кількість деталей, що підлягають складанню.

$$M_{\text{вир}} [i, j] = \begin{cases} 1 - \text{виконання } i\text{-го з'єднання передуює } j\text{-му} \\ 2 - \text{можливе одночасне виконання } i\text{-го і } j\text{-го з'єднання} \\ 3 - \text{інші випадки} \end{cases}$$

Матриця $M_{\text{в.с}} = [m \times m]$ описує структуру виробничої системи (m – кількість операційних комплексів):

$$M_{в.с} [i, j] = \begin{cases} 0 - \text{відсутність зв'язку між ОК} \\ 1 - \text{послідовне використання ОК} \\ 2 - \text{одночасне використання ОК} \\ 3 - \text{будь яка послідовність використання ОК} \end{cases}$$

Матриця Мок = $[m \times z]$ (z – кількість складальних операцій (СО) у виробі) поєднує код складальної операції та його характеристики з кодом операційного комплексу та його технологічними можливостями.

$$M_{ок} [i, j] = \begin{cases} 1 - \text{якщо } i\text{-та складальна операція виконується} \\ \text{на } j\text{-му ОК-сі} \\ 0 - \text{у протилежному випадку} \end{cases}$$

Такі характеристики деталей як маса, габаритні розміри, точність виготовлення впливають на послідовність складання. Для забезпечення високої якості виробу в першу чергу збираються ті деталі, які мають більші маси, габаритні розміри та точність виготовлення. Для врахування даних характеристик використовується матриця конструкторсько-технологічних ознак деталей $M_{кт}$, елементи якої:

$$M_{кт}{}_{i,j} (i=\overline{1..n}, j=1) = m,$$

$$M_{кт}{}_{i,j} (i=\overline{1..n}, j=2) = g,$$

$$M_{кт}{}_{i,j} (i=\overline{1..n}, j=3) = k,$$

де m – числове значення маси деталі;

g – числове значення габаритного розміру деталі;

k – квалітет точності виготовлення деталі.

Матричний опис конструкторсько-технологічних ознак виробу є основою для проектування технології складання. Такий опис характеризує програмну структуру розв'язання поставленої задачі.

Побудова варіантів складання здійснюється з використанням розроблених математичних моделей.

На 1-му етапі відбувається декомпозиція виробу на складальні одиниці.

На 2-му етапі визначаються графи, що містять спільні вершини. Такі графи поєднуються у групи залежних графів. В кожній залежній групі проводиться ранжування графів з присвоєнням їм математичного рангу, який визначає порядок входження складальних одиниць до виробу. Ранжування проводиться у 5 кроків, в його основу покладено

технологічні правила зборки. У результаті проведеного ранжування встановлюється порядок входження складальних одиниць до виробу. Складальні одиниці з однаковим значенням рангу можуть входити до виробу у довільній послідовності. На практиці завжди розглядається можливість їх паралельної реалізації, що забезпечує скорочення тривалості складання.

На 3-му етапі визначається послідовність збирання компонентів, що входять до окремої складальної одиниці. Деталі розташовуються на відповідних рівнях відносно базової, поєднуються у групи вершин по вертикалі і по горизонталі. Групи вершин піддаються ранжуванню, фізичний зміст якого полягає у визначенні порядку входження деталей до складальної одиниці. У результаті проведених етапів ранжування, кожній групі деталей присвоюється числове значення. Послідовність зборки здійснюється у порядку зростання ранга.

Розроблений метод застосовано для побудови послідовності складання клапана II ступеню для компресорів II каскаду. У конструкції виробу згідно методу виділено 3 базових деталі та побудовано 3 можливих варіанти складання клапана. Серед отриманих варіантів визначено варіант, який містить мінімальну кількість складальних рівнів.

Для порівняння базового (існуючого) та спроектованого складання використано технологію імітаційного моделювання.

Імітаційна модель відтворює роботу системи за одну зміну (8 годин роботи). Протягом встановленого часу виконано розрахунок таких показників: середньої тривалості технологічного процесу, завантаженості складального обладнання, кількості виготовлених виробів, загальної та середньої собівартості складальних операцій, прогнозованого прибутку та продуктивності виробничого процесу за годину.

Результати порівняння показників ефективності для базового (існуючого) варіанту складання (варіант I) та для варіанту складання, спроектованого за розробленим методом (варіант II) показали (рис. 1):

- збільшення пропускної здатності та прогнозованого прибутку у 1.5 рази;
- підвищення продуктивності у 1.6 рази,
- скорочення середньої тривалості технологічного процесу у 4.25 рази;
- зменшення завантаженості операційних комплексів на 7%.

Отже, запропонований метод моделювання послідовності складання забезпечує побудову раціонального варіанту складання виробу.

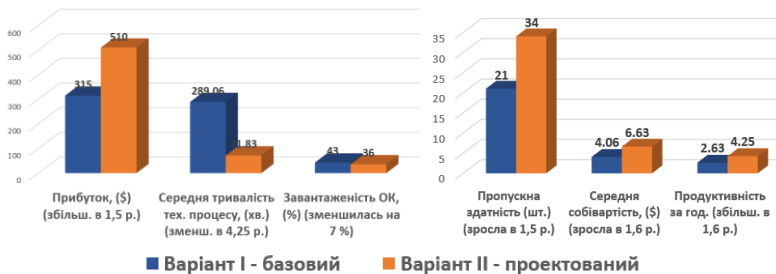


Рис. 1 – Порівняння показників ефективності

Подальші дослідження спрямовані на інтеграцію розробленого програмного забезпечення з програмними комплексами з метою автоматизації процесу збирання та введення вхідних даних щодо конструкції виробу та структури виробничої системи.

Література

1. Чибіряк Я.І. Технологічні закономірності і математичні моделі синтезу раціональної послідовності складання виробів / Чибіряк Я.І., Конопляченко С.В., Марченко А.В. // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2020. – № 39. – С. 110–116.
2. Чибіряк Я.І. Моделювання складальних процесів з використанням програмного забезпечення FlexSim / Чибіряк Я.І., Овчаренко К.В. // Інформатика, математика, механіка матеріали та програма Міжвузівської науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів. – 2020. – Р. 181.
3. Y. Chybiriak A method of end-to-end training in simulation modeling using FlexSim to find reserves for improving the efficiency of automated systems, offered for IT students / Chybiriak Y., Baranova I., and Nikolaenko K. – 2021. – № 42. – pp. 119-129.
4. Revina I. V. Simulation modeling of the assembly process / Revina I. V, Trifonova E.N. // J. Phys. Conf. Ser. – 2020. – Vol. 1441. – P. 012110.

УДК 004.92

Підгайчук С.Я., Яворська Н.М.,
Пасічник А.В., Сторожук А.І.

*Хмельницький національний університет
Національна академія Державної прикордонної
служби України імені Богдана Хмельницького*

РОЗВИТОК ПРОСТОРОВОЇ УЯВИ СТУДЕНТІВ ШЛЯХОМ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ З НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

Робота присвячена візуалізації завдань з нарисної геометрії та результатів їх побудов. Наведено приклади застосування графічного редактора Solid Works для побудови моделей та ортогональних проєкцій завдань з взаємного перетину багатогранників. Обґрунтовано перспективу застосування комп'ютерних графічних програм для розвитку просторової уяви.

DEVELOPMENT OF SPATIAL IMAGINATION OF STUDENT BY VISUALIZING PROBLEMS IN SKETCH GEOMETRY

The work is devoted to the visualization of sketch geometry tasks and the results of their construction. Examples of the use of the Solid Works graphic editor for building models and orthogonal projections of tasks from the mutual intersection of polyhedra are given. The prospect of using computer graphic programs for the development of spatial imagination is substantiated.

Архітектура – це поєднання функції, конструкції та форми. При цьому форма є результатом гармонійного поєднання функції та конструкції. Конструкція, в свою чергу, визначається типом конструкції та матеріалом. Тому важливим завданням є бачення конструкцій, уявлення щодо їх зміни, удосконалення, як естетичного, так і функціонального. Саме розвиток просторової уяви майбутніх спеціалістів, яке базується на вивченні таких дисциплін, як «Нарисна геометрія», «Нарисна геометрія і будівельне креслення» та інших дозволить якісно і швидко виконувати конструкторські завдання. В низці робіт проаналізовано переваги і недоліки викладання інженерних та архітектурних дисциплін в умовах дистанційної освіти [1,2], при цьому питання розвитку просторової уваги значно ускладнене. Формуванню професійної уяви в процесі впровадження технічних

дисциплін за допомогою сучасних інформаційних технологій присвячена робота низки авторів [3], де проаналізовано організацію вивчення розділів інженерної графіки, а саме створення складальних креслень та пакету конструкторської документації за допомогою графічного редактора Solid Works.

Метою даної роботи було досягнення візуалізації завдань з нарисної геометрії, а саме взаємного перетину багатогранників та результатів їх побудов. Робота була виконана за допомогою графічного редактора Solid Works.

Взаємний перетин багатогранників, який виконується класичними методами нарисної геометрії є досить трудомісткий та потребує певної кваліфікації виконавця. Для того, щоб прискорити процес побудови застосовано графічний редактор Solid Works. Створюється базова модель, можливі зміни розмірів вказуються в дереві побудови, при цьому відбувається автоматична зміна не тільки моделі, а й креслення. Такі дії можуть значно прискорити вибір найбільш цікавого зображення. На рисунку 1 наведено класичну побудову взаємного перетину багатогранників, виконану за допомогою методів нарисної геометрії.

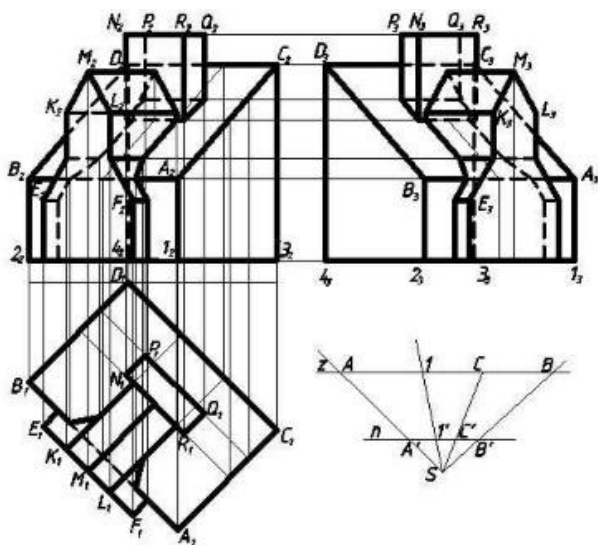


Рис.1 – Приклад взаємного перетину багатогранників, виконаний за допомогою методів нарисної геометрії

За розробленими індивідуальними завданнями [4], (рис.2), були створені моделі (рис.3) та ортогональні проекції на їх основі (рис.4). Після зміни розмірів зображення взаємного перетину багатогранників відповідно змінилося (рис. 5). Аналіз різних варіацій змін дозволить шукати найбільш оптимальну конструкцію.

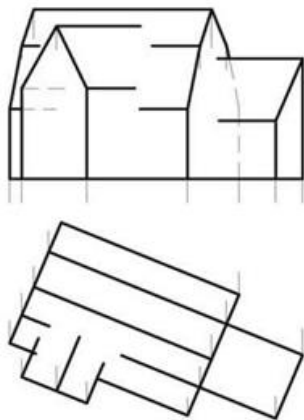


Рис. 2 – Приклад індивідуального завдання

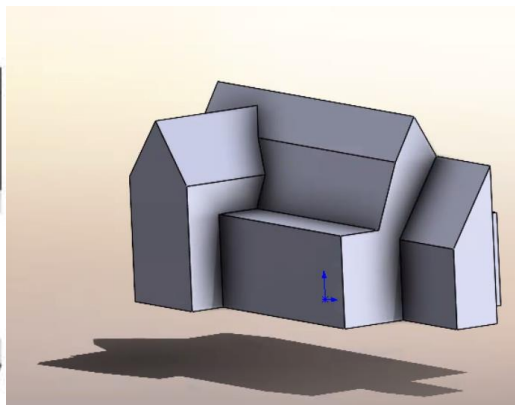


Рис. 3 – Приклад створення моделі індивідуального завдання

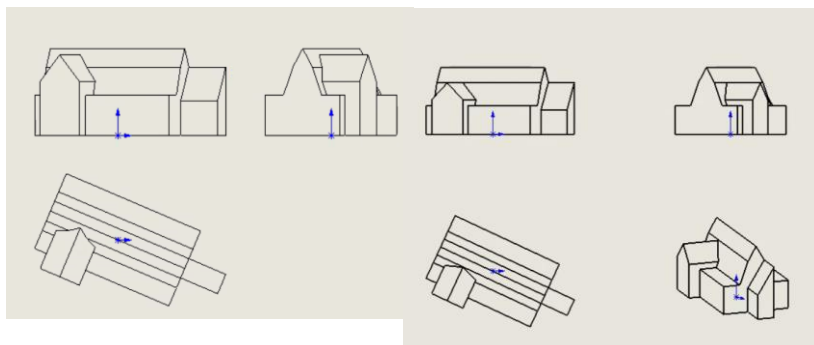
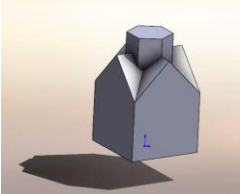
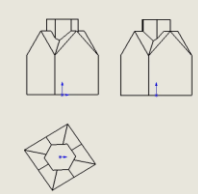
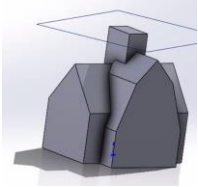
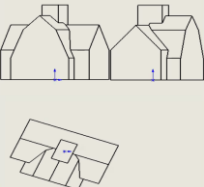
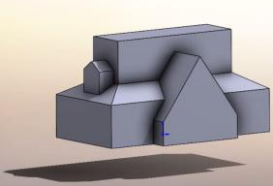
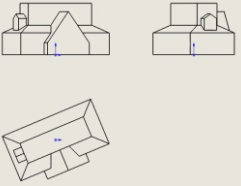
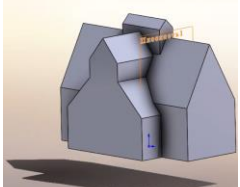
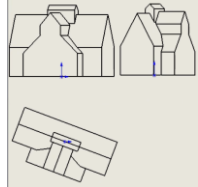
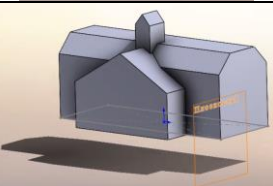
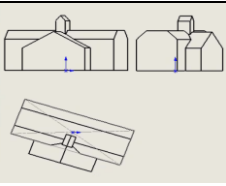
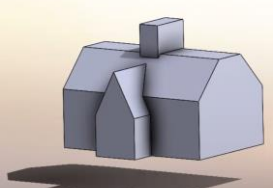
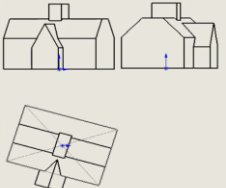


Рис. 4 – Приклад виконання ортогональних видів

Рис. 5 – Зображення ортогональних видів після зміни розмірів

Інші варіанти взаємного перетину наведені в таблиці 1

Таблиця 1 – Моделі та ортогональні проекції різних варіантів взаємного перетину багатограних поверхонь

Використання графічного редактора SolidWorks надало можливість без застосування способів нарисної геометрії створити 3d моделі багатограних поверхонь, що перетинаються, а також створити 2d зображення досліджуваних поверхонь дахів. Зміни вихідних розмірів та розміщень елементів поверхонь призводять до зміни зображень, що є зручним для пошуку цікавого взаємного розміщення досліджуваних поверхонь. Застосування графічного редактора є швидким інструментом для аналізу взаємного перетину поверхонь, на відміну від побудови подібних завдань класичними графічними способами.

Вважаємо, що в сучасному світі інформаційних технологій перспективним є застосування графічних редакторів для розв'язання класичних задач нарисної геометрії, що дозволить більш ефективно розвинути сприйняття абстрактних елементів простору та покращить розвиток просторової уяви слухачів.

