

Міністерство освіти і науки України  
Полтавський державний аграрний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра технологій та засобів механізації аграрного виробництва



## МАТЕРІАЛИ

І Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції

### **«Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження»**

(присвячена 55-й річниці заснування інженерно-технологічного факультету  
Полтавського державного аграрного університету)

01-02 червня 2021 року



(реєстрація в УкрІНТЕІ, посвідчення №766 від 11.12.2020 р.)

Полтава 2021

УДК 631

*Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження (присвячена 55-й річниці заснування інженерно-технологічного факультету Полтавського державного аграрного університету) : матеріали I Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., 1-2 червня 2021 р. Полтава : ПДАУ, 2021. 167 с.*

Викладено результати теоретичних та експериментальних досліджень в напрямках інноваційних агроінженерних технологій, ресурсозберігаючих технологій сільськогосподарського виробництва, сучасних засобів механізації аграрного виробництва, організації процесів сільськогосподарського виробництва, машин та обладнання сільськогосподарського виробництва, перспективних технологій в сільськогосподарському машинобудуванні, мехатроніки в агропромисловому виробництві, технічного сервісу в агропромисловому комплексі, енергозбереження та відновлювальних джерел енергії, безпеки виробничих процесів в агроінженерії, сучасних освітніх технологій в підготовці фахівців агропромислового комплексу.

Матеріали розраховані на педагогічних, науково-педагогічних працівників, студентів, аспірантів, представників підприємств і організацій АПК.

***Посвідчення в УкрІНТЕІ №766 від 11.12.2020 р.***

***Затверджено до друку та поширення через мережу Інтернет кафедрою технологій та засобів механізації аграрного виробництва Полтавського державного аграрного університету (протокол № 11 від 09.06.2021 р.)***

**Редакційна колегія:**

**ГОРБЕНКО Олександр**, к.т.н., доцент, завідувач кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва;

**КЕЛЕМЕШ Антон**, к.т.н., доцент, доцент кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва;

**БУРЛАКА Олексій**, к.т.н., доцент, доцент кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва.

Тексти матеріалів тез подані в авторській редакції. Відповідальність за точність, достовірність і зміст поданих матеріалів несуть автори. Редакційна колегія може не розділяти поглядів деяких авторів на ті чи інші питання, розглянуті на конференції.

## ЗМІСТ

<b>Горбенко О. В., Лапенко Г. О., Келемеш А. О.</b> КОРИФЕЇ КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ ПОЛТАВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ	7
<b>Тримбач С. П., Степаненко С. П.</b> ОБГРУНТУВАННЯ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРЕСУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДЛЯ ГРАНУЛЮВАННЯ КОРМІВ	13
<b>Березовський Ю. В., Кузьміна Т. О. Єдинович Б. М.</b> РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ЛЬОНОСИРОВИНИ ДО ПЕРЕРОБКИ	16
<b>Кустов С. О., Степаненко С. П.</b> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЛОПАТИ МОТОВИЛА СЕЛЕКЦІЙНОГО ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА	18
<b>Телюта А. В., Телюта Р. В., Каліч В. М.</b> ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ РЕЖИМ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА	22
<b>Влізько В. С., Ляшенко С. В.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ АБРАЗІВНО- ФРИКЦІЙНОГО ЛУЩЕННЯ, СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ	25
<b>Гавриленко В. В., Ляшенко С. В.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИЧИНІ І ХАРАКТЕРУ ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТІЛЧАСТИХ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП	27
<b>Канівець О. В., Канівець І. М., Горда Т. М.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ ВПРОВАДЖЕННЯ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ПРИ ВИВЧЕННІ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ	33
<b>Іванкова О. В., Діденко Д. В., Грінько В. В., Романенко А. О.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ	36
<b>Іванкова О. В., Обчий Я. О.</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	38
<b>Іванкова О. В., Бартош В. Ю.</b> ВПЛИВ МАТЕРІАЛУ ЕЛЕКТРОДУ НА ЯКІСТЬ ВІДНОВЛЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ	40
<b>Лапенко Т. Г.</b> СИСТЕМА НАВЧАННЯ – ЗАПОРУКА БЕЗПЕЧНОЇ ПРАЦІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ	44
<b>Ляшенко С. В.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ПЕРЕВІРКИ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ МАЛОГАБАРИТНОГО МОБІЛЬНОГО ПОДРІБНЮВАЧА ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ	47

<b>Майбородіна Н. В., Герасименко В.П.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДЛЯ ПІДКРІПЛЕНИХ ЕЛІПСОЇДАЛЬНИХ ОБОЛОНОК	51
<b>Похил С. В., Петровський В. Г.</b> СУЧАСНІ ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОФЕСІЙНОМУ НАВЧАННІ ФАХІВЦІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ	55
<b>Прасолов Є. Я., Якименко Д. І.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПРИ ОПАЛЕННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ	60
<b>Ребро В. В., Ляшенко С. В.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО З ВИКОРИСТАННЯМ РЕСУРСОЗАОЩАДЛИВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КРАПЛИННОГО ЗРОШУВАННЯ	65
<b>Бурлака О. А., Горбенко О. В., Келемеш А. О.</b> СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ	67
<b>Бакаєнко А. Г., Попова О. І.</b> ОЦІНКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	70
<b>Прілепо Н. В., Півень С. С.</b> ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ НА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ	72
<b>Ященко О. В., Шарлай О. В.</b> ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ	74
<b>Горбенко О. В.</b> ПРАКТИЧНА ПІДГОТОВКА СТУДЕНТІВ: ДЛЯ ЧОГО; ЯК; ДЕ?	76
<b>Хомлюк В. О., Сівцов О. В.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ СПЕЦІАЛЬНОГО ЛЕГОВАНОГО ЧАВУНУ	78
<b>Велит І. А., Безуглий А. Е., Кваша А. В.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ НА СВИНОФЕРМАХ З ВИКОРИСТАННЯМ КОРМОРОЗДАВАЧА – ЗМІШУВАЧА	81
<b>Воскобійник Р. О., Яценко Ю. В.</b> ІННОВАЦІЙНІ АГРОІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОЛОЧНОМУ СКОТАРСТВІ	84
<b>Каліч В. М., Плешков П. Г., Солдатенко В. П., Нгепі С. Л.</b> СОНЯЧНА ТЕПЛОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА	86
<b>Davlonov Kh. A., Dusyarov A. S., Yakhshibaev Sh. K., Pardaev Z. E., Toshbaev A. R.</b> THE USE OF HEAT PUMPS FOR HEAT SUPPLY OF BUILDINGS AND AGRICULTURAL STRUCTURES	89

<b>Faysiev T. A., Sadykov Zh. D., Fayzullaev I. M., Khidirov M. M., Ruzikulov G. Yu.</b> AUTOMATIC CONTROL AND REGULATION TEMPERATURE-HUMID REGIME OF SOLAR GREENHOUSE	92
<b>Ishmuradova G.I., Mirzaeva G.M., Ganieva Sh.A., Daminova Yu.S., Abdullayeva K.T.</b> ON THE ROLE OF PROFESSIONAL PEDAGOGY IN THE PROFESSIONAL EDUCATION OF TECHNICAL UNIVERSITIES	95
<b>Khalimov G. G., Sadykov Zh. D., Tilavov Yu. S., Urakov K. Kh.</b> MATHEMATICAL MODEL OF ACCUMULATION HEAT IN SOLAR INSTALLATIONS	97
<b>Muradov I., Mamedova D. N., Samatov Zh. Sh., Husenov A. A., Mikhliev Sh. Sh.</b> USING AND STORAGE OF OILSEED SEEDS	99
<b>Muradov I., Fayzullaev I. M., Samatov Zh. Sh., Samatova Sh. Yu., Ergashev Sh. H.</b> DRYING SUNFLOWER SEEDS	103
<b>Sadykov Zh. D., Davlonov Kh. A., Khamraev T. A., Shamuratova S. M., Nazullayev Yu. G.</b> ENERGY SAVING IN BUILDINGS AND STRUCTURES USING ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES	105
<b>Клевцова Н. В.</b> ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ ЯК ДІЄВИЙ ФАКТОР ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ	107
<b>Солдатенко В. П., Зінзура В. В., Одарченко В. М., Далданов О. О.</b> СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИХІДНОЮ ПОТУЖНІСТЮ ВІТРОГЕНЕРАТОРА	109
<b>Швидя В. О.</b> ТЕПЛОВИЙ АНАЛІЗ ВАКУУМНОГО СУШІННЯ НАСІННЯ	111
<b>Костенко О. М., Дрожжана О. У., Рибальченко В. Д.</b> ОГЛЯД МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК	114
<b>Келемеш А. О.</b> МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ АГРОІНЖЕНЕРІЇ	117
<b>Литвиненко В. В.</b> ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ЗМІЦНЮЮЧОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИСКОМ	120
<b>Красюк Д. О., Тристан В. О., Келемеш А. О.</b> АНАЛІЗ СПОСОБУ ДЕАКТИВАЦІЇ ЧАСТИНИ ЦИЛІНДРІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	124
<b>Баган В. В.</b> ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ СУЦІЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ	127