Література

1. Матохнюк Л., Підгайчук С., Негай Г.А., Машовець Н.С., Яворська Н.М. Реалії освіти під час пандемії COVID 19: Організація викладання дисциплін студентам інженерних та архітектурних спеціальностей. Scientific Journal Virtus Issue # 45, June, 2020, с.97-105 ISSN 2410-4388
2. Підгайчук С. Я., Блінніков Г. П., Шевчук В. М., Дем'янюк К. Д. Проблеми дистанційного викладання технічних дисциплін курсантам військових закладів освіти // Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції 10-11 вересня 2020 року «Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави: проблеми та перспективи, Військова академія м. Одеса, Одеський державний університет внутрішніх справ, Інститут військово-морських сил національного університету «Одеська морська академія», НАДПСУ ім. Б. Хмельницького, Національна академія національної гвардії України (м. Харків), с.376
3. Borovyk L., Matokhniuk L., Demyanyuk K., Shevchuk V., Pidgaychuk S., Danylenko O., Halimov A., Bloschynskiy I. (2020). Formation of Professional Imagination in the Process of Implementation of Technical Disciplines with the Aid of Modern Information Technologies. Postmodern Openings, 11(3), <https://doi.org/10.18662/po/11.3>
4. Успенко С.В. Нарисна геометрія та будівельне креслення. Хмельницький: ХНУ, 2018. 53с.

УДК 629.113

Рудик О.Ю., Псьол С.В., Речицький В.В.

*Хмельницький національний університет,
Національна академія Державної прикордонної служби
України ім. Б. Хмельницького*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS SIMULATION

Анотація: за допомогою CAD/CAM/CAE-системи SolidWorks досліджувалась працездатність переднього мосту автомобіля ЛуАЗ-1302. Визначили максимальні напруження, переміщення, деформації, мінімальний запас міцності сателітів диференціала.

RESEARCH OPERABILITY OF DETAILS AUTOMOBILE USING SOLIDWORKS SIMULATION

Abstract: with the help of the CAD/CAM/CAE-system SolidWorks the performance of the front axle of the LuAZ-1302 car was investigated. The maximum stresses, displacements, deformations, and the minimum margin of safety of the satellites of the differential were determined.

Для підтримки процесу проектування технічних об'єктів розроблені вбудовані інформаційні системи автоматизованого проектування (САПР). Характерним прикладом комплексної САПР є CAD/CAM/CAE-система SolidWorks [1, 2].

CAD-системи (computer-aided design – комп'ютерна підтримка проектування – програми креслення) призначені для рішення конструкторських задач та оформлення конструкторської документації (їх ще називають САПР). Як правило, у сучасні CAD-системи входять модулі моделювання тривимірної об'ємної конструкції (деталі) та оформлення креслень і текстової конструкторської документації (специфікацій, відомостей тощо). Головні тривимірні CAD-системи дозволяють реалізувати ідею наскрізного циклу підготовки і виробництва складних промислових виробів.

CAM-системи (computer-aided manufacturing – комп'ютерна підтримка виготовлення) призначені для проектування виготовлення виробів на верстатах із числовим програмним керуванням і видачі програм для цих верстатів (токарних, фрезерувальних, свердлувальних,

шліфувальних тощо). САМ-системи ще називають системами технологічної підготовки виробництва. У даний час вони є практично єдиним способом для виготовлення складнопрофільних деталей і скорочення циклу їхнього виробництва. У САМ-системах використовують тривимірну модель деталі, створену в САД-системі.

САЕ-системи (computer-aided engineering – підтримка інженерних розрахунків) – це клас систем, кожна з яких дозволяє вирішувати визначену розрахункову задачу (групу задач), починаючи від розрахунків на витривалість, аналізу і моделювання теплових процесів до розрахунків гідравлічних систем і машин, процесів ливарного виробництва тощо. У САЕ-системах також використовується тривимірна модель виробу, створена в САД-системі. САЕ-системи ще називають системами інженерного аналізу.

Функції САЕ-систем досить різноманітні, оскільки пов'язані з проектними процедурами аналізу, моделювання, оптимізації проектних рішень. До складу САЕ-систем включають програми моделювання полів фізичних величин, зокрема аналізу міцності. Він найчастіше виконується відповідно до методу скінченних елементів (МСЕ).

Суть МСЕ полягає в апроксимації суцільного середовища з нескінченно великим числом ступенів вільності сукупністю підобластей (або елементів), які мають скінченне число ступенів вільності [3]. Між цими елементами встановлюється взаємозв'язок.

Диференціал — це механізм в автомобілі, який розподіляє крутний момент карданного валу трансмісії між ведучими колесами передньої або задньої осі (залежно від типу приводу), дозволяючи кожному з них обертатися без буксування.

При прямолінійному русі, коли колеса навантажені однаково і мають рівну кутову швидкість обертання, механізм працює як передавальна ланка. Якщо умови руху змінюються (поворот, буксування), навантаження стає нерівномірним. У півосей з'являється необхідність обертатися з різними швидкостями, і, як наслідок, стає необхідним розподілити отриманий крутний момент між ними у певному співвідношенні. Тоді вузол виконує другу важливу функцію: забезпечення безпечного маневрування автомобіля (усувається буксування та ковзання коліс і кожне обертається з тією швидкістю, яка необхідна для безпечного руху).

Конічний диференціал – це планетарний редуктор, який включає півосьові шестерні з сателітами, поміщеними в корпус (чашку

диференціала) і сприймає крутний момент від головної передачі. Він передає його через сателіти на півосьові шестерні.

Сателіти забезпечують з'єднання корпусу та півосьових шестерень. При прямолінійному русі колеса зустрічають рівний опір дороги. Крутний момент від головної передачі передається на корпус диференціала, разом із яким переміщуються сателіти. Вони, оббігаючи півосьові шестірні, передають крутний момент на ведучі колеса в рівному співвідношенні. Так як сателіти на осях не обертаються, півосьові шестерні рухаються з рівною кутовою швидкістю. При цьому частота обертання кожної із шестерень рівна частоті обертання веденої шестерні головної передачі.

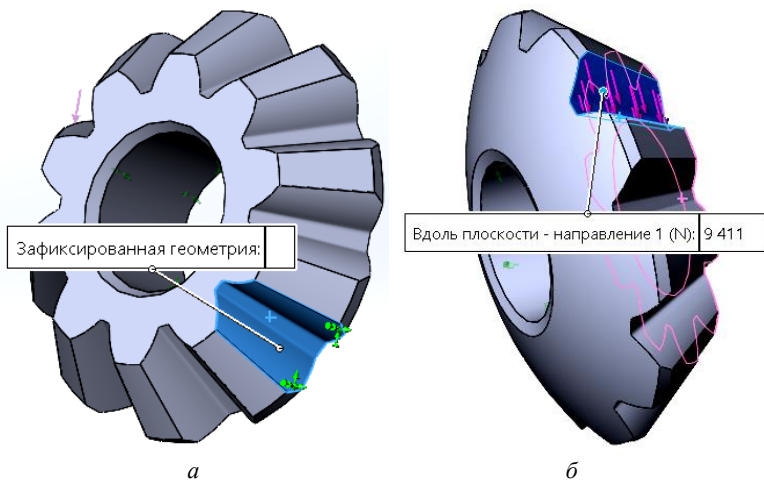
При повороті внутрішнє ведуче колесо зустрічає більший опір, ніж зовнішнє. Внутрішня півосьова шестерня сповільнюється і змушує сателіти обертатися навколо своєї осі, які, у свою чергу, збільшують частоту обертання зовнішньої півосьової шестерні. Рух ведучих коліс із різними кутовими швидкостями дозволяє проходити поворот без буксування.

Як приклад застосування CAD/CAM/CAE-систем проведено дослідження працездатності сателітів диференціала переднього мосту вантажопасажирського позашляховика ЛуАЗ-1302 «Волинь» з двигуном MeM3-245-20 потужністю 53 к.с. (передаточні числа: головної передачі 3,875, першої передачі коробки передач 3,454).

Навантаження на зуб сателіту (9410,8 Н; для розрахунків прийняли 9411 Н) визначили з умови, що колова сила розподілена порівну між усіма сателітами.

На першому етапі комп'ютерного моделювання у SolidWorks створили 3D-модель сателіту. На другому – до моделі застосували програмний модуль SolidWorks Simulation: вибирали тип дослідження напружено-деформівного стану – статичний аналіз [3]. При його проведенні призначили матеріал сателіту (сталь 20ХН3А), вибрали місця кріплення і приклали зовнішнє навантаження (рис. 1).

Потім поділили модель сателіту на маленькі частинки простої форми (елементи), з'єднані у спільних точках (вузлах). При цьому програма аналізу скінченних елементів SolidWorks Simulation розглянула модель як мережу дискретних зв'язаних між собою елементів (сітку [4]) з наступними параметрами: число точок Якобіана 4, розмір елемента 2,45872 мм, допуск 0,122936 мм, всього вузлів 12289, всього елементів 7730.



**Рис. 1 – Кріплення сателіту (а)
та прикладення до нього навантаження (б)**

Програмне забезпечення SolidWorks Simulation, враховуючи з'єднання між елементами, розробила алгебраїчні рівняння, які пов'язують реакцію з властивістю матеріалу, обмеженням і навантаженням. Після упорядкування рівнянь у велику спільну систему для сателіту обчислились: напруження Von Mises (рис. 2, а), переміщення URES (рис. 2, б), еквівалентна деформація ESTRN (рис. 2, в), запас міцності FOS (рис. 2, г).

Так як мінімальний запас міцності FOS становить $k = 4,176$, тобто вище допустимого $[k] = 2,5$, то сателіт є працездатним.

Таким чином, за результатами напружено-деформівного стану сателіту після прикладення статичного навантаження можна говорити про адекватність побудованої моделі й перспективах комп'ютерного моделювання.

За допомогою віртуальної моделі став можливий аналіз не тільки напружень, переміщень й еквівалентних деформацій сателіту, але і його запасу міцності. Додатковими перевагами моделювання у середовищі SolidWorks Simulation є легкість графічного представлення результатів досліджень.

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Напруження1	VON: Напруження Von Mises	3,979e+05N/m ² Вузол: 10794	1,760e+08N/m ² Вузол: 10447

a

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Переміщення1	URES: Результуюче переміщення	0,000e+00mm Вузол: 147	2,019e-02mm Вузол: 267

б

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Деформація1	ESTRN: Еквівалентна деформація	7,281e-07 Елемент: 3674	5,920e-04 Елемент: 1743

в

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Запас міцності1	Авто	4,176e+00 Вузол: 10447	1,847e+03 Вузол: 10794

г

Рис. 2 – Результати розрахунків сателіту:
вузлові напруження (*a*), переміщення (*б*), еквівалентна деформація (*в*), запас міцності (*г*)

Література

1. Рудик О.Ю. SolidWorks як інноваційний засіб вивчення дисциплін автомобільного профілю / О. Ю. Рудик, О. В. Диха // «Системні технології» 3 (128) 2020. – С. 21-35. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8878>
2. Рудик О. Ю. SolidWorks – CAD/CAE-система технічних вузів [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, П. В. Каплун. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8631>
3. Рудик О. Ю. Застосування SolidWorks Simulation для забезпечення професійної підготовки майбутніх випускників [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, А. В. Ружицький. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8416>
4. Rudyk O. Yu. The impact of the SolidWorks Simulation network quality on the accuracy of the calculations / O. Yu. Rudyk, V. A. Gonchar // Eurasian scientific congress. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. – Barcelona, Spain, 2020. – Pp. 185-188. – Access mode: <http://sci-conf.com.ua/izmezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-eurasian-scientific-congress-27-28-yanvara-2020-goda-barselona-ispaniya-arhiv/>

УДК 007.52

Сульчаков Я.Є., Жмакін О.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МОДЕЛЬ ПІДСИСТЕМИ ПОБУДОВИ МАРШРУТУ МОБІЛЬНОГО РОБОТА ПРИ НАЯВНОСТІ ПЕРЕШКОД

Виконано аналіз методів і алгоритмів побудови маршруту робота при наявності перешкод. Розроблено програмне забезпечення, що дозволяє визначити маршрут робота при наявності перешкод, оптимальний з точки зору мінімуму пройденого шляху. Розглянуто як традиційний алгоритм Дейкстри, так і його модифікація шляхом клітинної декомпозиції карти місцевості.

SUBSYSTEM MODEL OF MOBILE ROBOT ROUTE CONSTRUCTION IN THE PRESENCE OF OBSTACLES

The analysis of methods and algorithms of a mobile robot trajectory planning in the presence of obstacles is carried out. The software for an optimal trajectory determination avoiding the obstacles on the way is developed, where the minimum path as a cost function is considered. Both the traditional Dijkstra algorithm and its modification by cell decomposition of the terrain map are considered.

На даний час мобільна робототехніка є однією з областей наукових досліджень, що розвивається найбільш швидко. Завдяки своїм здібностям мобільні роботи можуть замінити людину у багатьох областях як у побуті, так й наукових дослідженнях, рятувальних та військових операціях тощо.

Для виконання роботом покладених на нього функцій він оснащується системою керування [1], що координує роботу всіх його підсистем (рисунок 1). Зокрема, однією з завдань підсистеми навігації є побудова оптимальної з точки зору певного критерію якості траєкторії, що дозволить роботу дістатися від початкової точки до заданої кінцевої уникаючи перешкоди.

Метою роботи є розробка комп'ютерної моделі підсистеми навігації робота, яка б розраховувала маршрут, оптимальний з точки зору мінімуму відстані, що долає автономний мобільний робот при русі захищеною місцевістю.

Проведений аналіз літературних джерел [2-5] показав, що існуючі методи та алгоритми планування руху мобільних роботів можна розділити на чотири великі категорії (рисунок 2).



Рис. 1 – Узагальнена структура системи керування роботом



Рис. 2 – Методи планування траєкторій роботів

Також виділяють онлайн-планування та офлайн-планування. Розрив між цими двома групами залежить від потужності комп'ютера чи здатності розв'язувати найвибагливіший алгоритм. З роками і з досягненням комп'ютерів багато офлайн-методів перетворилися на онлайн. З часом вони були доповнені методами оптимізації для мінімізації відстані, яку долає мобільний робот.

Класичні методи були запроваджені та розроблені в 1980-1990-х роках. Ці методи включають алгоритми, засновані на дорожніх картах (таких як графіки видимості та діаграма Вороного), а також потенційні функції. Деякі з цих методів мали суттєві недоліки, наприклад, вимагали багато комп'ютерної пам'яті для аналізу робочого простору.

Ймовірнісні методи засновані на одновимірних картах в просторі конфігурацій без зіткнень. Після створення карти проблема планування траєкторії зосереджена на з'ясуванні шляхів для зв'язку початкової q_{in} та кінцевої q_{fin} з картою. Ймовірнісна карта – це мережа прямих вигнутих сегментів або дуг, які зустрічаються у вузлах. Кожен вузол відповідає певній конфігурації. Кожна дуга між двома вузлами відповідає шляху без зіткнень між двома конфігураціями. Спочатку розраховується набір випадкових конфігурацій для використання в якості вузлів мережі. Далі, локальний планувальник шляхів використовується для обчислення шляхів, які пов'язують пари конфігурацій. Для певного набору вузлів, які відповідають конфігураціям, робиться перевірка, які пари вузлів мають бути пов'язані шляхом. Найпоширенішим підходом є спроба зв'язати кожен вузол з k найближчими сусідами, причому k є параметром, обраним користувачем. Для визначення найближчих сусідів потрібна функція відстані.

Іншою групою методів планування є евристичні методи, які включають алгоритми, засновані на пошуку в графах, наприклад:

A*. Цей алгоритм шукає всі можливі шляхи до цілі та визначає той, який має найменшу вартість (найкоротший час, найменшу пройдено відстань тощо). З усіх знайдених шляхів алгоритм вибирає один або ті, які ведуть найшвидше до рішення. A* працює з використанням зважених графів. Починаючи з початкового вузла графа будується дерево шляхів, починаючи з цього вузла, досліджуючи можливі шляхи покроково, поки один із його шляхів не закінчиться на цільовому вузлі.

Жадібний пошук: Цей метод здійснює пошуку локального оптимуму на кожному етапі, намагаючись знайти глобальний оптимум. Зазвичай жадібний алгоритм пошуку не дає найкращого рішення, але, тим не менш, він може надавати локально оптимальні рішення, які наближаються до глобального оптимального рішення в найкоротші терміни.

Алгоритм Дейкстри. Це алгоритм для пошуку найкоротших шляхів між вузлами в графі, який може представляти, наприклад, дискретизовану робочу область робота.

D*. Цей алгоритм визначає шлях, починаючи від кінцевої точки і повертаючись до початку, використовуючи дещо змінений пошук Дейкстри.

Наведені методи можуть гарантувати повноту, ефективність та оптимальність і можуть знайти шлях швидше, ніж класичні. Вони успішно застосовуються у робототехнічних системах, які були розроблені в 2000-х роках.

За останні два десятиліття були розроблені та застосовані до планування шляху та траєкторії роботів так звані еволюційні алгоритми. Деякими з найвідоміших є наступні.

Генетичні алгоритми (ГА), що базуються на основах природного відбору та генетики. Ці алгоритми поєднують виживання найсильніших із випадковою структурованою інформацією, щоб сформувати алгоритм пошуку, який генерує рішення завдання пошуку. Вони використовують мутацію, кросовер і відбір як оператор побудови можливих шляхів.

Оптимізація рою частинок (PSO), що розроблена у 1995 році [5], базується на моделюванні поведінки зграї птахів. PSO дуже схожий на ГА, оскільки система починається з сукупності випадкових рішень. Однак PSO відрізняється від ГА тим, що кожному потенційному розв'язку також призначається випадкова швидкість, а реалізовані рішення, які називаються частинками, потім пробиваються через проблемний простір.

Оптимізація колоній мурашок: цей метод також є частиною сімейства алгоритмів роїв. Перший алгоритм мав на меті шукати оптимальний шлях у графі, заснований на поведінці мурах, які шукають шлях через свою колонію та джерело їжі.

Імітаційний відпал. Назва та натхнення походять від відпалу в металургії, методу, який включає нагрівання та контрольоване охолодження матеріалу, щоб збільшити розмір його кристалів і зменшити в ньому дефекти.

В даній роботі ми будемо будувати модель системи планування робота, яка використовуватиме алгоритм Дейкстри, так він є простим для реалізації та добре зарекомендував себе на практиці.

У пакеті MATLAB розроблена програма, що за допомогою алгоритму Дейкстри визначає шлях мобільного робота при наявності перешкод, оптимальний з точки зору мінімізації пройденої відстані. Програма будує карту місцевості з перешкодами, краї яких визначаються заданими координатами x і y (рисунк 3). Перешкоди на карті забарвлені сірим кольором. Початкова та кінцева точки маршруту надані у вигляді зеленого та жовтого квадратів відповідно.

Програма будує на незайнятій області карти 100 випадкових точок, потім випадково з'єднує ці точки між собою, тобто будує можливі шляхи. Таким чином ми отримуємо неорієнтований граф зі 100 вузлами у згенерованих точках. Потім до графа додаються початкова та кінцева точки (зелений та жовтий квадрат відповідно на рисунку 3), які є 101-м і 102-м вузлами неорієнтованого графа. Потім за допомогою алгоритму Дейкстри будується маршрут, який на рисунку 3 виділений зеленою лінією. Також у зверху вікна з картою відображується значення цільової функції, яка відповідає мінімальній відстані між початковою та кінцевою точками через вузли графа.

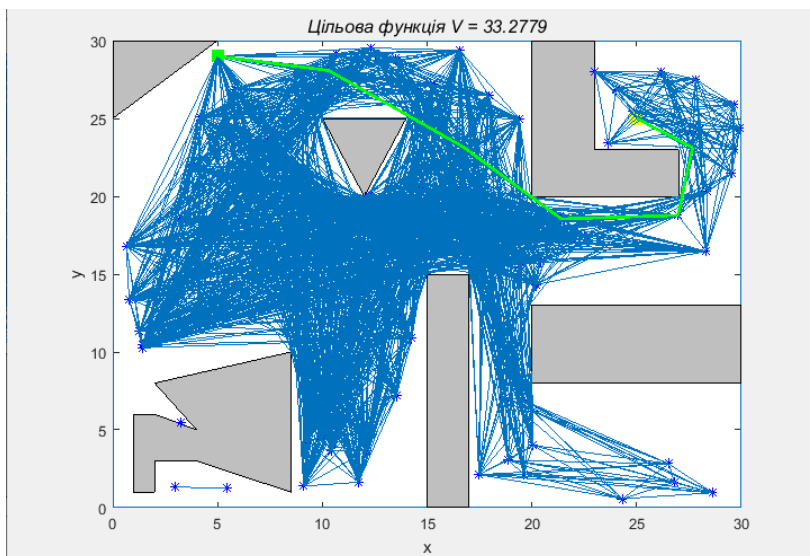


Рис. 3 – Карта місцевості та побудований маршрут робота

Визначення маршруту робота за наведеним алгоритмом займає доволі багато часу. Одним із способів спрощення процесу планування шляху в середовищі з перешкодами є його дискретизація за допомогою клітинної декомпозиції [4]. Її сутність полягає у тому, щоб розділити простір навколишнього середовища на клітини однакового розміру (рисунок 4), кожна клітина характеризується 0 (вільна від перешкод) або 1 (зайнята перешкодою). У роботі побудована програма, що визначає маршрут робота на карті з перешкодами, що розділена на клітинки. Результат роботи програми наведений на рисунку 4. На цьому рисунку маршрут робота позначено зеленим кольором.

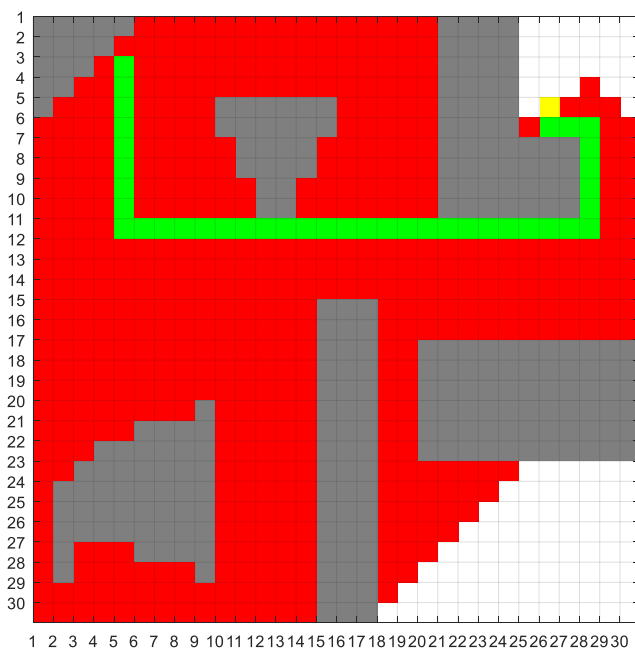


Рис. 4 – Результат пошуку маршруту за допомогою клітинної декомпозиції карти

Наведений підхід до побудови маршруту дозволяє зменшити час та обчислювальні ресурси, необхідні для проведення розрахунків. Основним завданням стає визначення розміру клітин, тобто знаходження компромісу між точністю та швидкістю розрахунків, так як чим менше розмір клітин, тим довше триватиме пошук маршруту.

Доцільним представляється обирати розмір клітини виходячи з габаритів робота, тобто щоб робот можна було вписати в дану клітину. Подальша робота полягає у розробці системи керування, що забезпечить рух робота та побудованим маршрутом, а також практичної реалізації робота з такою системою на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi.

Література

1. Бобровський С. Навігація мобільних роботів. PC Week. 2004. URL: <http://www.computer-museum.ru/frgnhist/robonav.htm>. (дата звернення: 02.10.2021).
2. Евстигнеев Д.В. Системы управления интеллектуальных мобильных роботов в среде Dym-Soft RobSim 5. М.: МИРЭА, 2014. 190 с.
3. Левитин А. В. Алгоритмы: введение в разработку и анализ. Издательский дом Вильямс, 2006. 576 с.
4. Лю В. Методы планирования пути в среде с препятствиями (обзор). Математика и математическое моделирование. 2018. № 01. С. 15–58.
5. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: монографія / за заг. ред. С. О. Субботіна. Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. 375 с.

УДК 621.01

Харжевський В.О., Марченко М.В., Гураль Д.І.
Хмельницький національний університет

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЄКТУВАННЯ КУЛАЧКОВО-ЦІВКОВИХ МЕХАНІЗМІВ У SOLIDWORKS З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ

Розроблено систему автоматизованого проектування кулачково-цівкових механізмів із періодичними зупинками вихідної ланки з використанням системи Visual Studio, відповідно до заданого закону руху, що включає в себе визначення теоретичного та практичного профілів кулачків та побудову тривимірної моделі механізму у системі SOLIDWORKS за результатами проведених розрахунків з використанням методів оптимізації. Наведено результати кінематичного дослідження.

AUTOMATION OF DESIGN OF CAM AND LANTERN MECHANISMS USING SOLIDWORKS BY MEANS OF OPTIMIZATION METHODS

System of automated design of cam and lantern mechanisms with periodic dwells of the output link was developed using the Visual Studio programming system, in accordance with the given law of its movement, which includes the determination of theoretical and practical profiles of the cams and the construction of a three-dimensional model of the mechanism in the SOLIDWORKS system based on the results of the calculations using optimization methods. The results of the kinematic study are also given.

Кулачкові механізми представляють собою великий клас виконавчих механізмів, які, відповідно до відповідного профілю кулачка, дозволяють отримати одну або декілька зупинок вихідної ланки на певних ділянках, причому забезпечують заданий закон руху вихідної ланки – на інших. Як відомо [1,2], для цього можна використати також кулачково-цівкові механізми, проте не кінця вирішеною є задача їх автоматизованого проектування з використанням методів оптимізації.

Отже, мета роботи полягає у розробці системи автоматизованого проектування оптимальних кулачково-цівкових механізмів із періодичними зупинками вихідної ланки (рис. 1), відповідно до заданого закону руху, що включає в себе визначення теоретичного та практичного

профілів кулачків та побудову тривимірної моделі механізму за результатами проведених розрахунків.

Кулачково-цівковий механізм з переривчастим обертовим рухом вихідної ланки зображений на рис. 1. Механізм складається із основи 1, на якій встановлені вали 2 і 3. На валу 2 закріплено два спарені однакові кулачки 4 і 5, які надають періодичний обертовий рух із зупинками вихідній ланці 6. Ланка 6 несе не менше трьох пар рівномірно розташованих роликів 7 і 8. Ролики 7 зміщені відносно роликів 8 на кут β_m . Ролики 7 контактують з кулачком 4, ролики 8 – з кулачком 5.

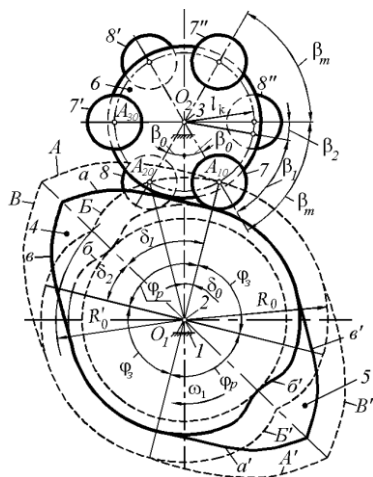


Рис. 1 – Схема кулачково-цівкового механізму

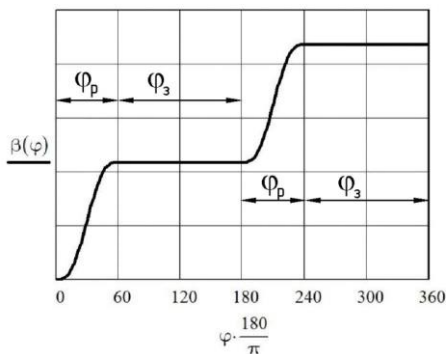


Рис. 2 – Діаграма руху вихідної ланки

При трьох парах роликів такий кулачковий механізм забезпечує за один оберт кулачків два повороти вихідної ланки b , кожний – на кут $\beta_{m.} = 60^\circ$. При проектуванні механізму необхідно визначити теоретичний та практичний профіль кулачків відповідно до заданого закону руху. На рис. 1, b суцільними лініями показаний практичний профіль, зокрема елементи профілю кулачка 4 – a, b', c , кулачка 5 – a', b, c' , штриховими лініями – теоретичний профіль, зокрема елементи профілю кулачка 4 – A, B', B , кулачка 5 – A', B, B' . Інші ділянки кулачків відповідають окреслені радіусами кіл.

Початкові дані для розрахунку.

1) Кількість пар роликів ($z = 3 \dots 8$); 2) Міжосьова відстань a ; 3) Довжина l_k коромисла, що представляє собою радіус вихідної ланки b ; 4) Кут повороту кулачка за час руху вихідної ланки ($\varphi_p = 90^\circ$); 5) Допустимий кут тиску ($\nu_\theta = 50^\circ$); 6) Радіус ролика r_p ; 7) Вибирається закон руху вихідної ланки. Приклади трьох законів наведені у табл. 1, проте загальний перелік наведено у [2]. Зазначені закони руху характеризуються інваріантами переміщень $a_k = a_k(k)$, інваріантами швидкостей $b_k = b_k(k)$, при цьому в розрахунках приймаємо відносний час руху k в межах від 0 до 1.

Таблиця 1 – Закони руху

№	Назва закону	$a_k(k)$	$b_k(k)$
1	Рівноспадне прискорення	$3k^2 - 2k^3$	$6k(1-k)$
2	Закон Шуна	$10k^3 - 15k^4 + 6k^5$	$30(k^2 - 2k^3 + k^4)$
3	Синусоїдний закон	$k - \frac{\sin 2\pi k}{2\pi}$	$1 - \cos 2\pi k$

В процесі проектування вирішуються наступні задачі:

1. Розрахунок та побудова теоретичного та практичного профілю кулачків.

2. Побудова 3D-моделі кулачка за результатами розрахунку практичного профілю та побудова параметричної 3D-моделі кулачково-цівкового механізму та створення анімації роботи механізму.

3. Кінематичне дослідження руху вихідної ланки механізму, зокрема побудова діаграм переміщень, швидкостей та прискорень.

4. Оптимізаційні дослідження кулачково-цівкового механізму відповідно до початкових даних, з метою визначення оптимального механізму за різними критеріями .

Для розв'язання поставленої задачі у системі програмування Visual Studio, з використанням мови програмування Visual C# було розроблено системк автоматизованого проектування, головне вікно якої показано на рис. 3.