<b>Орос В. В., Хватов О. О., Келемеш А. О.</b> АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ПО ЗНИЖЕННЮ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ПРИ РОБОТІ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ	130
<b>Могилевський О. М., Келемеш А. О.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВ РОБОТИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ НА ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ	135
<b>Нескоромний О. П.</b> НОВИЙ АВТОПІЛОТ AUTOPROSTEER RTK НА ТРАКТОРІ МТЗ 892. ВРАЖЕННЯ ВІД РОБОТИ	137
<b>Іванов О. М., Арендаренко В. М., Антонєць А. В., Сімонов К. В.</b> ОБГРУНТУВАННЯ КУТОВОГО РОЗТАШУВАННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ТА РОЗГІННОЇ ДІЛЯНКИ ГРАВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТЕРА	139
<b>Степаненко С. П.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ В КОМБІНОВАНОМУ СЕПАРАТОРІ ІЗ ЗАМКНЕНИМ ЦИКЛОМ ПОВІТРЯ	143
<b>Кузьмич А. Я., Анеляк М. М., Грицака О. М.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБИРАННЯ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ СОНЯШНИКУ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ЦІЛІ	146
<b>Ольховський В. О., Дударєв І. М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗЕРНОВОГО СЕПАРАТОРА НОЖИЧНОГО ТИПУ	149
<b>Литовченко В. П.</b> БЕЗПЕРЕРВНА ОСВІТА: ДИСТАНЦІЙНИЙ АСПЕКТ	153
<b>Опара Н. М.</b> ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАКТОРІВ ВИМОГАМ БЕЗПЕКИ	157
<b>Михайлов І. В., Костенко О. М., Дрожжана О. У.</b> МЕТОД ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВПЛИВУ ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ	162

## КОРИФЕЙ КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ ПОЛТАВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

**Горбенко О. В.**

к.т.н., завідувач кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент

**Лапенко Г. О.**

к.т.н., професор кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент

**Келемеш А. О.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет,  
м. Полтава, Україна*

*Історія – скарбниця наших діянь, свідок  
минулого, приклад і повчання для сьогодення,  
застереження для майбутнього.*

**(Мігель де Сервантес)**

У 1966 році в Полтавському сільськогосподарському інституті був відкритий факультет механізації сільського господарства для підготовки інженерів-механіків сільського господарства. У цьому ж році була організована кафедра технології металів та інших конструкційних матеріалів, яку очолив **Жолтишев Петро Іванович**, к.т.н., доцент, який був аспірантом кафедри аграрної механіки Петра Мефодійовича Василенка.



**Жолтишев  
Петро Іванович,**  
к.т.н., доцент, завідувач  
кафедри 1966-1971 рр.

Викладачами стали доцент Валуєв О. П., старший викладач Мірошніченко В. А., асистент Зеленський Ю. О., завідувачем лабораторіями призначили Журавльова В. М., навчальним майстром Васкову Т. А., старшим лаборантом Васильченко В. О. Під лабораторії та навчальні аудиторії кафедри виділили приміщення для утримання тварин зоотехнічного факультету. Члени кафедри разом із першим набором студентів (їх було 50 осіб) працювали вдень, а іноді і вночі для підготовки приміщень, приведення їх до належного естетичного стану. Другою не менш важливою задачею було придбання та встановлення відповідного обладнання, верстатів, стендів та ін.

Усі ці роботи виконувались паралельно з будівництвом нового навчального корпусу

факультету механізації сільського господарства. У цей же час велася велика робота на кафедрі по методичному забезпеченню навчального процесу та проведення практик. Базами для проведення заводських практик стали Полтавський турбомеханічний завод, Кременчуцький автомобільний завод та Харківський тракторний завод. У перші п'ять років після відкриття кафедри були вирішені основні завдання по налагоджуванню навчального процесу, почалася наукова робота на кафедрі і першим аспірантом кафедри став Мізін І. А., керівником якого був Валуєв О. П.

У 1971 році кафедру очолив **Валуєв Олексій Петрович**, к.т.н., доцент. Співробітниками кафедри стали к.т.н., доценти Дудніков А. А., Прохоров М., асистенти Соловей С. Г., Гладка Л. П., викладачі Лапенко Г. О., Шевельов М. О., Безгін М. В.



**Валуєв  
Олексій Петрович,**  
к.т.н., доцент, завідувач  
кафедри 1971-1988 рр.

Кафедра почала проводити велику наукову роботу направлену на підготовку висококваліфікованих спеціалістів.

Наукові дослідження проводились з бюджетної та госпдогвірної тематики. Головним організатором і керівником декількох тем був завідувач кафедри Валуєв О. П., виконавцями були члени кафедри та кращі студенти. Основними напрямками роботи були: «Дослідження надійності та довговічності деталей самохідного шасі СШ-75», «Дослідження роботоздатності закритих форсунок дизелів сільськогосподарських тракторів з відремонтованими розпилювачами», «Дослідження стану зносу корпусних деталей тракторів з метою обґрунтування методів і засобів їх контролю на ремонтних підприємствах «Сільгосптехніка», «Дослідження впливу сульфидування і сульфомолібденування на

припрацювання і зносостійкість деталей автотракторних двигунів в умовах сільського господарства», «Відновлення деталей сільськогосподарської техніки гальванічним покриттям на Шишацькому ремонтно-транспортному підприємстві Полтавської області».

Керівником наукової теми «Випробування деталей на стійкість до зношування і відновлення та зниження її собівартості в процесі ремонту» став к.т.н. Дудніков А. А.

По замовленню Укрцукропрому на кафедрі виконувалась робота «Розробка висадкосадильної машини для висаджування коренеплодів цукрового буряка» керівниками якої були Гаркуша І. Я. та Лапенко Г. О. По цій темі крім названих керівників працювали Абанькін Є., Михайлик В. У., Назаренко В. І., Стефанцова Т. Результатом успішної роботи була створена



модернізована висадкосадильна машина ВПГ-4М, яка пройшла відомчі та державні випробування.

За матеріалами виконання наукових досліджень на кафедрі захистили кандидатські дисертації Зеленський Ю. О. (1975р.) і Мізін І. А. (1977р.), керівник к.т.н. Валуєв О. П., Лапенко Г. О. (1980р.), керівник д.т.н. Омельченко О. О.

Паралельно з навчальною та науковою роботою після здачі в експлуатацію навчального корпусу факультету механізації йшло удосконалення матеріально-технічної бази кафедри за рахунок розширення навчальних аудиторій, придбання нового обладнання, інструменту, верстатів.

У 1988 році кафедру очолив випускник факультету механізації першого набору к.т.н., доцент **Лапенко Григорій Олександрович**, який поставив головним завданням роботи кафедри підготовку наукових кадрів для інженерно-технологічного факультету. Велика група кращих випускників стали працювати над дисертаційними роботами в якості аспірантів та здобувачів під керівництвом к.т.н., доцента Дуднікова А. А. Це були Іванкова О. В., Лапенко Т. Г., Ківшик О. П., Біловод О. І., Горбенко О. В., Канівець О. В., Дудник В. В., Келемеш А. О., Пасюта А. Г.



**Лапенко Григорій Олександрович,**  
к.т.н., доцент, завідувач кафедри 1988-2011 рр.

Асистенти Падалка В. В., Ляшенко С. В. готували дисертаційні роботи під керівництвом д.т.н., професора Бабицького Л. Ф., який працював на кафедрі за сумісництвом.

Лоєнко В. В. теж випускник факультету механізації сільського господарства закінчив аспірантуру у Московському інституті механізації та

електрифікації сільського господарства, захистив дисертацію в Росії, а потім під керівництвом доцента Сакала Л. Г. повторно захистив дисертацію в Україні.

Таким чином, велика наукова робота проведена на кафедрі в кінці минулого на початку теперішнього століття забезпечила якісний потенціал співробітників не тільки кафедри, а і інженерно-технологічного факультету в цілому.