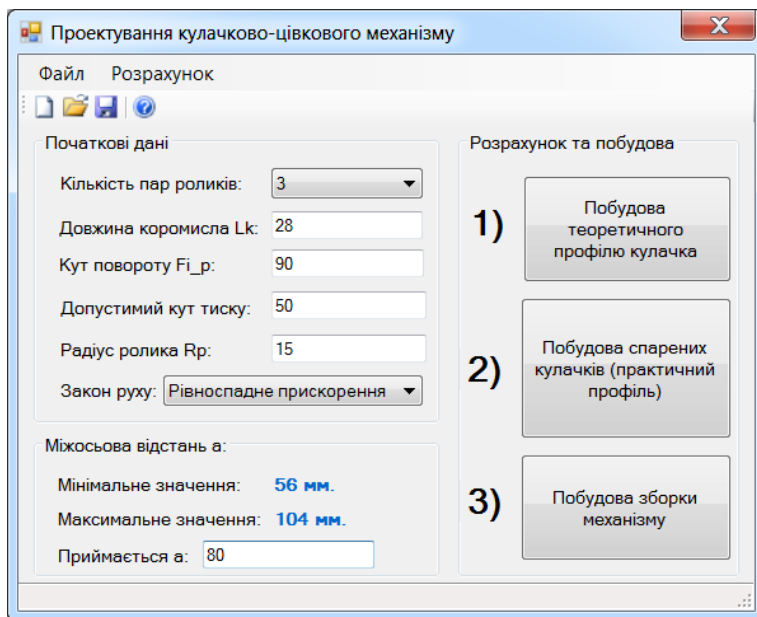


Рис. 3 – Основне вікно розробленої програми

В процесі проведення розрахунків визначаються теоретичний на практичний профлі кулачків та формуються 3D-моделі кулачків, відповідні приклади наведені на рис. 4

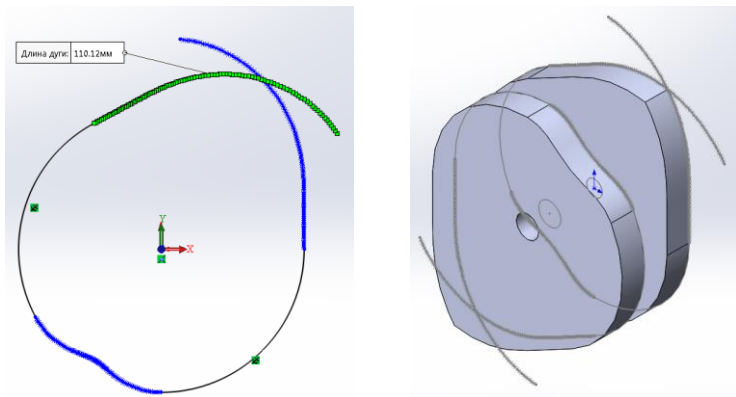


Рис. 4 – Приклад побудови теоретичного та практичного профілю та 3D-моделі кулачків

За результатами проведених розрахунків та моделювання можна також отримати 3D-модель розробленого механізму, для якого можна згенерувати необхідну конструкторську документацію.

На рис. 5 показано приклад двох отриманих варіантів – для числа роликів $z=3$ та $z=8$.

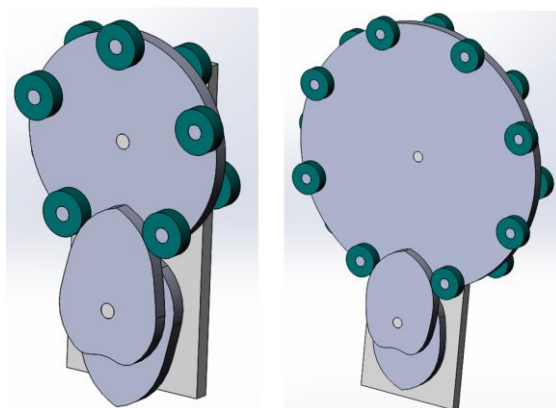


Рис. 5 – Приклад автоматизованого моделювання механізмів з різними початковими даними для синтезу

Для визначення кінематичних параметрів вихідної ланки (цівкового колеса), зокрема побудови діаграм переміщень, швидкостей та прискорень, можна використати вбудований у SOLIDWORKS модуль для розрахунку кінематики та динаміки – SOLIDWORKS Motion, що дозволяє досить просто створити анімацію роботи механізму та визначити будь-які кінематичні параметри його ланок. Зокрема, на рис. 6 показано приклади побудованих діаграм переміщень та швидкостей вихідної ланки – цівкового колеса механізму.

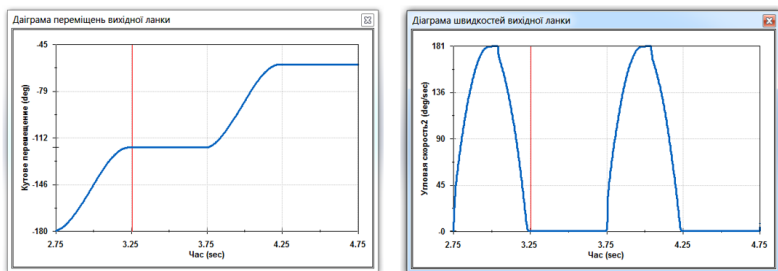


Рис. 6 – Приклади отриманих результатів кінематичного дослідження механізму

Отже, розроблена система автоматизованого проектування кулачково-цівкових механізмів дозволяє проводити комплексні дослідження та синтез таких механізмів за різними критеріями.

Література

1. Кіницький Я.Т., Костогриз С.Г., Підгайчук Я.О. Кулачково-цівкові механізми переривчастого обертового руху вихідної ланки / Під заг. редакцією Я. Т. Кіницького. Хмельницький: ХНУ, 2010. 194 с.
2. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин. К. : Наукова думка, 2002. 660 с.

УДК 658.512.2

Хруцький А.О., Золотар Д.О.
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МОДУЛЯ САПР ДЛЯ ПОБУДОВИ РОЛИКІВ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Розроблено проектний модуль для САПР SolidWorks з проектування роликів стрічкових конвеєрів на основі математичної моделі, яка комплексно враховує навантаження на ролик стрічкового конвеєру, дозволяє покращити якість та прискорити процес проектування стрічкових конвеєрів. Уточнено формулу визначення мінімально припустимої товщини стінки труби корпусу ролика.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A CAD MODULE FOR THE CONSTRUCTION OF BELT CONVEYOR ROLLERS

The SolidWorks CAD Module for Belt Conveyor Roller Design was developed on the basis of a mathematical model that comprehensively takes into account the load on the belt conveyor roller, which improves the quality and speeds up the belt conveyor design process. The formula for determining the minimum permissible wall thickness of the roller body tube is given.

Тенденції щодо збільшення обсягів добичі корисних копалин на сучасних українських гірничовидобувних підприємствах вимагають використання удосконалених засобів механізації, що забезпечують потужні вантажопотоки. Таке збільшення потужності та ефективності обумовлює впровадження найбільш прогресивних видів транспорту на основі потокових технологій. В основному це конвеєрний транспорт, що забезпечує найбільші можливості з підвищення продуктивності, пропускової спроможності і надійності та зниження собівартості продукції.

Серед відомих типів конвеєрів стрічкові конвеєри є найбільш поширеним видом конвеєрного транспорту. Слід зазначити, що довжина транспортування цими конвеєрами невинно росте. Таке зростання вимог щодо довжини транспортування відповідно вимагає і зниження витрат енергоресурсів завдяки мінімізації опору транспортування породи завдяки досконалості конструкції.

Наймасовішим вузлом стрічкового конвеєру є роликкоопори, чисельність яких у конструкціях сучасних магістральних стрічкових конвеєрів може налічувати десятки тисяч. Отже, опір транспортування породи конвеєром суттєво залежить від досконалості конструкції роликів.

Конкурентоспроможність проектно-конструкторських установ полягає у прискоренні розробки нового обладнання та підвищення якості ведених розрахунків. Це можливо при застосуванні усебічної та системної автоматизації конструкторських розрахунків за допомогою САПР.

Таким чином, дослідження та розробка модуля САПР для розрахунку і вибору роликів стрічкових конвеєрів залежно від характеру навантаження та умов експлуатації є актуальним науково-технічним завданням.

Розрахункам як самих стрічкових конвеєрів, так і їх окремих вузлів присвячено роботи багатьох науковців, зокрема А.О. Спиваковского, А.Г. Шахмейстера, В. Г. Дмитрієва, В. І Галкіна та ін. [1 - 5]. Вони у своїх працях наводять методики розрахунків стрічкових конвеєрів взагалі, розрахунок їх продуктивності, розрахунок приводів, натягаючих станцій, визначення окремих конструктивних параметрів, розрахунок динамічних процесів, визначення стійкості стрічки, проведення тягового розрахунку та ін. До того ж є методики визначення навантажень та урахування динамічних навантажень шматкових вантажів, що впливають на підшипникові вузли роликів стрічкових конвеєрів.

Попри те, що відомі методики описують процес роботи як усього конвеєру, так і окремих його вузлів, на сьогодні немає однієї комплексної методики урахування усіх відомих факторів, що впливають на міцність самого ролика та довговічність опорних підшипникових вузлів, які є головними вузлами ролика стрічкового конвеєру.

Метою роботи є покращення якості та прискорення процесу проектування стрічкових конвеєрів за рахунок розробки проектного модуля для САПР SolidWorks з проектування роликів на основі комплексної математичної моделі конвеєрного ролика.

На основі відомих залежностей та методик розрахунку створено математичну модель, що комплексно враховує навантаження на ролик стрічкового конвеєру при різних режимах його роботи. Крім загальних

параметрів конвеєру, враховано навантаження від транспортованого вантажу, стрічки, від неточності встановлення ролика та його перекосів, від моменту, що повертає ролик при злипанні підшипників. До того ж у моделі враховано декілька типів роликкоопор, а саме однороликову для вантажної та порожньої гілки, двороликову та трьохроликову для вантажної гілки.

Математична модель дозволяє визначити необхідну динамічну вантажопідйомність підшипника, мінімальну товщину корпусу ролика та мінімальний діаметр осі ролика.

У результаті дослідження побудованої математичної моделі, уточнено формулу визначення мінімально припустимої товщини стінки труби корпусу ролика у сторону її збільшення у 17 разів задля забезпечення достатньої міцності та довговічності конструкції.

На основі побудованої комплексної математичної моделі розроблено функціональну схему проектного модуля, яка розділена на три етапи роботи: створення нового проекту; введення вихідних даних та проведення розрахунку; перебудова деталей ролика згідно отриманим розмірам.

Проектний модуль згідно розробленої функціональної схеми реалізовано на основі Visual Basic for Application на базі САПР SolidWorks. На основі побудови декількох варіантів роликів встановлено повну функціональність розробленого модуля.

Отже, запропонований проектний модуль для САПР SolidWorks з проектування роликів стрічкових конвеєрів на основі математичної моделі, яка комплексно враховує навантаження на ролик стрічкового конвеєру, дозволяє покращити якість та прискорити процес проектування стрічкових конвеєрів.

Література

1. Галкин В.И. Методы расчета и оценка показателей надежности ленточных конвейеров горных предприятий: дис. ... док. техн. наук. – М.: МГУ, 2000. – 421 с.;
2. Спиваковский А.О и др. Транспортирующие машины. Атлас конструкций: учебное пособие для вузов. - изд. 2-е, перераб. и доп. - М.:Машиностроение, 1969. – 116 с.
3. Трение и нагрев Schaeffler Group Industria. URL: http://www.s-graciya.ru/upload/file/FAG/3-tren_nagr.pdf,
4. Шахтмейстер Л.Г., Солод Г.И. Подземные конвейерные установки. Под ред. член.-кор.АН СССР А.О. Спиваковского. – М.:Недра, 1976. – 432 с.
5. Шоджаатолхосейни С.А. Обоснование рациональных параметров роликкоопор линейных секций мощных ленточных конвейеров горных предприятий: автореф. ... канд. техн. наук: 05.05.06. – М.: Московский государственный горный университет, 2009. – 24 с.

Сучасні засоби автоматизації виробництва, мехатроніка та робототехніка

УДК 621.865

Гарбар Є., Поліщук О.

Хмельницький національний університет

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Розглядаються перспективи застосування робототехнічних систем в легкій промисловості. Описується один з різновидів промислових роботів – робот рука-маніпулятор. Розглядаються переваги робототехнічних систем при їх використанні. Описуються можливості використання маніпулятора для виконання операцій легкої промисловості, зокрема: 3D-друку, фрезерування, лазерної різки та гравіювання.

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF ROBOTIC SYSTEMS FOR THE PERFORMANCE OF LIGHT INDUSTRY OPERATIONS

Prospects for the use of robotic systems in light industry are considered. One of the varieties of industrial robots is described - a hand-manipulator robot. Advantages of robotic systems when using them are considered. The possibilities of using the manipulator for light industry operations are described, in particular: 3D printing, milling, laser cutting and engraving.

Одним із перспективних напрямків комплексної автоматизації процесу виробництва виробів легкої промисловості є впровадження новітнього високоефективного обладнання, зокрема робототехнічних систем. Їх використання для виконання різних технологічних процесів веде до підвищення ефективності діяльності підприємства.

Великого поширення набули промислові роботи в машинобудуванні. Машинобудівна галузь є найбільш роботизованою. Це обумовлено прагненням підвищити продуктивність, отримати більш дешеву, але якісну продукцію [1].

Одним із різновидів промислових роботів є робот рука-маніпулятор. Вона являє собою програмно керований пристрій, який використовується з метою виконання завдань, які виконує людина, наприклад, переміщення масивних або великогабаритних вантажів, точне зварювання, фарбування, сортування продукції.

На сьогоднішній день тисячі компаній в усьому світі роблять ставки на застосування роботизованого обладнання на виробництві в різних галузях промисловості. Також не є виключенням і легка промисловість. Зараз будь-яке конкурентоспроможне й ефективне швейне чи взуттєве підприємство просто зобов'язане вчасно модернізувати власне виробництво, впроваджуючи інноваційні технології та обладнання. Щоб зробити виробництво максимально ефективним, використання сучасного обладнання є незамінним.

Одним із кращих прикладів новітньої технології вважається впровадження маніпуляторів і іншої робототехніки в технологічний процес. Вони стануть відмінним розв'язком для виробництва тому, що здатні в автоматичному режимі здійснювати основні та допоміжні технологічні операції.

Переваги застосування робототехніки очевидні: робот маніпулятор здатний забезпечувати максимально високий ступінь точності виконання будь-якої операції й, як результат, збільшення якості продукції; можливість застосування технологічного устаткування 365 днів на рік, у три зміни; оптимізація експлуатації виробничих приміщень; швидка окупність; відсутність впливу людського фактора під час виконання монотонних робіт, які вимагають підвищеної точності [1].

Значний інтерес може представляти використання робототехнічних систем для виконання різноманітних технологічних операцій легкої промисловості при створенні готових виробів. Прикладом застосування 3D-технологій в легкій промисловості може бути роботизований 3D-друк, що поєднує головку 3D-принтера для екструджування полімерів із багатоосьювою роботизованою рукою для створення набагато більш гнучкого 3D-принтера, ніж звичайні моделі. Рука може друкувати практично під будь-яким кутом, створюючи надзвичайно складні вигнуті геометрії на виробках легкої промисловості.

Наприклад роботизовані 3D-принтери можуть надрукувати підошву кросівок цілком без використання прес-форм. При цьому підошва зможе компенсувати енергію руху і за своїми функціональними властивостями набагато перевершити гумові аналоги, створені традиційними методами. Крім того, взуття, надруковане методом рідкого нашарування, може підлаштовуватися під форму ноги, забезпечуючи максимальний комфорт при експлуатації. Взуття, яке створюється за допомогою прес-форм робить

виробництво більш дорогим і тривалим. 3D-друк рідкими матеріалами дозволить істотно здешевити і спростити процес. Крім того, адитивні технології відкривають величезні можливості в плані дизайну і дозволяють легко «програмувати» взуття на етапі моделювання.

Роботизована рука може оснащуватися крім головки для тривимірного друку, головками для фрезерування, лазерного різання та гравіювання тощо. Це розширює можливості застосування такого обладнання в легкій промисловості для виконання різних технологічних операцій.

Застосування робототехнічних систем може суттєво збільшити гнучкість організації виробництв легкої промисловості. Якщо запрограмувати маніпулятор на виконання необхідних технологічних процесів, то можна отримати можливість із легкістю перемикає роботу з одного завдання на інше, змінюючи при цьому тільки технологічну насадку. Саме це сприяє підвищенню рентабельності інвестицій завдяки застосуванню робототехніки у виробництві різноманітних виробів швейного та взуттєвого виробництва.

Література

1. М.В. Голотюк. Перспективи робототехніки в машинобудуванні. Матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І.Пулюя, 2017. – С.17-18.

УДК 658.5:005.591.6; 681.5

Свачій Ю.С., Майдан П.С., Соколан Ю.С.

Хмельницький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МАНІПУЛЯТОРА ФІРМИ SIEMENS

Анотація. В роботі наведено результати моделювання роботи маніпулятора із шістьма ступенями вільності, виконані в програмному середовищі TIA PORTAL V.15.1. А саме перший етап, створення технологічних об'єктів, що використовуються в якості цифрових двійників для запуску крокових двигунів, які встановлені в конструкції маніпулятора. Створення технологічних об'єктів дозволить перевірити правильність роботи маніпулятора в тестовому режимі, визначити та запрограмувати необхідні швидкості та прискорення, відслідкувати та виключити можливі помилки при запуску в роботу.

Ключові слова: мехатроніка, автоматизація, двигун, моделювання, технологічний об'єкт, цифровий двійник, TIA PORTAL V.15.1.

SIMULATION OF SIEMENS MANIPULATOR OPERATION

Abstract. The paper presents the results of simulation the working of the manipulator with six degrees of freedom, performed in the software environment TIA PORTAL V.15.1. Namely, the first stage, creating technological objects used as digital doubles for starting stepper motors, which are installed in the design of the manipulator. The creation of technological objects will make it possible to check the correct operation of the manipulator in the test mode, to determine and program the necessary speeds and accelerations, to monitor and eliminate possible errors during start-up.

Key words: mechatronics, automation, engine, modeling, technological object, digital double, TIA PORTAL V.15.1.

Постановка проблеми. Відомо, що мехатроніку вважають такою галуззю науки та техніки, що була збудована на синергетичному поєднанні вузлів точної механіки із електронними, електротехнічними та комп'ютерними компонентами. Таке поєднання елементів повинне забезпечити проектування та виробництво якісно нових механізмів, машин або цілих систем із інтелектуальними системами керування та функціональними рухами [1, 2, 3]. Саме тому основні принципи синергетики лежать в якості основи при побудові мехатронних систем, а саме для поєднання в одному пристрої різних компонентів із різною

технічною природою, які будуть взаємодіяти із навколишнім середовищем як єдиний функціональний і конструктивний організм та адаптуватись до змін.

Метою роботи є: моделювання роботи маніпулятора в програмному середовищі TIA PORTAL V.15.1, для виконання необхідних досліджень його роботи в якості цифрового двійника.

Виклад основного матеріалу.

Використано кроковий двигун 28BYJ-48 в якості об'єкту для моделювання, як один із найбільш поширених: застосовують у механічних системах точного позиціонування – ЧПУ верстатах, 3d-принтерах, принтерах, роботах-маніпуляторах.

Характеристики крокового двигуна 28BYJ-48:

- напруга живлення – 5 В або 12 В;
- число фаз – 4;
- коефіцієнт редукації – 1/63,68395;
- кількість кроків ротора – 64;
- номінальна швидкість обертання – 15 хв⁻¹;
- крутний момент – 450 г×см;
- розміри (діаметр×висота) – 25×18 мм;
- вага – 40 г.

У вікні конфігурації Drive налаштуємо генератор імпульсів, а також вмикаємо привод та зворотній зв'язок з ним.

Апаратний інтерфейс (Hardware interface) – імпульси виводяться на блок живлення привода за допомогою фіксованих призначених цифрових виходів. У процесорах з релейними виходами імпульсний сигнал не може виводитися на такі виходи, оскільки реле не підтримують необхідні частоти перемикання. Щоб мати можливість працювати з PTO (Pulse Train Output) на цих процесорах, ми використовували сигнальну плату з цифровими виходами. PTO вимагає використання високошвидкісного лічильника (HSC). Для цього застосовується вбудований HSC, кількість оборотів якого неможливо оцінити.

Якщо вибрано PTO, за допомогою кнопки Конфігурація пристрою (Device configuration) переходимо до призначення імпульсних параметрів у конфігурації пристрою CPU. Це може знадобитися, якщо існує конфлікт, оскільки PTO використовується на іншому кінці або користувач змінив параметри.

Тип сигналу (Signal type) – обираємо із списку, що випадає.

Доступні наступні типи сигналів:

– РТО (імпульс А та напрям В)/РТО (pulse A and direction B) – для керування кроковим двигуном використовуються імпульсний вихід і напрямний вихід.

Вихід імпульсу (Pulse output) – обираємо імпульсний вихід для руху в позитивному напрямі у цьому полі.

Активуємо напрям виходу (Activate direction output) – за допомогою цієї опції ми вмикаємо або вимикаємо вихід напрямку. Напрямок руху обмежується, якщо вимкнути вихід напрямку.

Вихід напрямку (Direction output) – обираємо вихід для напрямку виводу в цьому полі.

– РТО (рахунок вгору А та рахунок вниз В)/РТО (clock up A and clock down B) – для керування кроковим двигуном використовується по одному імпульсному виходу для руху в позитивному та негативному напрямках.

Вихід імпульсу вперед (Pulse output forward) – обираємо імпульсний вихід для руху в позитивному напрямі у цьому полі.

Вихід імпульсу назад (Pulse output backward) – імпульсний вихід для руху в негативному напрямі у цьому полі.

– РТО (з фазовим зсувом А/В)/РТО (A/B phase-shifted) – імпульсні виходи для фази А і фази В працюють з однаковою частотою. Період імпульсних виходів оцінюється на кінці привода як крок. Зсув фази між фазами А і фазою В визначає напрям руху;

– РТО (зміщення фази А/В – вчетверо)/РТО (A/B phase offset – quadruple) – імпульсні виходи для фази А і фази В працюють з однаковою частотою. Всі позитивні фронти та всі негативні ребра фази А та фази В оцінюються як крок на кінці привода. Зсув фази між фазами А та фазою В визначає напрям руху.

Сигнал А (Signal A) – обираємо імпульсний вихід для сигналів фази А в цьому полі.

Сигнал В (Signal B) – обираємо імпульсний вихід для сигналів фази В у цьому полі.

Наприклад. Hardware interface→Pulse generator з вікна, що випадає, обираємо Pulse_1. Signal type з вікна, що випадає, обираємо РТО (pulse A and direction B) – імпульсний вихід і напрямний вихід використовують для керування кроковим двигуном. Програма автоматично підтягне необхідні значення.

Вихід імпульсу (Pulse output) – обираємо імпульсний вихід для руху в позитивному напрямі в цьому полі. Ми можемо вибрати вихід, використовуючи символну адресу, або призначити його абсолютній адресі:

Pulse output→Input address→Axis_1_Pulse→%Q0.2.

Активация напрямного виходу (Activate direction output). За допомогою цієї опції ми вмикаємо або вимикаємо напрямний вихід. Напряму руху обмежується, якщо вимкнута напрямний вихід.

Вихід напрямку (Direction output). Обираємо вихід для напрямного виходу в цьому полі. Ми можемо вибрати вихід, використовуючи символну адресу, або призначити його абсолютній адресі:

Direction output→Axis_1_Direction→%Q0.1.

Вкладка «Механічні властивості» (Mechanics), тут виконуємо наступні налаштування:

– кількості імпульсів, необхідних для одного обертання привода (межі (незалежно від обраної одиниці вимірювання);

$0 < \text{імпульс на оберт привода} \leq 2147483647$));

– навантаження за один оборот привода, налаштування відстані навантаження на обертання привода: (границі (незалежно від обраної одиниці вимірювання); $0,0 < \text{відстань на оберт} \leq 1,0e12$)).

Якщо ми не активували напрям виходу імпульсного генератора в режимі PTO (pulse A and direction B), вибір обмежується позитивним або негативним напрямом.

Інвертувати напрям (Invert direction) – використовувати прапорець Invert direction, щоб адаптувати систему керування до логіки напрямку привода. Логіка напрямку обернена відповідно до обраного режиму генератора імпульсів:

– PTO (pulse A and direction B) – 0 В на напрямному виході → позитивний напрям обертання; 5 В/24 В на напрямному виході → негативний напрям обертання.

Зазначена напруги залежить від використовуваного обладнання. Вказані значення не стосуються диференціальних виходів CPU 1217.

– PTO (clock up A, clock down B) – виходи Pulse output down та Pulse output up поміняні місцями;

– PTO (A/B phase-shifted) – (A/B з фазовим зсувом) – виходи Phase A та Phase B поміняні місцями;

– PTO (A/B phase-shifted – quadruple) – (A/B з фазовим зсувом – вчетверо) – виходи Phase A та Phase B поміняні місцями.

Обираємо:

Pulse movement per motor revolution→4105; Load movement per encoder revolution→360,0°; Permitted direction of rotation→Both directions.

Висновки. Виконано перший етап моделювання роботи маніпулятора в програмному середовищі TIA Portal, а саме створення технологічних об'єктів даного маніпулятора, тобто створення цифрових двійників для трьох крокових двигунів типу 28BYJ-48, які використовуються в якості приводів для завдання руху маніпулятору.

Література

1. Введение в мехатронику: уч. пособие / А.И. Грабченко, В.Б. Клепиков, В.Л. Доброскок и др. – Х.: НГУ «ХПИ», 2014. – 264 с.
2. Цвіркун Л. І. Робототехніка та мехатроніка : навч. посіб. / Л. І. Цвіркун, Г. Грулер; під заг. ред. Л. І. Цвіркуна ; М-во освіти і науки України, Держ. вищий навч. закл. «Нац. гірн. ун-т». - 3-тє вид., перероб. і доп. - Дніпро : НГУ, 2017. - 224 с.
3. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с. ISBN 978-966-695-502-2.
4. Автоматизація технологічних процесів : лабораторний практикум з дисципліни для здобувачів вищої освіти спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування»; 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: П. С. Майдан, Д. А. Макаришкін, Е. О. Золотенко, А. В. Буряк. – Хмельницький : ХНУ, 2021. – 116 с.
5. Руководство по программированию S7-1200/S7-1500. STEP 7 (TIA Portal) и STEP 7 Safety в TIA Portal – Entry-ID: 81318674, V1.4, 11/2015. – 109 с.

УДК 658.5:005.591.6; 681.5

Слободян А.С., Макаришкін Д.А.
Хмельницький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ФІРМИ SIEMENS

***Анотація.** Загально відомо, що транспортування вантажів на великі відстані є досить важливою ланкою в більшості технологічних процесів на виробництвах. Тому використання конвеєрного транспорту є досить розповсюдженим на сучасному етапі розвитку промисловості, найбільш поширеними є саме стрічкові конвеєри через високу продуктивність та гнучку будову. Для підвищення ефективності праці на підприємствах ставиться задача автоматизації конвеєрного транспорту, розробка системи автоматичного керування (САК) із можливістю контролю в режимі реального часу дозволить реалізувати дистанційне керування стрічковим конвеєром безпосередньо із автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора.*

***Ключові слова:** мехатроніка, автоматизація, стрічковий конвеєр, моделювання, технологічний об'єкт, система автоматичного керування, цифровий двійник, TIA PORTAL V.15.1.*

SIMULATION OF SIEMENS BELT CONVEYOR OPERATION

***Abstract.** It is well known that transportation of goods over long distances is an important link in most technological processes in industries. Therefore, the use of conveyor transport is quite widespread at the present stage of industrial development, the most common are belt conveyors because of their high efficiency and flexible structure. To improve the efficiency of labor at enterprises the problem of automation of conveyor transport is set, the development of automatic control system with the ability to monitor in real time will allow to implement remote control of the belt conveyor directly from the automated workplace (AWP) of the operator.*

***Key words:** mechatronics, automation, belt conveyor, simulation, technological object, automatic control system, digital twin, TIA PORTAL V.15.1.*

Постановка проблеми. Загально відомо, що транспортування вантажів на великі відстані є досить важливою ланкою в більшості технологічних процесів на виробництвах. Використання конвеєрного транспорту є досить розповсюдженим в сучасній промисловості, найбільш поширеними видом є стрічкові конвеєри через їх високу продуктивність та гнучкість будови.

Для підвищення ефективності роботи на промислових підприємствах ставиться завдання автоматизації конвеєрного транспорту, розробка системи автоматичного регулювання (САР) із можливістю легкого контролю в режимі реального часу, що в свою чергу дозволяє реалізувати дистанційне керування стрічковим конвеєром безпосередньо із автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора.

Аналіз робіт провідних закордонних та вітчизняних вчених [1-6] доводять, що найбільш перспективним заходом для поліпшення технологічних показників є комплексна автоматизація технологічних та інформаційних процесів виробництва за допомогою використання інтегрованих систем інтелектуального, оптимального та адаптивного керування. У зв'язку з досить складними умовами праці завданням САР стрічкового конвеєра є зменшення використання людської сили або взагалі її повне виключення.

Метою роботи є: моделювання роботи стрічкового конвеєру для виконання необхідних досліджень його роботи в якості цифрового двійника.

Виклад основного матеріалу. Моделювання роботи стрічкового конвеєра виконується в програмному середовищі TIA Portal V.15.1 [7, 8, 9] із застосуванням Technology objects (ТО).

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) – інтегроване середовище розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів на основі обладнання виробництва фірми «Siemens». У TIA Portal об'єднані три основних програмних пакети:

- 1) Simatic Step 7 V.15 для програмування контролерів S7-1200, S7-300, S7-400 і WinAC;
- 2) Simatic WinCC V.15 для розробки людино-машинного інтерфейсу (програмування сенсорних панелей та SCADA-систем);
- 3) Sinamics StartDrive V.15 для програмування перетворювачів частоти Sinamics.

У межах цих технологічних об'єктів доступні функції інкапсулюються та надаються розробнику програми для зручного доступу та використання в середовищі програмування.

Зокрема, в області «Керування рухом» ці ТО використовують для спрощення керування та обробки осей та додаткових функцій керування рухом та для підтримки користувача у створенні користувацької програми із функціоналами керування рухом.

ТО для керування рухом в SIMATIC має наступні властивості:

- представляє програмний об'єкт у контролері;
- представляє механічні компоненти;
- інкапсулює технологічну функціональність;
- дозволяє рівномірне налаштування та конфігурацію;
- забезпечує просте підключення накопичувачів та кодерів, а також розподіленого введення–виведення;
- містить механічну конфігурацію, моніторинг та обмеження привода та механіки, яка до нього підключена;
- адресація ТО здійснюється за допомогою інструкцій користувача програми PLCopen щодо керування рухом.

Це гарантує просте та стандартизоване використання функцій контролю руху в SIMATIC.

ТО для керування рухом (Motion control):

– ТО *Позиційна вісь (TO_PositioningAxis)* відображає компонент механічного привода в контролері. Завдяки користувацькій програмі завдання розміщення можна розміщувати, використовуючи інструкції PLCopen керування рухом;

– ТО *Таблиця команд (TO_CommandTable)* дозволяє створювати команди керування рухом та профілі руху в таблиці за допомогою PLCopen. Створені профілі застосовуються до фізичного диска з технологічним об'єктом Вісь.

ТО для PID-контролю:

– *універсальний контроль (PID_Compact)* – ТО *PID_Compact* забезпечує універсальний PID-контроль із інтегрованою оптимізацією. Він відповідає блоку даних екземпляра інструкції *PID_Compact*. Під час виклику інструкції *PID_Compact* цей блок даних також повинен бути переданий. *PID_Compact* включає всі налаштування для певного циклу керування. Коли ви відкриваєте цей ТО, вас підтримує спеціальний редактор для конфігурації елемента керування;

– *3-ступінчасте керування (PID_3Step)* – ТО *PID_3Step* забезпечує PID-контроль із інтегрованою оптимізацією для клапанів. Він відповідає блоку даних екземпляра інструкції *PID_3Step*. Під час виклику інструкції *PID_3Step* цей блок даних також повинен бути переданий. *PID_3Step* включає всі налаштування для певного циклу керування. Коли ви відкриваєте цей ТО, вас підтримує спеціальний редактор для конфігурації елемента керування;

– контроль температури (PID_Temp) – ТО PID_Temp забезпечує безперервний PID-контроль із інтегрованою оптимізацією. PID_Temp спеціально розроблений для контролю температури. Для цього доступні два виходи, один для опалення та один для охолодження. ТО відповідає блоку даних екземпляра інструкції PID_Temp. Під час виклику інструкції PID_Temp цей блок даних також повинен бути переданий. PID_Temp включає всі налаштування для певного циклу керування. Коли ви відкриваєте цей ТО, вас підтримує спеціальний редактор для конфігурації елемента керування.