За матеріалами досліджень кафедри підготовлені та захищені кандидатські дисертації під керівництвом к.т.н., доцента Дуднікова А. А.: Іванкова О. В. (1995р.), Ківшик О. П. (1997р.), Лапенко Т. Г. (2004р.), Біловод О. І. (2008р.), Горбенко О. В. (2010р.), Лоєнко В.В. (1999р.) науковий керівник к.т.н. Сакала Л. Г., Падалка В. В. (2010р.) та Ляшенко С. В. (2012р.) під керівництвом д.т.н. професора Бабицького Л. Ф.

У 1991 році кафедра отримала назву ремонту машин і технології конструкційних матеріалів. На ній стали викладатися дисципліни «Ремонт машин», «Надійність машин», «Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів», «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Організація робіт підприємств технічного сервісу», «Проектування технологічних процесів сервісних підприємств», «Технології ремонту машин», «Надійність технологічних систем», «Інтелектуальна власність», «Стандартизація і сертифікація техніки», «Основи технологічної творчості», «Патентознавство», «Інженерний менеджмент». Велася значна методична робота, видавалися методичні посібники, підручники.

З приходом на кафедру к.т.н. доцента Прасолова Є. Я. значно зросла кількість патентів на наукові винаходи.

Працювало декілька студентських наукових гуртків під керівництвом Дуднікова А. А., Лапенка Г. О., Прасолова Є. Я., Горбенка О. В., Іванкової О. В. Студентські наукові роботи займали призові місця на багатьох міжнародних конкурсах.

У 2010 році кафедра мала такий склад професорсько-викладацького і допоміжного персоналу: завідувач кафедрою, доцент, к.т.н. Лапенко Г. О., професор, к.т.н. Дудніков А. А., доцент, к.т.н. Іванкова О. В., доцент, к.т.н. Садовніков В. К., доцент, к.т.н. Лоєнко В. В., доцент, к.т.н. Зеленський Ю. О., доцент, к.т.н. Прасолов Є. Я., асистенти Безгін М. В., Соловей С. Г., Падалка В. В., Горбенко О. В., Ляшенко С. В., Лєвошко Н. В., завідувач лабораторіями Тесленко Л. І., майстри виробничого навчання Сабадаш В. В., Ксенчук М. В., Супрун А. В., Лебедь В. А., лаборант Роман М. В. Усього професорсько-викладацького персоналу – 12 осіб, допоміжного персоналу – 6 осіб.

Кафедра стала найбільш потужною на факультеті як за кількістю, так і за якісним складом. Завідувач кафедри, доцент Лапенка Г. О. за високі показники у навчальній, методичній та науковій роботі був нагороджений знаками «Відмінник аграрної освіти та науки» (2005р.), «Знак пошани» Мінагрополітики України (2001р.), «Почесна грамота Полтавської обласної ради» (2005р.), «Відмінник технічної служби 2003» Мінагрополітики України.

У 2006 році указом президента України Лапенку Г. О. присвоєно звання «Заслужений працівник освіти України».

З 2011 року кафедру очолив професор **Дудніков Анатолій Андрійович** – засновник та очільник авторської наукової школи «Підвищення довговічності та надійності сільськогосподарської техніки відновленням деталей вібраційним методом». Автор понад 300 наукових статей у фахових виданнях України та за її межами, у тому числі 12-и підручників і навчальних посібників, із яких підручник «Основи стандартизації, допуски, посадки і технічні вимірювання» з грифом Міністерства освіти і науки України використовується як підручник для здобувачів вищої освіти вищих навчальних закладів, а також підручник «Проектування технологічних процесів сервісних підприємств» для здобувачів ступеню вищої освіти «магістр».



**Дудніков  
Анатолій Андрійович,**  
к.т.н., професор, завідувач  
кафедрою 2011-2018 рр.

Професор Дудніков А. А. є активним учасником у розробці програм ступеневої освіти та її адаптації до програм провідних університетів розвинутих країн світу, є науковим керівником магістрів та аспірантів. Під його керівництвом захистилося вісім кандидатів технічних наук.

Під керівництвом професора Дуднікова А. А. захистили кандидатські дисертації: Іванкова О. В. (1995р.), Ківшик О. П. (1997р.), Лапенко Т. Г. (2004р.), Біловод О. І. (2008р.), Горбенко О. В. (2010р.), Дудник В. В. (2012р.), Канівець О. В. (2012р.), Келемеш А. О. (2013р.), Пасюта А. Г. (2015р.).

Очолюючи наукову школу, професор Дудніков А. А. підтримує тісні ділові та наукові стосунки із вченими провідних університетів Польщі, Болгарії, Білорусії, Молдови.

У 2017 році наказом по академії кафедра отримала назву технології та засоби механізації аграрного виробництва.

З 2018 по 2020 рік кафедру очолював професор **Шейченко Віктор Олександрович**, який за період професійної діяльності має 224 публікацій, з них 217 наукових та 7 навчально-методичного характеру, у тому числі 118 наукових праць, опубліковані у вітчизняних і міжнародних рецензованих фахових виданнях, 21 патент України. Професор Шейченко В. О. є членом редакційної колегії та рецензентом журналів: «Research in Agricultural Engineering» (Чехія); «Eastern European Journal of Enterprise Technologies»; «Механізація та електрифікація сільського господарства» Національного

наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства». Також є членом спеціалізованих вчених рад, головою експертних комісій за результатами проведеної первинної акредитаційної експертизи освітньо-професійних програм.

Віктор Олександрович отримав сертифікат про підвищення кваліфікації в «Люблінському університеті технологій», м. Люблін, Республіка Польща за спеціалізацією: «Дослідження механізмів та машин» (2019 р).

Під керівництвом Шейченка В. О. захистили кандидатські дисертації: Маринченко І. О., спеціальність 05.18.02 – технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів і комбікормів, олійних і луб'яних культур (2016р.); Шевчук М. В., спеціальність 133 Галузеве машинобудування (2019р.).



**Шейченко Віктор Олександрович,**

д.т.н., старший науковий співробітник, професор, завідувач кафедри 2018-2020 рр.

Колектив кафедри в умовах сьогодення гідно підтримує, зберігає та примножує славетні, багаторічні надбання та традиції декількох поколінь учених, інженерно-технологічних працівників і здійснює наукові дослідження за різноманітними науковими напрямками.

Кафедра технологій та засобів механізації аграрного виробництва є випусковою кафедрою інженерно-технологічного факультету Полтавського державного аграрного університету.

На даний час на кафедрі готують фахівців за освітніми програмами: Технології і засоби механізації сільськогосподарського виробництва першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 208 Агроінженерія; Технології і засоби механізації сільськогосподарського виробництва другого (магістерського) рівня за спеціальністю 208 Агроінженерія; Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування; Машини і засоби механізації



сільськогосподарського виробництва третього (освітньо-наукового) рівня за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

Викладачі кафедри проводять систематичну та ґрунтовну співпрацю зі стейкхолдерами освітніх програм спеціальності 208 Агроінженерія, що відображено на сторінці кафедри (<https://www.pdaa.edu.ua/>) та у Facebook (<https://www.facebook.com/Agroengineering.PSAU>).

**УДК 631.363.2**

## **ОБґРУНТУВАННЯ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРЕСУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДЛЯ ГРАНУЛЮВАННЯ КОРМІВ**

**Тримбач С. П.**

здобувач,

**Степаненко С. П.**

кандидат технічних наук., с.н.с.,

*Національний науковий центр «Інститут механізації та  
електрифікації сільського господарства»*

*смт. Глеваха, Україна*

Тваринництво та рослинництво являються найголовнішими галузями в Україні для виробництва продуктів харчування. У сільському господарстві все частіше виникає питання про оптимізацію тваринництва, яка потребує удосконалення кормового процесу та забезпечення тварин якісними збалансованими кормами за конкурентною ціною та у потрібній кількості.

Корма - вихідна сировина для забезпечення тварин енергією і поживними речовинами, необхідними для підтримки життєдіяльності організму, його росту, розвитку і виробництва продукції. Аналізуючи світовий та вітчизняний ринок кормів можна з впевненістю сказати, що запорукою ефективного тваринництва є згодовування комбікормів у вигляді гранул, що дозволяє уникнути вибіркового поїдання кормів та забезпечити збалансованість раціонів годівлі. Гранулювання - це надання сипучій речовині форми гранул, як правило, циліндричної форми, що призводить до поліпшення технологічних властивостей гранульованого матеріалу: перешкоджає його злипанню; надає йому сипучості, що важливо для забезпечення можливості його використання невеликими порціями; полегшує навантаження, перевезення та зберігання тривалий час. Знищуються шкідливі бактерії, віруси та колонії цвілевих грибів, які виробляють токсини та можуть бути шкідливі і навіть небезпечні для здоров'я тварин, підвищується засвоюваність корму;

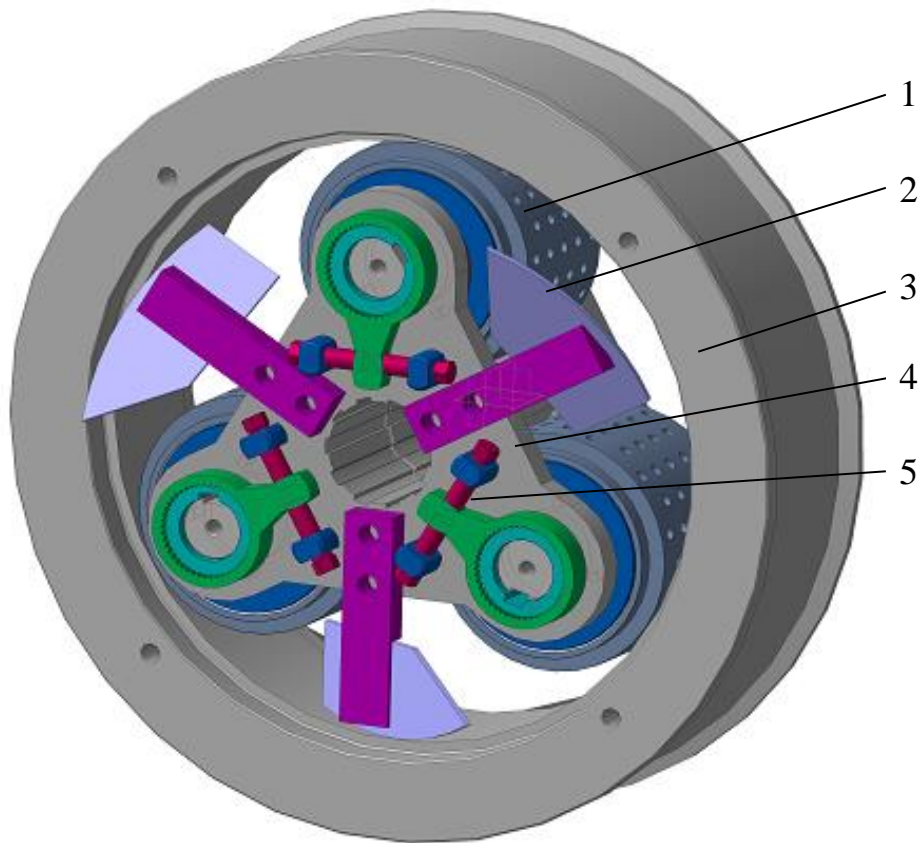
Збільшення виробництва гранульованих кормів потребує вдосконалення застосовуваних технологій, машин і устаткування та розробку їх робочих органів для підвищення якісних показників одержуваних кормів.



На даний час в Україні для гранулювання кормів застосовують різні прес-гранулятори, які мають різну продуктивність і потужність приводу, з різними робочими органами [1, 2]. Найбільш розповсюдженими та вживаними є наступні прес-гранулятори [3, 4]:

1. Пострадянські ОГМ-0.8; ОГМ-1.5; ДГ-1; Б6-ДГВ; ОПК-2.0;
2. Вітчизняні ГТ-\*\*\*Д (серія \*304, 500, 520, 630, 800) ТМ «Grantech»; ГУК (ТМ «Агротехнік»);
3. Закордонні PGPM F.lli Fragola S.p.a (Італія); PVB, PVR MABRIK, S.A. (Іспанія); СРМ Münch (Німеччина).

Найбільш досконалими пресуючими робочими органами перелічених прес-грануляторів являється спосіб використання кільцевої матриці з циліндричними роликами (рис.1).



- 1 – циліндричний ролик; 2 – живильна лопатка; 3 – кільцева матриця;  
4 – плита роликів; 5 – механізм регулювання;

Рис. 1 – 3-D модель нової конструкції пресувального механізму ПМР 3.

Подрібнена сировина потрапляє в камеру пресування де вона потрапляє між обертаючою кільцевою матрицею 3 та циліндричними роликами 1 (рис.1) та продавлюється в радіальні отвори матриці, де під великим тиском відбувається формування гранул. За допомогою живильних лопаток 2 остаток матеріалу подається під ролики, що дає змогу повторного гранулювання.

Камера пресування представляє собою простір в середині матриці де між плитами 4 розміщуються три циліндричні ролики 1. На кінці ексцентрикової вісі роликів встановлений регулювальний механізм 5, який представляє собою шліцеві втулки з важелями. Положення важеля фіксується двома гвинтами за допомогою яких регулюється зазор між матрицею і роликами. Змінюючи зазор (0,4-1,0 мм) між матрицею і роликом можна регулювати міцність гранул, зі зменшенням зазору підвищується тиск у зоні пресування і гранули отримуються більш щільними і міцними, але довговічність робочих органів преса зменшується.

Таким чином можна вважати, що продуктивність та надійність прес-грануляторів з кільцевою матрицею, забезпечення можливості регулювання якості одержуваних гранул вирішуються в основному за рахунок оптимізації: числа (для пресуючих роликів) і геометричних розмірів робочих органів пресуючої камери; конструкції кільцевої матриці; вдосконалення циліндричних роликів та пристроїв (живильних лопаток і регулювальних механізмів), що забезпечують вирівнювання шару матеріалу і регулювання мінімальної висоти шару пресованого матеріалу (мінімального зазору) між пресуючими роликами і кільцевою матрицею і силових навантажень на робочі органи; вдосконалення конструкції водила (плит пресуючих роликів).

#### Список використаних джерел

1. Братишко В.В. Механіко-технологічні основи приготування повнораціонних комбікормів гвинтовими грануляторами [Текст]: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Глеваха., 2017. – 43с.
2. Братишко В.В. Продуктивність та енергоємність процесу гранулювання зерно-стеблової кормосуміші гвинтовим гранулятором / В.В. Братишко // *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація : збірник наукових праць / Кіровоградський національний технічний університет*. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – Вип. 28. – С. 138-144.
3. Вайстих Г.Я., Дарманьян П.М. Гранулирование кормов: Приложение к журналу-приложению «Комбикормовая промышленность». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. - 143 с.
4. Субота С.В. Ефективність використання установки для виробництва паливних брикетів із рослинної сировини / С.В. Субота, Г.А. Голуб, С.П. Степаненко, В.О. Лук'янець // *Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний науковий збірник // ННЦ "ІМЕСГ" НААН України*. – Глеваха, 2012. – Вип. 96. – С.437-444.

## **РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ЛЬОНОСИРОВИНИ ДО ПЕРЕРОБКИ**

**Березовський Ю. В.**

д.т.н., доцент кафедри товарознавства,  
стандартизації та сертифікації, доцент

**Кузьміна Т. О.**

д.т.н., професор кафедри товарознавства,  
стандартизації та сертифікації, професор

**Єдинович Б. М.**

студент групи 4ЛПст факультету  
інтегрованих технологій

*Херсонський національний технічний університет  
м. Херсон, Україна*

У народному господарстві рослинництво займає одну з ключових позицій. Правильне ведення сільського господарства забезпечує країну високоякісними продуктами рослинництва та тваринництва. Зменшення рентабельності зернових і олійних підштовхує аграріїв до пошуку альтернативних культур.

Культивування льону – перспективна ніша для вітчизняного агробізнесу. Льон найбільш поширений в Північних областях України та в районі Полісся. Як і в усьому світі, в Україні вирощують льон-довгунець, з якого виготовляють технічні волокна і тканини для легкої промисловості і льон-кучерявець, з насіння якого отримують олію.

Стабільний ринковий попит і приваблива дохідність отримання насіння подвоюють його популярність для дрібних і середніх виробників. Великі агрохолдинги вирощуванням льону практично не займаються, віддаючи перевагу іншим культурам, в той час як середні і дрібні агропромислові господарства вже оцінили для себе перспективність цієї культури.

Однією із традиційних технічних культур, які давно культивуються в Україні, є льон.

Льон є цінною сировиною для текстильної, будівельної, целюлозо-паперової, фармацевтичної та інших галузей промисловості. З розвитком промислового виробництва синтетичних волокон, розширенням їх асортименту, цінність господарських та гігієнічних властивостей льоноволокна все ще залишається незмінною.

Сировина, яка переробляється на підприємствах первинної обробки, за загальною технологією передбачає підсушування сировини з підвищеною вологістю на сушильних установках до нормованої вологості та подальше її зберігання, складування у розворушеному стані окремо від загальної маси сировини і негайну її переробку.

Втрата сировини при зберіганні відбувається головним чином через надмірну її вологість, що є наслідком неправильного проходження заготівлі, укладання сировини, збирання сировини восени та навесні, коли вологість повітря надзвичайно висока.