Висновки. Описано перший етап моделювання роботи асинхронного двигуна стрічкового конвеєра в програмному середовищі TIA Portal, а саме створення технологічного об'єкту такого двигуна, тобто створення його цифрового двійника. Проаналізовано необхідні технологічні параметри, які необхідно задати в цифровому двійнику та відповідно на реальному стрічковому конвеєрі.

Література

1. Автоматизований електропривод машин та установок: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавр за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / О.В. Чермалих, О.В. Данілін, А.В. Босак, Л.В. Торопова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 24,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 61 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41535>.
2. Баховець Б.О. Автоматизований електропривод: навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2011. - 238 с.
3. Автоматизований електропривод машин та установок шахт і рудників. Учеб. посіб. для студ. высш. учебн. завед. / К.Н. Маренич, Ю.В. Товстик, В.В. Турупалов, С.В. Василюк, И.Я. Лизан. – Донецк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2015. – 252 с.
4. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с. ISBN 978-966-695-502-2.
5. Yusong Pang. Intelligent belt conveyor monitoring and control / Yusong Pang. – Technische university Delft, 2010. – 196 p.
6. Bart Zeeuw van der Laan. System reliability analysis of belt conveyor / Bart Zeeuw van der Laan. – Transportation engineering, 2016. – 73 p.
7. Руководство по программированию S7-1200/S7-1500. STEP 7 (TIA Portal) и STEP 7 Safety в TIA Portal – Entry-ID: 81318674, V1.4, 11/2015. – 109 с.
8. Программируемый контроллер S7-1200. Системное руководство. 11/2009, A5E02669003-02.
9. The Technology Objects (TO) of SIMATIC S7-1500(T). TIA Portal V14/SIMATIC S7-1500/SIMATIC S7-1500T. – Entry ID: 109743134, V1.0, 05/2017 – 60 p.

Енерго-і ресурсозберігаючі технології та обладнання

УДК 678.057.3

Лісевич С., Полішук О., Грудінін В., Первак А.

Хмельницький національний університет

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФІЛАМЕНТУ ДЛЯ 3D-ДРУКУ З ГРАНУЛЬОВАНИХ ЧИ ПОДРІБНЕНИХ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРІВ

Розглядаються адитивні технології, наводяться переваги їх використанні в галузевому машинобудуванні. Обґрунтовується можливість створення обладнання для виготовлення філаменту для 3D-друку з гранульованих чи подрібнених відходів полімерів. Описується екструдер для виготовлення філаменту та принцип його роботи. Наводяться задачі, які необхідно вирішити при створенні зазначеного устаткування.

PROSPECTS OF CREATING EQUIPMENT FOR MANUFACTURING FILAMENT FOR 3D PRINTING FROM GRANULATED OR SHORTED POLYMER WASTE

Additive technologies are considered, the advantages of their use in industrial engineering are given. The possibility of creating equipment for the manufacture of filament for 3D printing from granulated or crushed polymer waste is substantiated. An extruder for the production of filament and the principle of its operation are described. The tasks that must be solved during the creation of the specified equipment are given.

На даний час на виробничих підприємствах та у сфері побуту знайшли широке застосування адитивні технології.

Адитивні технології – це інновації у сфері промисловості та виробництва, цифрові нововведення з використанням 3D-принтингу. Адитивні технології - виготовлення (побудова) фізичного об'єкта (деталі) методом пошарового нанесення (додавання, англ. – «add») матеріалу, на відміну від традиційних методів формування деталі, за рахунок видалення (subtraction - віднімання) матеріалу з масиву заготовки.

Основними перевагами адитивних технологій, які успішно використовуються в машинобудуванні та інших сферах, є:

- економія ресурсів. Готові вироби «вирощують» пошарово, що в свою чергу веде до безвідходного виробництва. Зменшуються витрати

на утилізацію відходів. Для порівняння витрати матеріалу на заготовках при використанні традиційних методів металообробки можуть доходити до 85 %;

- прискорення процесу виробництва. Скорочення циклу з моменту розробки проекту до випуску готових виробів дає конкурентні переваги. Комп'ютерне моделювання не потребує довгих розрахунків та численних креслень. У цьому швидкість не шкодить якості;

- точність параметрів. При пошаровому синтезі вдається досягати максимальної відповідності за щільністю, залишковим напруженням, технічними показниками. Міцність виробів на 20 - 30% вища, ніж у литих та кованих;

- мобільність. Запуск нового виробництва вимагає тривалої підготовки, придбання громіздкого устаткування. Адитивні технології - гнучкі, і це дозволяє адаптуватися до умов ринку, що змінюється. Запроектовані моделі можна передавати за допомогою комп'ютерної техніки в будь-який куточок планети за лічені секунди.

Тому створення устаткування для адитивних технологій є актуальною задачею на теперішній час.

Кожне промислове підприємство чи приватна особа, які мають у своєму розпорядженні 3D-принтери, потребують витратних матеріалів. Деколи у них не вистачає коштів, щоб замовити витратні матеріали для роботи 3D-принтерів через їхню високу вартість.

На даний момент виготовляється багато видів пластиків для друку на 3D-принтерах [1]. Вартість катушки вагою один кілограм коливається в межах від 500 грн до декількох тисяч. При щоденному використанні 3D-принтера, а особливо, якщо їх декілька штук вартість витратних матеріалів складає велику суму. Тому актуальною задачею є створення екструдера для виготовлення філаменту для 3D-друку з гранулованих чи подрібнених відходів полімерів для власних потреб.

Ще однією перевагою використання власного екструдера для виготовлення пластикової нитки є те, що в процесі її виготовлення, використовуючи крім гранул полімерів різні добавки, можна отримати філамент із заданими властивостями.

Екструдер являє собою пристрій в якому здійснюється плавлення гранул полімерного матеріалу та подальше видавлювання розплавленої сировини через філь'єру діаметром 1,75; 2,85 чи 3мм.

Принцип роботи екструдера полягає в наступному. Кроковий двигун обертає шнек, що переміщується в матеріальному циліндрі. З

бункера всередину матеріального циліндра подаються гранули полімеру. Шнек, в свою чергу, переміщує їх до нагрівального елемента, розміщеного на корпусі матеріального циліндра. За рахунок підведеної теплоти від нагрівального елемента сировина розплавляється і через філь'єру видавлюється назовні у вигляді прутка діаметром 1,75 мм. Далі пластикова нитка остигає і за рахунок тягучого механізму змотується на котушку.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести моніторинг наявного устаткування для виготовлення пластикової нитки та їх цінового діапазону;
- вивчити типові конфігурації екструдерів;
- розробити власний аналог пристрою;
- розрахувати собівартість та рентабельність виготовлення устаткування;
- здійснити експериментальні дослідження з метою визначення оптимальних режимів роботи екструдера при виготовленні філаменту з певного типу полімеру.

Література

1. Зогуля П.Ф., Поліщук О.С., Поліщук А.О. Узагальнена класифікація філаментів для 3D-друку. Вісник Хмельницького національного університету, - 2017. - №6. – С.51-59.

УДК 621.865

Лучинський М., Поліщук О.
Хмельницький національний університет

ПРИСТРІЙ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ МАРКУВАННЯ І КЛЕЙМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТА ВИРОБІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Розглядаються технологічні операції, що потребують обладнання зі зворотно-поступальним рухом робочих органів. Описуються перспективи використання ударного устаткування для виконання операцій маркування та клеймування деталей та виробів легкої промисловості. Запропоновано використати для виконання зазначених операцій пристрої з лінійними електричними двигунами в якості приводу. Описується потреба проведення на зазначеному обладнанні експериментальних досліджень.

A DEVICE WITH AN ELECTROMAGNETIC DRIVE TO PERFORM OPERATIONS MARKING AND BRANDING PARTS AND PRODUCTS OF LIGHT INDUSTRY

Technological operations requiring equipment with reciprocating movement of working bodies are considered. The prospects of using impact equipment for marking and branding operations of parts and products of light industry are described. It is proposed to use devices with linear electric motors as a drive to perform the specified operations. The need to conduct experimental research on the specified equipment is described.

Швейна, взуттєва, трикотажна і шкіряно-галантерейна галузі легкої промисловості мають специфічні технологічні операції, що відрізняють одну галузь від іншої, але широко використовуються операції, аналогічні для всіх галузей і виконуються вони на обладнанні (пресах) зі зворотно - поступальним рухом робочих органів. До таких операцій можна віднести: вирубання та перфорацію деталей взуття, одягу та шкіряно-галантерейних виробів; маркування, клеймування та тиснення; встановлення металевої фурнітури і т.п. [1]. Дані операції припускають взаємодію робочих органів обладнання з матеріалами, що мають різні фізико - механічні властивості. Взаємодія носить ударний характер: в окремих випадках виконавчий орган преса повинен

розрізати матеріал або зробити в ньому отвори, а в інших залишити слід на поверхні (тиснення) не руйнуючи матеріал.

Обладнання ударної дії повинно забезпечити умови для регулювання сили удару. Традиційно ударний ефект досягається на устаткуванні, що використовує пневматичний, гідравлічний і електромеханічний приводи, які мають певні переваги і недоліки. Для всіх приводів характерне багатоступеневе перетворення електричної енергії в механічну енергію робочого органу. Однак найбільш високий коефіцієнт корисної дії має електромеханічний привід, який забезпечує можливість вирішення різних технологічних завдань на одному і тому ж обладнанні, але складність перетворення електричної енергії в механічну енергію удару (наявність додаткових кінематичних ланок), знижує енергетичну ефективність такого обладнання. Крім того, загальним недоліком всіх приводів є те, що вони споживають електричну енергію під час холостого ходу, а так само під час завантаження і розвантаження з обладнання предметів обробки.

Тому актуальним завданням є створення обладнання з зворотно-поступальним рухом робочих органів, для виконання технологічних операцій маркування та клеймування, на основі безпосереднього перетворення електричної енергії в механічну енергію руху робочих органів. Таке перетворення електричної енергії може бути здійснено за допомогою лінійних електричних двигунів (ЛЕД) різного типу.

З метою подальших експериментальних досліджень виконання операції маркування та клеймування було проведено розробку пристрою з електромагнітним приводом для їх виконання. При обґрунтуванні вибору конструкції пристрою з лінійним електромагнітним двигуном (ЛЕМД) в якості приводу призначеного для виконання даних технологічних операцій в першу чергу необхідно було вибрати його раціональну магнітну систему, тобто підібрати найбільш ефективний тип ЛЕМД.

Лінійні електромагнітні двигуни відрізняються від інших типів лінійних електричних двигунів великою різновидністю конструкцій, габаритними розмірами, споживаною енергією, видом тягових характеристик, а також діапазоном створюваних зусиль і переміщень. В основному в технічній літературі їх класифікують за наступними ознаками: в залежності від конструктивного виконання, способу живлення, напрямку магнітного потоку тощо [1].

Для пристрою, що розробляється було вибрано лінійний електромагнітний двигун δ -типу з комбінованим якорем та стопом [1]. За відомими методиками було здійснено його розрахунок та виготовлення.

Розроблене обладнання з ЛЕД в якості приводу для виконання операцій маркування та клеймування деталей одягу та взуття потребує подальших експериментальних досліджень з метою вибору оптимальних параметрів зазначених операцій.

Література

1. Поліщук О.С. Підвищення ефективності застосування пресового обладнання в легкій промисловості: дис.... кандидата техн. наук: 05.05.10 / Поліщук Олег Степанович. – К., 2001. – 155с.

Новітні технології та засоби виробництва в галузях промисловості

УДК 004

Polishchuk A.¹, Tanski T.², Polishchuk O.¹

¹*Khmelnytskyi National University, Ukraine*

²*Silesian University of Technology, Poland*

CREATION OF POLYMER MATERIALS WITH SPECIFIED PROPERTIES BASED ON SECONDARY CRUSHED POLYETHYLENE TEREPHTHALATE FOR 3D PRINTING OF FINISHED PRODUCTS AND PARTS

Ways of utilizing waste polymer materials, in particular polyethylene terephthalate, are considered. Its properties are described. It is proposed to use polyethylene terephthalate waste as consumables for 3D printing. The stages of carrying out research work for the realization of the given task are described.

СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ЗАДАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ОСНОВІ ВТОРИННО ПОДРІБНЕНОГО ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ ДЛЯ 3D ДРУКУ ГОТОВИХ ВИРОБІВ ТА ДЕТАЛЕЙ

Розглянуто шляхи утилізації відходів полімерних матеріалів, зокрема поліетилентерефталату. Описано його властивості. У ролі витратного матеріалу для 3D-друку пропонується використовувати відходи поліетилентерефталату. Описано етапи проведення науково-дослідної роботи для реалізації поставленого завдання.

Finding ways to dispose of solid waste is one of the tasks that many scientists around the world are working on. The emergence and development of new industries, rapid population growth as a result of rising consumption, all this leads to an increase in waste that poses a danger to the environment. In recent years, the level of production and consumption of polymeric materials has increased.

Polyethylene terephthalate (PET) is abbreviation from glycol-modified polyethylene terephthalate. PET or simply thermoplastic - the most famous and affordable representative of the polyester class. Solid and absolutely transparent plastic in amorphous state and white, mutating opaque in the crystalline state.

During heating, it goes into a transparent state and remains in it with a sharp cooling and a rapid pass through the "crystallization zone". The material is very durable, wear-resistant, good dielectric. Alone plastic is impressive high wear resistance and tolerance to a wide range of temperatures - from $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $75\text{ }^{\circ}\text{C}$. Among other things, the material is easily mechanically handling.

From the main advantages of this polymer material are: high strength and impact resistance, resistance to abrasion and multiple deformations with tension and bend; high chemical resistance; excellent plasticity in cold and heated states.

Today, polyethylene terephthalate (PET) is the most widely recycled plastic. And this is the most commonly used type of plastic on the planet (in the form of PET). It can be found as part of plastic bottles, food containers, packaging, toys, kitchen utensils and more common plastic products. In addition, this processable plastic can be molded under pressure, blow, thermoforming, bending, cut, use for printing on a 3D printer.

Secondary PET can be used to make for the manufacture of various products and parts for various industries and households. Based on it, using various fillers, additives, plasticizers, it is possible to produce new polymeric materials with high sound, heat insulation, adhesive, adsorption properties, large specific surface area, ductility, resistance to chemical and atmospheric influences, environmental friendliness.

So we can conclude that the problem of recycling PET waste is relevant for the whole world community, so it must be solved by joint efforts based on research and advanced technologies.

One way to recycle plastics is to use recycled polyethylene terephthalate waste, in particular PET bottles and light industry textile waste, into consumables for 3D printers. The use of additive technologies is one of the most striking examples of how new developments and equipment can significantly improve traditional production.

An example may be the preparation of new polymeric compositions (consumables) for 3D printing based on secondary tissue waste containing polyethylene terephthalate and polyamide [1].

At present, the sector of utilization and processing of secondary polyethylene terephthalate in consumables for 3D printing with specified properties is only formed. This direction may be interesting both to large investors and small entrepreneurs. This may be a way to get good profit

during a raw material deficit (and parallel - as a method of solving environmental problems).

The out carried research work will include:

- Determination of structural properties of new polymeric materials with specified properties based on secondary polyethylene terephthalate for 3D printing and finished products on their basis using optical and scanning electron microscopy. Testing of the created polymeric materials and finished products using microscopy of high resolution to receive the following data: homogeneity, thickness and porosity; the size and distribution of the filler components in the composite sample; determination of the phase of the morphology of the material.