При підвищеній вологості сировини температура всередині штабелів підвищується, що супроводжується самонагріванням матеріалу і приведенням його до непридатності. Тому в процесі тривалого зберігання важливо забезпечити збереження якості лляної сировини через негативну діяльність великої кількості целюлозоруйнівних грибів і бактерій, які значно знижують технологічну цінність волокна.

Свіжезаготовлена солома більш стійка до дії пектиноруйнівних грибів, ніж стебла льону, які були висушені, а збереження якісних показників лляної сировини може здійснюватися при вологості у снопі, що не перевищує 25 %, а також у рулоні – не більше 23 %, така норма часто змушує залишати сировину на льонищах, що може призводити до втрати міцності волокна.

Світовий досвід зі збереження продукції, характеризуючи дію пригнічення негативної мікрофлори, виділяє, в основному, хімічний спосіб впливу з використанням хімічних речовин; температурний – з регулюванням температурного режиму зберігання; спосіб зберігання в газових середовищах у контрольованій атмосфері – з підбором газових і температурних параметрів. Кожний спосіб по-своєму характеризує вплив на руйнівну мікрофлору, їх характер і ступінь впливу залежить від природи та концентрації речовин, умов проведення обробки, цілісності і керованості умов перебування об'єкта зберігання, а також кількісного і якісного складу мікрофлори, що зумовлює відповідні економічні показники, ефективність та використання спеціального складного обладнання.

Оскільки нині використання штучного підсушування лляної сировини не знаходить широкого застосування на практиці через значні теплоенергетичні витрати та металоємність обладнання, вітчизняна переробна промисловість потребує пошуку та розробки нової раціональної економічної технології зберігання лляної трести підвищеної вологості.

У наш час у зарубіжній і вітчизняній практиці для подовженого зберігання використовується цілий комплекс перспективних хімічних сполук, які мають антиоксидантні, фунгіцидні і бактерицидні властивості, що пригнічують життєдіяльність мікрофлори, а також десиканти, які зневоднюють, осушують стебловий матеріал, поглинають або хімічно зв'язують воду в середині нього, але все ще багато питань зі зберігання, так і залишаються невирішеними. У зв'язку з цим виникає необхідність в продовженні пошуку нових технологій, які гарантували б збереження фізико-механічних властивостей лляної сировини та були б доступними та економічно вигідними.

Згідно проведених досліджень встановлено, що такі консервуючі речовини, як карбамід, нітрат амонію, відпрацьований етоній пригнічують життєдіяльність целюлозоруйнівних мікроорганізмів, і, таким чином, забезпечують збереження фізико-механічних властивостей лляної трести. Найкращі результати збереження якості лляної трести досягаються при використанні розчинів консервуючих речовин концентрацією до 10 % за тривалості зберігання до 60 діб при вологості лляного матеріалу близько 35 %.

Під час здійснення досліджень також було з'ясовано, що установка порожнистих структур, яка була розроблена за принципом побудови бджолиних стільників, забезпечує зберігання лляної трести підвищеної вологості, є екологічно безпечною та може бути альтернативою застосуванню хімічних консервантів.

### **Список використаних джерел**

1. Голобородько П.А. Ресурсозберігаюча технологія вирощування льону-довгунця. Глухів, 2010. 30 с.
2. Дідух В.Ф., Дударев І.М., Кірчук Р.В. Збирання та первинна переробка льону-довгунця. Луцьк: ЛНТУ, 2008. 215 с.
3. Хилевич В.С. Изменение сохраняемости льнопродукции при ее хранении и мероприятия по повышению. Киев, 1992. 62 с.

**УДК 631.354.3**

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЛОПАТИ МОТОВИЛА СЕЛЕКЦІЙНОГО ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

**Кустов С.О.**

*Здобувач\*,*

**Степаненко С. П.**

*\* науковий керівник, кандидат технічних наук., с.н.с.,  
Національний науковий центр «Інститут механізації та  
електрифікації сільського господарства»,  
смт. Глеваха, Україна*

При вирощуванні насіннєвого соняшнику важливе місце займає збирання врожаю. Встановлено, що при збиранні порівняно невеликих за розмірами дослідних та селекційних ділянок пристрої обладнані мотомовилом втрачають менше насіння соняшнику ніж пристрої типу ПЗС [1-6]. Збирання соняшнику зернозбиральним комбайном із серійною жаткою з ексцентриковим мотомовилом призводить до значних втрат насіння [4, 6]: по-перше, при входженні планки мотомовила в рослинну масу відбувається вибивання насіння з кошиків в наслідок удару по них; спостерігається також перевалювання зрізаних кошиків через планку мотомовила та падіння їх на поле. Таким чином це фактично унеможливорює роботу зернозбирального комбайна з серійною жаткою на збиранні селекційних та насіннєво-селекційних ділянок.

Розглянемо лопать мотомовила радіусом  $R$ , проекцією якої на поздовжньо-вертикальну площину комбайна (жатки) буде дуга  $AB$  кола радіуса  $r$ .

Розглянемо систему координат  $X_I O_I Z_I$ , точка  $O_I$  якої зв'язана з віссю обертання мотомовила (рис. 1).



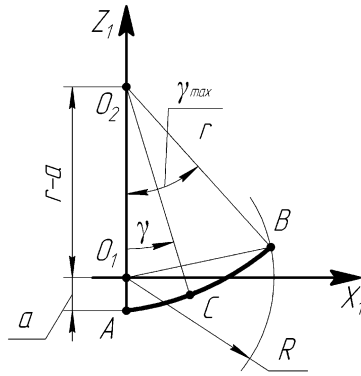


Рис. 1. Схема планки мотопила в системі координат зв'язаною з віссю обертання

Припустимо, що точка  $A$  дуги  $AB$  знаходиться на осі  $O_1Z_1$  та має зміщення вниз від осі  $X_1O_1$  на відстань  $a$ .

В такому випадку рівняння дуги  $AB$  в системі координат  $X_1O_1Z_1$  можна описати наступними залежностями в параметричному вигляді:

$$\begin{cases} X_1 = r \cdot \sin \gamma; \\ Z_1 = r \cdot (1 - \cos \gamma) - a; \\ 0 \leq \gamma \leq \gamma_{\max}. \end{cases} \quad (1)$$

де  $\gamma$  – кут сектора дуги, рад;

$\gamma_{\max}$  – максимальне значення кута  $\gamma$ , відповідає мотовилу з радіусом  $O_1B$  ( $R$ ) (рис.1).

Після проведення відповідних перетворень отримаємо:

$$\begin{cases} X_1 = r \cdot \sin \gamma; \\ Z_1 = r \cdot (1 - \cos \gamma) - a; \\ 0 \leq \gamma \leq \arccos \frac{1 + \left(1 - \frac{a}{r}\right)^2 - \left(\frac{R}{r}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r}\right)}. \end{cases} \quad (2)$$

Під час роботи лопать мотопила здійснює поступальний рух разом з комбайном вздовж осі  $OX$  зі швидкістю  $v$ , та обертальний навколо осі мотопила  $O_1Y$  з кутовою швидкістю  $\omega$ . Тому в системі координат  $XOY$ , зв'язаною з поверхнею поля можна розглянути рух лопаті мотопила, застосувавши поворот системи координат  $X_1O_1Y_1$  на кут  $\alpha$  зі зміщенням її на величину  $a$  вздовж осі  $OX$ .