- Determination of mechanical, thermophysical and rheological properties of the created polymeric materials for 3D-printing and finished products based on them, namely: tensile strength; relative elongation; modulus of elasticity; toughness; hardness, melting point; thermal stability; crystallization temperature; melt flow rate, etc.;

- Improving the design of a 3D printer and optimizing its operating modes;

- Processing of research results and conclusions using automated methods.

References

1. Misiats O., Misiats V., Rubanka M., Skyba M., Polishchuk A. The obtained during a scholarship results published in the form of the a monograph section: Determination of bulk density of mixtures of fractions of crushed polymeric materials. Actual problems of modern science. Monograph: edited by Matiukh S., Skyba M., Musial J., Polishchuk O. – 2021. – P.390 – 396.

УДК 681.6

Polishchuk O.¹, Polishchuk A.¹, Bonek M.², Lisevich S.¹

¹*Khmelnytskyi National University, Ukraine*

²*Silesian University of Technology, Poland*

PROSPECTS FOR CREATING TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR 3D PRINTING WITH A MIXTURE OF POLYMER AND METAL POWDERS

Today, the issue of developing new 3D printing technologies is relevant. The issue of creating new materials for them is acute. The proposed technology of 3D printing with a mixture of polymer and metal powders. The stages of conducting research work for its implementation are described.

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ 3D ДРУКУ СУМІШШО ПОЛІМЕРНОГО ТА МЕТАЛЕВОГО ПОРОШКІВ

Сьогодні актуальним є питання розробки нових технологій 3D-друку. Гостро стоїть питання створення для них нових матеріалів. Запропонована технологія 3D-друку сумішшю полімерних і металевих порошків. Охарактеризовано етапи проведення науково-дослідної роботи для її реалізації.

Additive technology, which has developed since the '80s of the XX century, opens the possibility of manufacturing (growing) objects by gradually applying the material to the generated object. Today, the field of additive technologies is rapidly developing, displacing older methods of processing and manufacturing parts.

In most cases, polymer filaments with different properties are used as raw materials in 3D printers.

3D metal printing is becoming increasingly popular also. Known today monofilaments for printing based on various metals, combine practical and aesthetic properties. They are able to meet the requirements of various products, be it prototypes, miniatures, jewelry, functional details, etc.

The reasons for printing with metals are so important that 3D printing with them is already being introduced into serial production. In fact, some

3D-printed parts have already caught up with, and to some extent surpassed in their properties, those produced by traditional methods.

Traditional production of metals and plastics is too wasteful. The yield, in some industries, is not more than 30% of the material used. 3D metal printing consumes less energy and reduces waste to a minimum. Besides, the finished 3D print can be up to 60% lighter than a milled or cast part. The strength and lightness of the parts are necessary in the production of certain products in various industries. This, in turn, also leads to a reduction in the cost of finished products.

Metal is one of the materials that is successfully used for 3D printing [1]. Recently, manufacturers are producing more and more powdered metals that are optimal for a 3D printer. Modern technologies make it possible to obtain powder for 3D printing of metal with certain properties to solve specific production problems. And since almost any metal can be sputtered, the range of metallic materials for 3D printers is extremely large. The latest additive technologies involve the use of about twenty tested and ready-to-use materials, including titanium Ti, stainless steel SS, aluminum AL, copper Cu, iron Fe, and others. Also used tools alloys, stainless, heat-resistant alloys, aluminum and titanium alloys, medical cobalt-chromium, and more. Each metal and alloy has certain properties.

Today, 3D printers are emerging that use polymer pellets or waste polymer materials as raw materials [2].

From waste polymeric materials can be obtained by grinding in shredders polymer powders of different fractions.

The proposed 3D-printing technology using a mixture of polymer and metal powders instead of metal-polymer thread greatly simplifies additive production in terms of cost, speed, and affordability, opens new production prospects in many industries, and has significant potential for improving production efficiency.

The out carried research work will include:

- Research of physical (particle shape, size, particle size distribution, specific particle surface, density, microhardness) and technological (bulk density, fluidity, volume and tap density, compactibility) properties of metal powders;
- Determination of mechanical, thermophysical and rheological properties of polymeric materials namely: modulus of elasticity, tensile strength, relative elongation, toughness, thermal stability, melting point, etc.

- Determination of the microstructure of new metal-polymer mixes for 3D printing and finished products based on them using optical and scanning electron microscopy to obtain the following data: homogeneity, porosity, grain size, distribution of structural components, the presence of nonmetallic particles, etc.);
- Research of the extruder of the 3D printer for work with mixes of the materials having high abrasiveness;
- Processing of research results and conclusions using automated methods.

References

1. O.S. Polishchuk, A.O. Polishchuk, S.P. Lisevich, Zalizetskyi A.M., Melnyk V.I. The manufacturing products and parts by 3D-printing method from composite filaments with high metal content. Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Series: «Technical Sciences», №3, 2022, pp.104-110 (in Ukraine).
2. Oleh Polishchuk, Petro Zozulia, Andrii Polishchuk. Development and research of equipment for processing of granulated polymeric materials via 3D printing for the needs of light industry. Fibres and Textiles (4) 2020, pp.70-80 (in Slovakia).

УДК 621.313

Косенков В.¹, Івлєв Д.², Поліщук О.¹, Лісєвич С.¹, Поліщук А.¹

¹Хмельницький національний університет

²Одеський національний політехнічний університет

ЕЛЕКТРИЧНА МАШИНА БІІНДУКТОРНОГО ТИПУ

Описано відому конструкцію електричної машин бііндукторного типу. Приведено конструкцію електричної машин бііндукторного типу з покращеною технологією її виготовлення. Описано переваги пропонованої конструкції електричної машин бііндукторного типу.

BI-INDUCTOR TYPE ELECTRIC MACHINE

The well-known design of bi-inductor type electric machines is described. The design of the bi-inductor type electric machine with improved manufacturing technology is given. The advantages of the proposed design of bi-inductor type electric machines are described.

Відома конструкція електричної машини бііндукторного типу [1], що містить наступні складові: статор з обмоткою якоря, циліндричний ротор, дві тороїдальні обмотки збудження і феромагнітні полюси, де зубці статора магнітно пов'язані й об'єднані загальними ярмом, утворюючи статор Т-подібного виду і розміщені симетрично щодо феромагнітних полюсів Г-подібного ротора, кожен феромагнітний полюс складається з ряду магнітно не зв'язаних пластин Г-подібного виду і має два полюсних виступи різної висоти, усі феромагнітні полюси зсунуті в шаховому порядку один щодо іншого таким чином, що кожен феромагнітний полюс на своєму полюсному розподілі перекриває зубці Т-подібного статора і частину ярма з правого або лівого боку від зубців, число феромагнітних полюсів Г-подібного ротора дорівнює числу полюсних поділів, тороїдальні обмотки збудження розташовані на Т-подібному статорі ліворуч та праворуч від зубців, а обмотка якоря покладена в пазах між зубцями статора.

В такій конструкції у перетворенні енергії приймає участь 100% активної поверхні статора (обмотки якоря). Крім того, виконання полюсів ротора з магнітного не зв'язаних пластин Г-подібного виду значно послаблює магнітне поле поперечної реакції якоря.

Тому існуюча конструкція потребує удосконалення в плані підвищення технологічності виконання нерухомої частини. Йдеться про виготовлення феромагнітного ярма статора із закріпленими на ньому феромагнітними зубцями. Навіть при частотах перемагнічування феромагнітного матеріалу в одиниці Гц (для низькошвидкісних машин), де може використовуватись нешихтований матеріал, це вже є проблемою. А для високошвидкісних машин проблема ще ускладнюється.

В запропонованій конструкції електричної машини бііндукторного типу, ярір виконується окремо, а саме: магнітопровід яроря набирається із штампованих листів електротехнічної сталі з пазами для укладки обмотки, по типу виготовлення статора класичної машини змінного струму, при цьому висота ярма яроря обирається, виходячи з розмірів лобових частин обмотки яроря та розміру висоти тороїдальної обмотки збудження, а ярмо статора, в яке вставляється ярір з обмоткою, виконується з фериту або шихтується в поперечному напрямку.

Магнітна система Т-подібного статора складається з яроря та ярма. Ярір виконаний з штампованих листів електротехнічної сталі з пазами під обмотку яроря. Ярмо статора, в яке встановлюється ярір, виготовляється з фериту або шихтується в напрямку, поперечному руху. В останньому випадку потрібно ще поверх ярма встановлювати металевий кожух.

Ротор представляє собою систему Г-подібних полюсів, закріплених до валу немагнітними торцевими щитами. Кожен полюс виконаний з ряду феромагнітних пластин, які між собою магнітно не пов'язані.

По торцях статор закритий підшипниковими щитами, які установлені на підшипниках.

Обмотка яроря укладена в пазах яроря до його установки в середину конструкції, що покращує умови укладки обмотки. Тороїдальні обмотки розташовані на статорі ліворуч та праворуч від яроря. Як показує рисунок, магнітна індукція в ярмі яроря не перевищує магнітну індукцію в повітряному зазорі δ , тому висота ярма обирається розмірами укладки обмоток яроря та збудження зі сторони, протилежної ярорю, не закривається частиною ярма статора, що спрощує її установку.

Пропонована конструкція має такі переваги: покращується технологія виготовлення магнітної системи нерухомої частини;

покращується технологія укладки обмотки якоря; запропонована конструкція може використовуватись для широкого діапазону швидкостей обертання.

Література

1. Патент України № 116924, Україна, МПК(2006.01) H02K 1/8, H02K 1/24, H02K 29/06, H02K 19/06. Електрична машина бііндукторного типу (варіанти) / В. В. Булгар, А. О. Бойко, А. Д. Івлєв, Д. А. Івлєв, О. В. Технічні науки ISSN 2307-5732 Вісник Хмельницького національного університету, №5, 2020 (289) 221 Яковлев, В. Д. Косенков. – а201606821, заявл.22.06.2016; опубл. 25.05.2018, Бюл. № 10.
2. Косенков В. Д. Конструкції електричних машин постійного струму з безобмотковим ротором для високих і низьких швидкостей обертання / В. Д. Косенков, Д. А. Івлєв // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2020. – № 5. – С. 218-221.

УДК 004:67/68

Поліщук А., Скиба М.

Хмельницький національний університет

3D-ПРИНТЕР ДЛЯ ДРУКУ ГРАНУЛАМИ ТА ПОДРІБНЕНИМИ ВІДХОДАМИ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто адитивні технології. Описано 3D-принтер з FMD технологією, що використовує монофіламент у вигляді прутка для створення фізичних об'єктів. Запропоновано використати гранули чи подрібненні відходи полімерів для живлення екструдера такого устаткування. Описується принцип його роботи.

3D PRINTER FOR PRINTING WITH GRANULES AND SHREDDED POLYMER MATERIALS WASTE

Additive technologies are considered. A 3D printer with FMD technology that uses monofilament in the form of a rod to create physical objects is described. It is proposed to use granules or crushed polymer waste to feed the extruder of such equipment. The principle of its operation is described.

Адитивні технології – є одними з головних світових трендів, що згадуються в контексті нової промислової революції. Ринок товарів, виготовлених за допомогою таких технологій, практично ще не сформований, не має чітких меж, варіюється в межах 20-30% та має тенденцію до швидкого зростання [1].

Як відомо, існує декілька методів 3D-друку, проте всі вони є похідними адитивної технології виробництва виробів. Незалежно від того, який 3D-принтер використовується, виготовлення виробу здійснюється шляхом пошарового накладання тонкої цівки розплавленого матеріалу, видавленої із екструдера, на робочу платформу. Задача принтера переміщувати екструдер в точній відповідності з цифровою моделлю. Тому надрукований фізичний об'єкт повністю відповідає своєму віртуальному прообразу, створеному за допомогою графічних редакторів об'ємного комп'ютерного проектування. На виході отримуються деталі складної геометричної форми, які виготовляються за короткі терміни [1].

Сьогодні використання 3D-принтерів у масовому виробництві обмежується порівняно високою вартістю обладнання та тривалістю процесу виготовлення самого виробу. Технологія тривимірного друку може бути успішно використана у виготовленні дрібносерійних виробів та виробів індивідуального замовлення, оскільки виготовлення високовартісної оснастки в такому випадку стає недоцільною [2].

В роботі [1] здійснюється аналіз і систематизація сучасних технологій 3D-друку і 3D-принтерів. Розроблено узагальнену класифікацію 3D-принтерів, яка дає повне уявлення і характеристику про кожен тип, призначення тощо. Також до даної класифікації вперше внесено новий вид 3D-друку, а саме 3D-друк полімерними гранулами, який у промисловості, що стрімко розвивається, стане конкурентоспроможним на ряду з іншими видами 3D-друку і видами витратних матеріалів. Даний вид принтерів знаходиться на стадії розробки.

Однією із головних переваг такого виду принтера є можливість повторного друку деталей гранулами із відходів, які були отриманні при попередньому друкуві. Тому можна здешевити філамент за рахунок використання вторинної сировини. Так, із вторинної сировини малореально отримати рівний за діаметром пруток з тієї простої причини, що властивості розплаву будуть неоднорідними по масі, звідси нерівномірний тиск в промисловому екструдері, нерівномірною пластичністю розплаву і його усадку. Відповідно, і під час друку такий пруток буде вести себе абсолютно непередбачувано. В ході першої стадії переробки вихідного полімеру і першого терміну служби полімерного ланцюга відбуваються незворотні зміни, викликані хімічними впливами, термічної, тепло і фотоокислювальної деструкції, що призводить до появи активних груп. Ці групи при наступних переробках здатні запускати реакції окислення. Відповідно чим менша кількість переробок тим кращий матеріал і в результаті це вплине на якість майбутньої деталі чи виробу. Але також у випадках вторинної переробки полімерів є можливість створення нового матеріалу із новими властивостями завдяки додаванню до їх складу різних домішок, фарбників, пластифікаторів з метою покращення еластичності, пластичної деформації, морозостійкості, ударної міцності і зниження в'язкості для покращення їх подальшої переробки і експлуатації [2].

Основною сировиною для живлення екструдерів 3D-принтера є пруток полімерного матеріалу певного діаметра. В якості сировини для

виготовлення прутка використовуються гранули полімеру. Сам процес його отримання довготривалий, що є неприпустимим у теперішньому конкурентному середовищі.

Одним із основних недоліків 3D-друку прутком є те що на стадії виготовлення полімер вже піддається температурному нагріву, що призводить до втрати його фізико-механічних властивостей. Тому, актуальним є тривимірний друк з використанням гранул матеріалу. Друк з використанням гранульованого матеріалу ідеально підходить в тих випадках, коли можна поєднати адитивний і субтрактивний (швидке прототипування) методи виробництва деталей. Це дасть змогу швидко роздрукувати деталь на 3D-принтері.

Зростання виробництва виробів із полімерних матеріалів неухильно веде і до зростання їх частки у відходах і питання переробки стає невід'ємним від проблеми утилізації інших відходів життєдіяльності людства. Сучасні полімерні матеріали на основі різних пластмас, волокон і еластомерів, використовують в різних галузях. Галузеве машинобудування та легка промисловість не є винятком [3].

Тому питання переробки полімерів і з подальшим їх застосуванням в галузевому машинобудуванні та легкій промисловості є актуальною задачею.

Для переробки полімерів із різними властивостями необхідне таке обладнання, яке б відповідало необхідним вимогам, тобто мало оптимальні геометричні параметри та теплові режими.

З метою проведення експериментальних досліджень було розроблено пристрій, що дозволяє друкувати 3D-деталі гранульованими чи подрібненими полімерними матеріалами, отриманими із відходів швейного та взуттєвого виробництва. Принцип роботи такого устаткування полягає в наступному. Подрібнені гранули полімеру засипаються у бункер або зону завантаження. Після цього матеріал-сировина подається обертовим шнеком у нагрівальну зону для розплаву та подальшої екструзії. Полімер розплавляється і у вигляді тонкої цівки видавлюється на робочу платформу. В подальшому, за допомогою пошарового накладання розплавленого полімерного матеріалу, формується фізичний об'єкт, тобто змодельована раніше деталь.