Використавши формули перетворення координат отримаємо рівняння дуги  $AB$ :

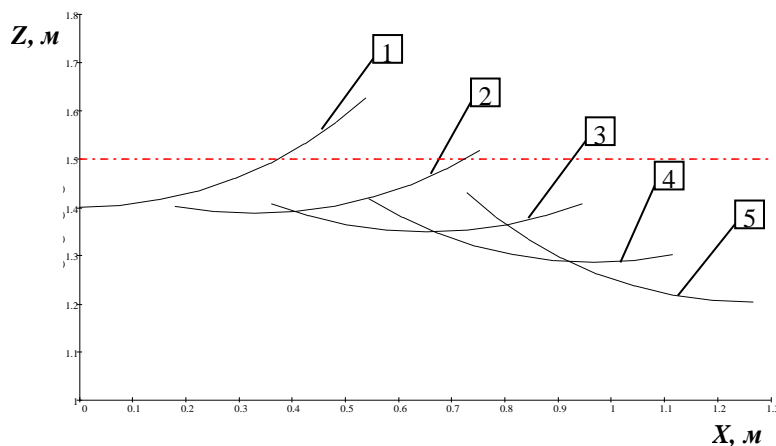
$$\begin{cases} X = b + X_1 \cdot \cos \alpha - Z_1 \cdot \sin \alpha; \\ Z = h + X_1 \cdot \sin \alpha + Z_1 \cdot \cos \alpha; \\ 0 \leq \gamma \leq \arccos \frac{1 + \left(1 - \frac{a}{r}\right)^2 - \left(\frac{R}{r}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r}\right)}. \end{cases} \quad (3)$$

Отже із врахуванням вище наведених залежностей рівняння дуги  $AB$  в системі координат  $XOZ$  в загальному вигляді матиме вигляд:

$$\begin{cases} X = v \cdot t + r \cdot \sin \gamma \cdot \cos(-\omega \cdot t) - (r \cdot (1 - \cos \gamma) - a) \cdot \sin(-\omega \cdot t); \\ Z = h + r \cdot \sin \gamma \cdot \sin(-\omega \cdot t) + (r \cdot (1 - \cos \gamma) - a) \cdot \cos(-\omega \cdot t); \\ 0 \leq \gamma \leq \arccos \frac{1 + \left(1 - \frac{a}{r}\right)^2 - \left(\frac{R}{r}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{a}{r}\right)}. \end{cases} \quad (4)$$

де  $b$  – переміщення мотовила вздовж осі  $OX$ , м;  $h$  – висота установки мотовила, м;  $v$  – швидкість руху комбайна, м/с;  $t$  – час руху, с;  $\omega$  – кутова швидкість обертання мотовила,  $c^{-1}$ .

Система рівнянь (4) описує рух проекції лопаті мотовила в часі. Використавши обчислювальну систему Mathcad отримали графічне відображення траєкторії руху лопаті мотовила в часі (рис. 2). Графічна залежність відображає рух лопаті при заданих значеннях параметрів:  $v = 1$  м/с;  $r = 0,75$  м;  $R = 0,6$  м;  $\omega = 1 c^{-1}$ ;  $a = 0,1$  м;  $h = 1,5$  м.



1 –  $t = 0$ ; 2 –  $t = 0,1$  с; 3 –  $t = 0,2$  с; 4 –  $t = 0,3$  с; 5 –  $t = 0,4$  с.

Рис. 2. Траєкторія руху лопаті мотовила селекційного зернозбирального комбайна в залежності від часу

**Висновок.** В результаті математичного моделювання отримано залежності, які описують рух лопаті мотовила селекційного зернозбирального комбайна. Встановлено умови для визначення раціональних значень швидкості

контакту мотовила з рослиною соняшника, а також обґрунтовано вплив параметрів мотовила на показники якості його роботи.

### **Список використаних джерел**

1. Иващук Н.Ф. Совершенствование технологического процесса уборки подсолнечника с разработкой пневматического улавливания семян: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Иващук Николай Филимонович; Одесский с.-х. ин.-т. – О., 1993. – 24с.
2. Гриднев, Е.К. Разработка технологий и технических средств уборки подсолнечника: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01: защищ. 20.05.1992: утверждена 15.11.1992 / Гриднев Евгений Константинович. – Глеваха, 1992. – 20 с.
3. Розробити та дослідити технології та засоби механізації для збирання насіння зернових, зернобобових, насінників трав: звіт про НДР (закл.) 40.02-030 / ННЦ «ІМЕСГ»; керівн. В.П. Богуславський. – Глеваха, 2010. – 114 с. – Інв. № 0106U011551.
4. Попов М.Ю. Совершенствование технологического процесса уборки подсолнечника обоснованием конструктивных и режимных параметров шнека-мотовила: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Попов Михаил Юрьевич, Саратовский гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2013 – 23с.
5. Грицака О.М. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів багатобарабанного молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна : автореф. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / О.М. Грицака; ННЦ «ІМЕСГ». – Глеваха, 2019. – 23 с.
6. Шевчук М.В. Обґрунтування процесу попереднього обмолоту зернових культур і параметрів робочого органа жнивarki / дис. ... докт.філософ.: 133 – Галузеве машинобудування (13 – Механічна інженерія) / Шевчук Михайло Вікторович; ЦНТУ. – Кропивницький, 2019. – 183 с.

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ РЕЖИМ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

**Телюта А. В.**

викладач, відділення «Електрифікація і автоматизація сільського  
господарства»

*Кропивницький коледж механізації сільського господарства*

**Телюта Р. В.**

к.т.н., доцент кафедри електротехнічних систем  
та енергетичного менеджменту

**Каліч В. М.**

к.т.н., професор кафедри автоматизації виробничих процесів, професор  
*Центральноукраїнський національний технічний університет  
м. Кропивницький, Україна*

Більшість електроприводів робочих машини на даний момент обладнані пускозахисною апаратурою та електродвигуном які виготовлені і змонтовані іще в минулому столітті. Заходам модернізації, через високу вартість засобів, не приділяється належної уваги. Внаслідок цього, спостерігається підвищене споживання електричної енергії, через відсутність встановлених засобів регулювання експлуатаційних режимів роботи електродвигунів при змінному навантаженні робочих машин. Тому розробка і впровадження енергозберігаючих засобів регулювання режимів роботи електродвигунів є досить актуальним питанням.

Як показують результати дослідження [1], залежність питомих втрат енергії в системі "електродвигун - робоча машина" в функції продуктивності носить спадаючий характер, і тому, можливо створення оптимізаційної системи навантаження робочої машини. За методикою, викладеною в [2], виконані розрахунки коефіцієнта втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні у функції коефіцієнта навантаження робочої машини, без урахуванням рівня живлячої напруги.

Згідно Г-подібної схеми заміщення асинхронного електродвигуна типорозміру 4A100S2Y3, фізичних явищ що відбуваються в ньому та його паспортних даних була запропонована методика аналітичного дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні в залежності від години доби, з врахуванням навантаження робочої машини та рівня живлячої напруги.

В результаті проведених досліджень була запропонована математична модель енергозберігаючого режиму роботи асинхронного електродвигуна та алгоритм її використання. Варіант такої математичної моделі наведено на прикладі приводу робочої машини з лінійно – зростаючою механічною характеристикою.

Алгоритм використання моделі наступний:

1. Приймаємо існуючий чи задаємо добовим значенням коефіцієнта навантаження  $k_z$  електродвигуна робочої машини зображеному на рисунку 1.

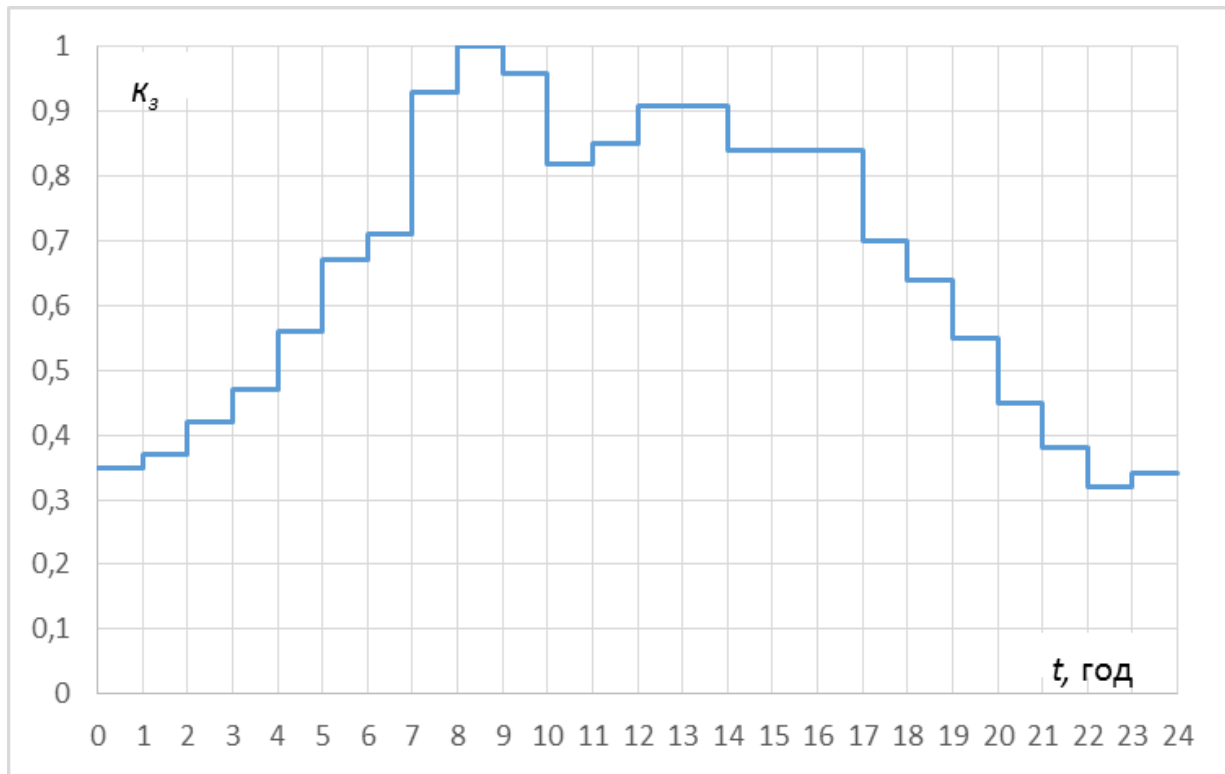


Рисунок 1. Завантаження електродвигуна на протязі доби

2. Для кожного погодинного періоду роботи електродвигуна задаємось різними значеннями кратності прикладеної живлячої напруги  $\kappa_U$ .