Застосування технології 3D-друку, зокрема 3D-принтерів для друку гранулами та подрібненими відходами полімерних матеріалів дозволить вирішити ряд проблем в галузевому машинобудуванні та у

легкій промисловості, зокрема у швейній і взуттєвій галузях. Впровадження даного устаткування для виробництва виробів та деталей є актуальною задачею.

Література

1. Zozulia P., Pyshcheniuk N., Skyba M., Polishchuk O., Malec M. General classification of 3D printing. Actual problem of modern science. Monograph: editer by Musial J., Polishchuk O., Sorokaty R. Bydgoszcz, Poland, - 2017. - P.413-421.
2. Зозуля П.Ф., Поліщук О.С., Неймак В.С., Поліщук А.О.: Застосування технології 3D-друку у взуттєвій промисловості. Наукові нотатки Луцького національного університету №67, 2019. - С.48-52.
3. Поліщук О.С., Зозуля П.Ф., Поліщук А.О. Узагальнена класифікація філаментів для 3D-друку. Вісник Хмельницького національного університету №6, 2017. - С.51-59.

УДК 687.052.2

Скиба М., Лісевич С., Поліщук О., Попитченко Б.
Хмельницький національний університет

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ, СПОСОБІВ ТА ПРОЦЕСІВ РОЗКРОЮВАННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПІДГОТОВЧО-РОЗКРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Описано фізичний зміст обробки матеріалів різанням та вплив геометрії ріжучого інструмента на процес різання матеріалів. Приведено систематизацію універсального і спеціального обладнання та способів розкроювання матеріалів у підготовчо-розкрійному виробництві.

SYSTEMATIZATION OF EQUIPMENT, METHODS AND PROCESSES OF DEVELOPING TEXTILE MATERIALS IN THE PREPARATORY AND DEVELOPMENT PRODUCTION

The physical content of material processing by cutting and the influence of the geometry of the cutting tool on the process of cutting materials are described. Systematization of universal and special equipment and methods of cutting materials in preparatory and cutting production is given.

На перших стадіях виготовлення одягу процес різання використовується ефективно. З кусків тканини вирізаються (викроюються) деталі виробів необхідної форми і розмірів. На наступних етапах виробництва різання матеріалів використовується технологічне устаткування для осноровки (уточнення розмірів) деталей, обрізання країв матеріалу в процесі з'єднання, прорізання отворів для петель, обрізання ниток тощо.

Обробка матеріалів різанням – це собою фізичний процес руйнування матеріалу, що може здійснюватися не тільки ножами різного виду, але і тепловим впливом на матеріал, використанням струменя води з великим тиском, що витікає зі спеціального сопла з великою швидкістю. Обробка матеріалів різанням – фізичний процес, зміст якого визначається фізико-механічними властивостями матеріалу, геометрією інструмента, технологічними зусиллями опору різання і відносним рухом між напівфабрикатом та інструментом. Розуміння фізичної суті процесу дозволяє встановити оптимальні умови різання, забезпечити якість процесу різання, максимальну продуктивність та економічну ефективність.

В процесі різання механічним способом під дією сил, які прикладено до інструмента, проходить занурення (впровадження) клина в матеріал і розсування його ножем. Взаємне переміщення інструмента та матеріалу, а також характер їх руху, визначає руйнування матеріалу під кутом до нього.

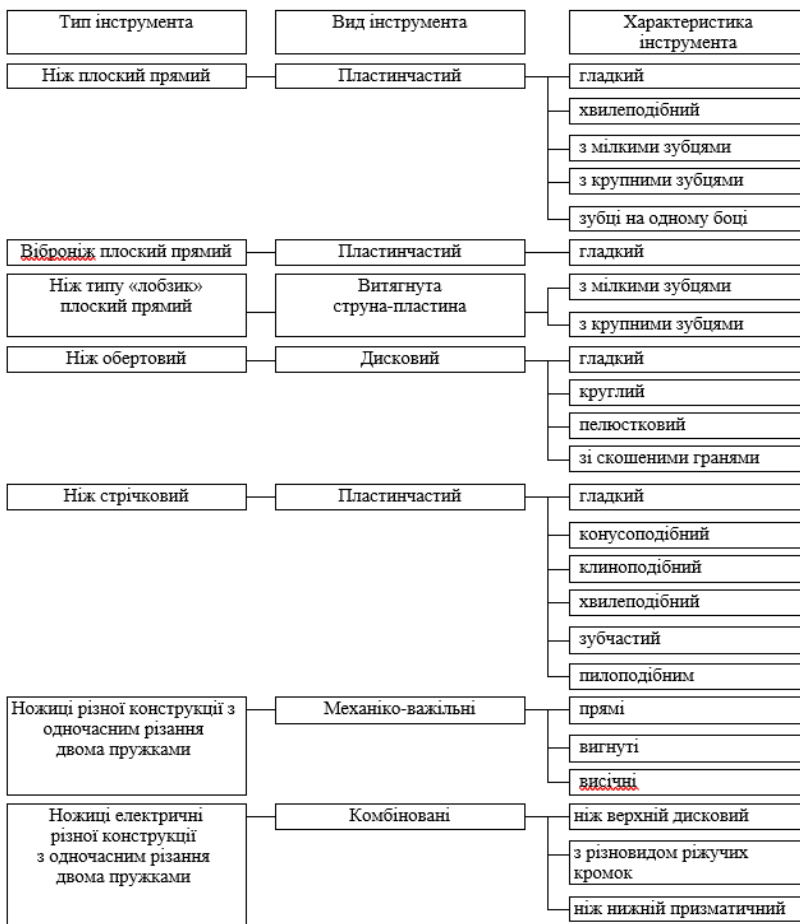


Рис. 1 – Систематизація механічного розкрювання текстильних матеріалів універсальним інструментом

Кут різання може дорівнювати куту загострення (заточки) або бути меншим за нього. Величина кута різання залежить від швидкості переміщення ножа, властивостей тканини (матеріалу) та кутового розташування леза відносно матеріалу. Практично найбільш доцільними для технологічних задач є кут загострення $15^{\circ} \dots 20^{\circ}$.

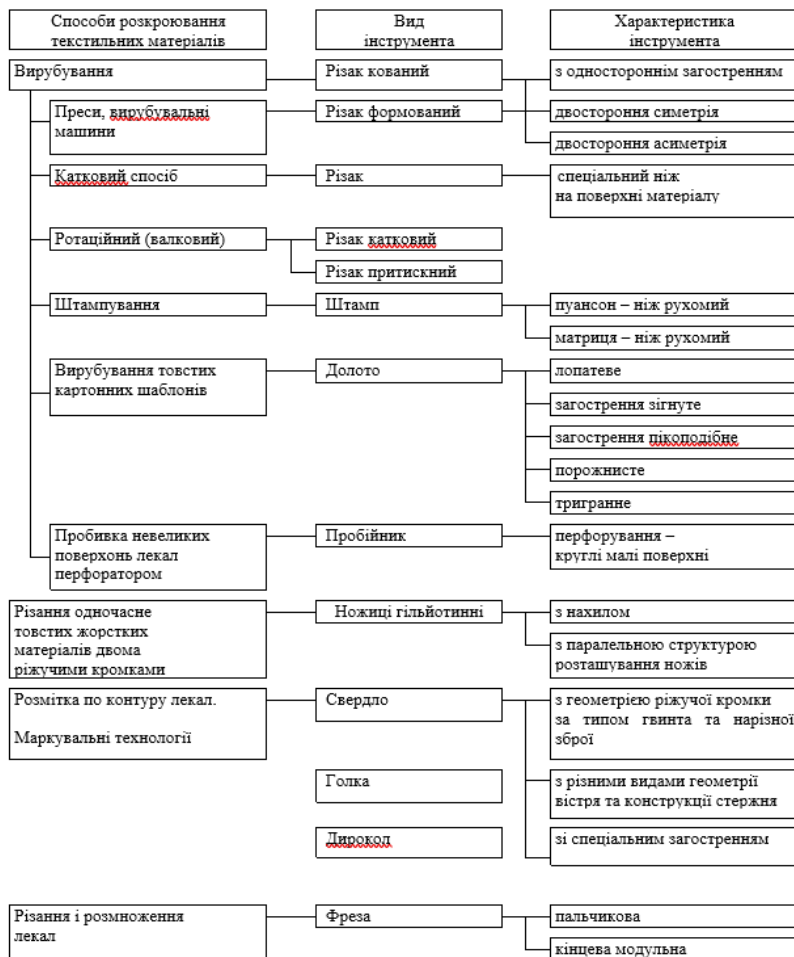


Рис. 2 – Систематизація механічного розкроювання текстильних матеріалів спеціальним інструментом

Різання швейних матеріалів з використанням механічного інструмента можна виконувати різноманітними способами: різанням, пилянням, вирубуванням тощо. Проводяться експериментальні роботи з розрізання текстильних матеріалів хімічними компонентами.

Існують класичні та альтернативні способи різання матеріалу. З точки зору використання ріжучих інструментів їх можливо розділити на дві групи: з використанням універсального інструменту та спеціального. На рисунках 1, 2, 3 приведено систематизацію способів та процесів розкроювання текстильних матеріалів у підготовчо-розкрійному виробництві.

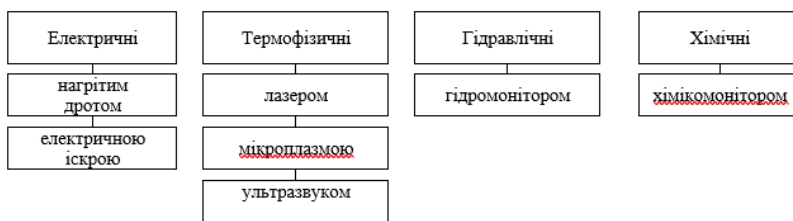


Рис. 3 – Систематизація безконтактних способів розкроювання текстильних матеріалів

Використання універсальних ріжучих інструментів дозволяє без заміни інструмента, без переналадок обладнання здійснювати розкрій (вирізання) будь-яких деталей одягу. Однак такий підхід ускладнює автоматизацію процесів розкроювання.

Розкрій тканини за допомогою спеціальних інструментів є перспективним, дозволяє автоматизувати процес розкроювання, але використання вказаного інструмента знижує універсальність розкрійної установки. Необхідно змінювати робочий інструмент або здійснювати переналадку. Однак ці недоліки не істотні і в перспективі можуть бути усунені.

Література

1. Березненко С. М. Основи технологій експериментального та підготовчо-розкрійного виробництв: навч. посіб. / С. М. Березненко, О. І. Водзінська, Л. Б. Білоцька та ін. – К. : КНУТД, 2017. – 171 с.

УДК 677.005

Смутко С., Кунцов О.

Хмельницький національний університет

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МЕХАНІЗМІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Проаналізовано методи визначення похибок положення і переміщення механізмів технологічного обладнання. Проаналізовано можливі шляхи підвищення точності на стадії проектування.

ANALYSIS OF WAYS TO INCREASE THE ACCURACY OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT MECHANISMS

The methods of determining position errors and moving mechanisms of technological equipment are analyzed. Possible ways of increasing accuracy at the design stage are analyzed.

Введення зубчастої передачі в конструкцію механізмів приводу петлетвірних органів суттєво розширює їх технологічні можливості, але при цьому постає ряд питань про можливість використання зубчато-важільних механізмів в умовах роботи основов'язальних машин. Одним з цих питань є оцінка точності механізму, адже основов'язальне машинобудування відноситься до точного і похибки переміщень петлетвірних органів суттєво впливають на якість утворення полотна.

Саме тому доцільно провести дослідження на точність планетарного зубчато-важільного механізму приводу петлетвірних органів [1], встановити яким чином впливають на якість відтворення діаграм переміщень помилки конструктивних параметрів механізму.

Для визначення похибок положення і переміщення механізмів розроблені різні методи [2-4]: метод плеча та лінії дії, диференціальний метод, метод перетвореного механізму, геометричний метод, метод планів малих переміщень, метод відносних похибок та ін.

Для оцінки точності механізму необхідно визначити його первинні похибки, які пов'язані з виготовленням та експлуатацією. Якщо механізм існує в проекті і первинні похибки неможливо визначити

безпосереднім вимірюванням, то їх величину визначають по граничним відхиленням розмірів, які вказані на кресленнях деталей [3]. При цьому похибку механізму визначають методом розрахунку на “максимум-мінімум”, вважаючи, що помилки ланок мають гранично допустиму величину і при зборці – найбільш несприятливі сполуки. Ця похибка механізму буде заздалегідь більше дійсною.

При відсутності відомостей про способи виготовлення деталей існує можливість прорахунку механізму на точність по допускам на виготовлення [3].

Існує декілька шляхів [3, 4] підвищення точності механізмів:

- за рахунок підвищення точності виготовлення деталей;
- за рахунок методу компенсації;
- за рахунок селекційної зборки.

Якщо підвищення точності виготовлення деталей іноді є економічно не вигідним, адже вартість деталей пов'язана ступеневою залежністю з точністю їх виготовлення, а селекційна зборка залежить від рівня виробництва, так як пов'язана з затратами висококваліфікованої праці, то метод компенсації є найбільш доступним. Крім того шляхи підвищення точності механізму, які безпосередньо пов'язані з виробництвом, важко врахувати при проектній розробці механізму. Ось чому в даному випадку доцільно розглянути можливість методу компенсації.

Суть методу компенсації полягає в використанні ряду спеціальних заходів, які знижують вплив похибок виготовлення деталей та похибок схеми на точність механізму [3]. До видів компенсації відносять:

- припасовування, яке полягає в зміні розмірів деталей чи виготовленні їх “по місцю”, що є трудомістким процесом, який виконують вручну;
- регулювання, що полягає в зміні розмірів ланок, форми та положення різних деталей;
- автоматична компенсація, яка виконується спеціальними пристроями.

Аналіз видів методу компенсації показав, що на стадії проектування неможливо використати припасовування для підвищення точності механізму, а слід надати перевагу регулюванню та автоматичній компенсації.

Практично побудований механізм не може здійснити запропонований закон руху з абсолютною точністю. Це пояснюється

тим, що розміри реального механізму завжди відрізняються від розмірів ідеального механізму. Реальний механізм, буде відтворювати рух з помилками в положенні й у переміщенні. Для підвищення точності роботи механізму потрібно передбачати відповідну якість обробки, витримувати при складанні задані розміри й т.п. Однак, при конструюванні й виготовленні механізмів треба в розумних межах висувати вимоги до якості виготовлення, тому що зайво висока точність приведе до подорожчання механізму.

Отже, можна виділити наступні шляхи підвищення точності механізмів:

- 1) вибір схеми механізму з малим числом кінематичних пар і ланок;
- 2) раціональний вибір посадок, класів точності й шорсткості сполучених поверхонь деталей;
- 3) правильний вибір ступеня точності й виду сполучення для зубчастих і черв'ячних передач;
- 4) розподіл передаточних відносин між щаблями механізму з урахуванням одержання найменшої помилки мертвого ходу;
- 5) застосування конструкцій, що допускають регулювання зазорів при складанні механізмів;
- 6) застосування пружинних пристроїв для усунення зазорів;
- 7) зменшення пружних деформацій крутіння й вигину шляхом збільшення твердості деталей і скорочення їх лінійних розмірів;
- 8) доцільне збільшення радіусів коліс і шкал;
- 9) застосування матеріалів із близькими по величині коефіцієнтами лінійного розширення для зменшення помилок від температурних деформацій.

Література

1. Смутко С. В., Оцінка точності зубчато-важільного планетарного механізму// Вісник технологічного університету Поділля. - 2001. - №3. Ч.1 - С.149 - 154.
2. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. М., Наука, 1975. – 638 с., ил.
3. Прикладная механика / Под ред. К. И. Заблонского. - Учеб. Пособие для вузов. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1979 – 280 с.
4. Первицкий Ю. Д. Расчет и конструирование точных механизмов. Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, доп. и переработ. Л., “Машиностроение” (Ленингр. отд-ние), 1976 - 456 с.