3. Визначаємо ковзання електродвигуна при відомому  $\kappa_3$  та заданих значеннях  $\kappa_U$ . На прикладі робочої машини з лінійно – зростаючою механічною характеристикою ( $\chi = 1$ ) ця залежність буде наступною:

$$s = \frac{\kappa_3 - m_0 s_n}{\frac{1 - s_n}{s_n} \kappa_u^2 + \kappa_3 - m_0},$$

4. Розраховуються загальні втрати активної потужності при різних значеннях кратності напруги:

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_m = k_u^2 \Delta P_{c.n} + 3(R'_1 + R''_2) \cdot \left( \frac{k_u^2 U_n^2}{\left( R'_1 + \frac{R''_2}{s} \right)^2 + (X'_1 + X'')^2} \right),$$

4. Знаходиться значення кратності напруги  $\kappa_u$  при якому втрати активної потужності будуть мінімальними:

$$\Delta P = \min.$$

Залежність втрат активної потужності від періоди доби з врахуванням зміни коефіцієнта завантаження  $\kappa_3$  та прикладеної напруги  $\kappa_u$  зображено на рисунку 2.



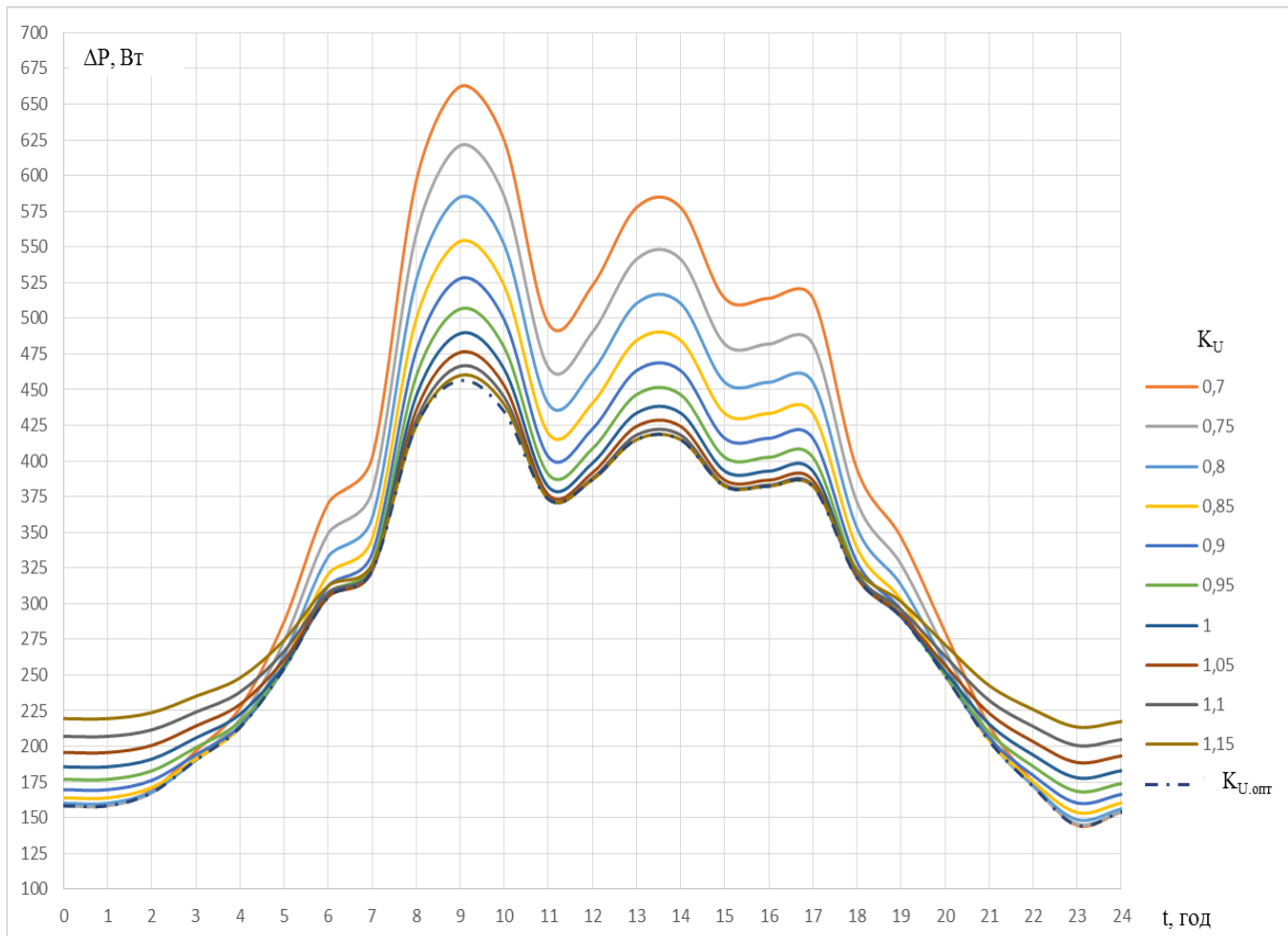


Рисунок 2. Залежність втрат активної потужності від періоду доби з врахуванням завантаження та прикладеної напруги

Аналіз залежностей значення втрат активної потужності електродвигуна на протязі доби від його завантаження та прикладеної напруги показав, що при зниженні напруги на затискачах електродвигуна відбувається зменшення коефіцієнта втрат активної потужності в ньому в діапазоні завантаження  $\kappa_z$  до 0,5. При завантаженні електродвигуна в межах  $\kappa_z \approx 0,5-0,7$  втрати є мінімальними при значенні напруги близькому до номінальної, а в діапазоні  $\kappa_z$  від 0,7 і вище коефіцієнт втрат буде зменшуватись при збільшенні напруги живлення.

Запропонована методика дозволяє досліджувати втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні з короткозамкненим ротором на протязі добового циклу роботи при різних значеннях коефіцієнта його завантаження та рівня живлячої напруги. Аналіз отриманої залежності втрат активної потужності показує, що вона носить нелінійний характер і, її використання дозволяє забезпечити енергозберігаючий експлуатаційний режим роботи асинхронного електродвигуна шляхом визначення оптимального рівня живлячої напруги при змінному завантаженні.

### Список використаних джерел

1. Постнікова М.В. Исследование потерь активной мощности в системе «электродвигатель – рабочая машина» /М.В. Постникова, Р.В. Телюта// Збірник науково-методичних праць ТДАТУ // Удосконалення навчально-виховного процесу в ВНЗ. – Вип. 11. Том 3 – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. С. 165 – 172.
2. Принципи побудови моделі дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип. 30. – Кіровоград: КНТУ, 2017. – 188-196 с.

### РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ АБРАЗІВНО-ФРИКЦІЙНОГО ЛУЩЕННЯ, СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ

**Влізько В.С.**

здобувач вищої освіти СВО «Магістр» спеціальність 208 Агроінженерія

**Ляшенко С.В.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів

механізації аграрного виробництва, доцент

*Полтавський державний аграрний університет*

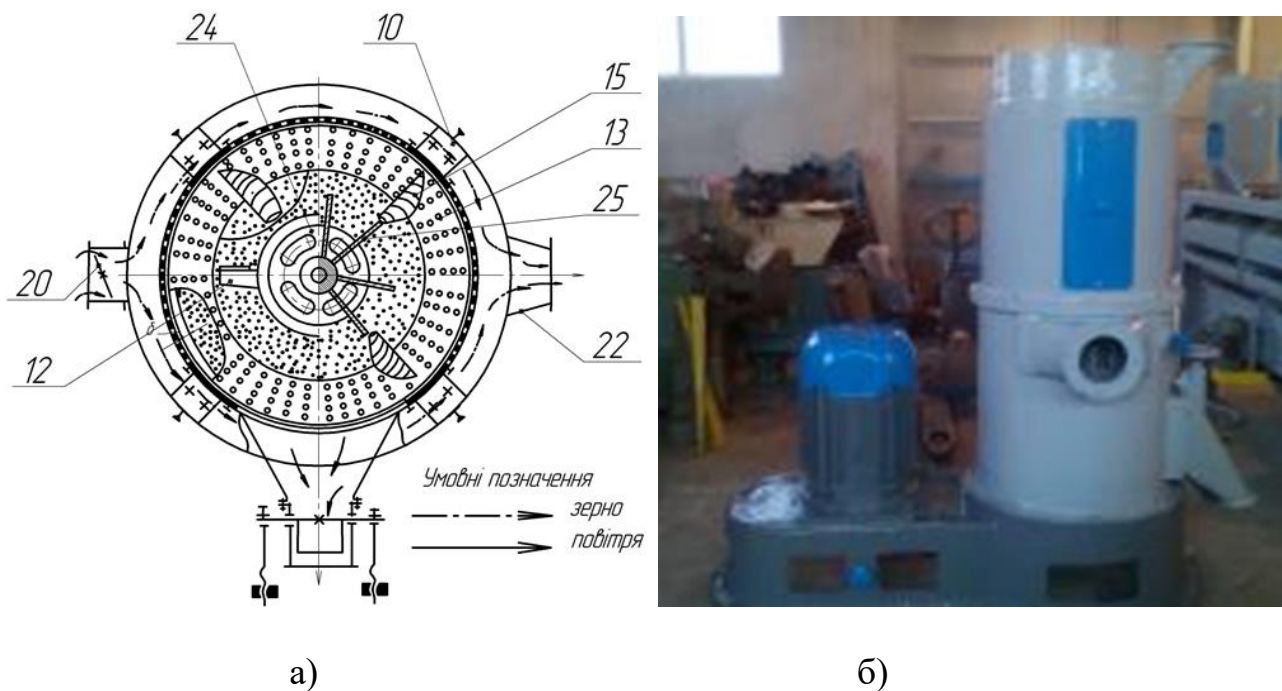
*м. Полтава, Україна*

В результаті проведених досліджень процесів абразивно-фрикційного лушення, сепарування зерна ячменю, був знайдений технічний розв'язок робочих органів модернізованої абразивно-луцильної машини, й розроблені вихідні вимоги на проектування й створення експериментально промислового зразка установки. Вони містять принципову схему й технічну характеристику [1].

Основою для модернізації конструкції робочих органів луцильної машини, з'явилися конструктивні параметри, оптимальні значення яких визначені за результатами дослідження. Основні вимоги до конструкції зводяться до наступного. Робоча область повинна складатися з п'яти зон, розділених проміжними напрямними конусами (рис. 1).

Довжина зони  $L = 0,12\text{ м}$ , прийомний фронт  $D = 450\text{ мм}$ , ширина розвантажувальної лінії  $B = 550\text{ мм}$ . Кут нахилу робочої зони напрямних конусів  $60^\circ$ . Діапазон регулювання режимних параметрів повинен становити: зазор  $0,1\text{ м} < \delta < 0,25\text{ м}$ , швидкість руху абразивних дисків  $0,2\text{ м/с} < V < 0,3\text{ м/с}$ .

У просвіті між горизонтальними поверхнями абразивних дисків установлені усічено-конічні направляючо-розподільні перфоровані кільця 13 із закріпленими на них профільними клиноподібними обтічниками 15 зернових потоків (рис. 1).



а) принципова схема; б) фото машини  
Рисунок 1. – Принципова схема та фото абразивно-дискової машини

Конструкція верхнього усічено-конічного перфорованого кільця 13 виконана із сита з кутом розкриття утворюючої конуса більше кута зовнішнього тертя сипучого матеріалу для рівномірної подачі й розподілу продукту по поверхні диска. На поверхні конічного кільця з кутом розкриття конуса менше кута тертя закріплені клиноподібні елементи, для силового заклинювання матеріалу між поверхнями. Між елементами 13 і 14 закріплені обтічники 15 зернових потоків.

Аспіраційне обладнання включає патрубок із заслінкою 20 для надходження зовнішнього повітря в кільцеву камеру, проходження його через ситові елементи конусів 13 і видалення через патрубок 22 [2].

По коловому контуру корпусу підшипника розташовуються отвори для рівномірної осьової подачі повітря в отвори фланців 24, між якими вбудовані відцентрові вентилятори 25 для видалення повітря через ситові поверхні 13. При роботі машини вихідне зерно подається через живильний патрубок на лопатевій розподільник потоку по контуру робочої зони машини.

Зерновий потік, що набігає на клиноподібні обтічники 15, розділяється пропорційно по напрямку руху зерна нагору й униз для контакту його як з нижньою, так і з верхньою робочими площинами суміжних дисків ротора машини. Такий розподіл сипучого матеріалу на два потоки дозволяє знизити питоме навантаження на одиницю корисної площі робочих поверхонь дисків і в максимальній мірі використовувати нормальні й дотичні напруження в шарі зерна для підвищення ефективності й рівномірності обробки його в процесі лущення, або шліфування.

Прийняте розташування обтічників 15 клиноподібної форми створює передумови найбільш раціонально використовувати суміжних поверхонь абразивних дисків 8, що дозволяє при меншій кількості їх підвищити продуктивність машини.

Процес обробки багаторазово повторюється в міру транспортування зерна до обладнання, що видаляє продукти переробки, по складних траєкторіях, з видаленням його через клапан з вантажем-противагою, що забезпечує зміну величини між зернового тиску в її робочій зоні й тривалості обробки продукту.

При зміні конструктивних і кінематичних параметрів робочої зони машини стає можливим її універсальне застосування для лущення й шліфування різних видів зернових культур.

### **Список використаних джерел**

1. Дударев І.Р. Методологічні аспекти застосування нових машин для одержання із зерна екологічно чистих продуктів. / І.Р. Дударев, П.І. Шевченко // Матеріали міжнародної конференції. / ОДГУ – О., – 1999. – С. 502–507.
2. Гапонюк О.И. Моделирование динамики виносу дрібнодисперсних частинок та квіткових оболонок зернових матеріалів у процесі лущення. / О.И. Гапонюк, А.А. Бакуменко, П.А. Подкалюк // Хранение и перераб. сырья. Ежемесяч. научно-практ. журн. – 1999. – №2. – С. 10–11.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИЧИНИ І ХАРАКТЕРУ ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТІЛЧАСТИХ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП**

**Гавриленко В.В.**

здобувач вищої освіти СВО «Магістр» спеціальність 208 Агроінженерія

**Ляшенко С.В.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів

механізації аграрного виробництва, доцент

*Полтавський державний аграрний університет*

*м. Полтава, Україна*

Результати стендових лабораторних випробувань зразків різальних елементів стрілочастих культиваторних лап на зношування, проведених за стандартною методикою з використанням обладнання [1], представлені в табл. 1.

Аналіз отриманих даних показав, що лінійне зношування по ширині культиваторних лап при застосуванні різних видів зміцнення зі збільшенням шляху тертя збільшується, але за різними закономірностями. Передусім це залежить від виду обробки, матеріалу основи деталі, а також технологічних режимів.

Таблиця 1. – Залежність лінійного зношування по ширині різального елемента від шляху тертя і способу зміцнення

Спосіб зміцнення		Лінійне зношування по ширині, мм Інтенсивність зношування, мм/км при шляху тертя					Середні значення	
		30 км	60 км	90 км	120 км	150 км	інтенсивності зношування $\bar{I}$ , мм/км	квадр. відхил. $\sigma_I \cdot 10^{-3}$ , мм/км
Об'ємне гартування		<u>2,15</u> 0,0717	<u>4,40</u> 0,0733	<u>6,55</u> 0,0728	<u>8,65</u> 0,0721	<u>10,85</u> 0,0723	0,072	0,574
Термомеханічне зміцнення на глибину, мм	0,50	<u>1,55</u> 0,0517	<u>3,05</u> 0,508	<u>4,55</u> 0,506	<u>6,05</u> 0,500	<u>7,45</u> 0,497	0,051	0,694
	0,75	<u>1,40</u> 0,0467	<u>2,80</u> 0,0467	<u>4,15</u> 0,0461	<u>5,45</u> 0,0454	<u>6,75</u> 0,0450	0,046	0,669
	1,00	<u>1,35</u> 0,0450	<u>2,65</u> 0,0442	<u>3,95</u> 0,0439	<u>5,25</u> 0,0438	<u>6,50</u> 0,0433	0,044	0,555
Індукційне наплавлення ПС-14-60		<u>1,25</u> 0,0417	<u>2,45</u> 0,0408	<u>3,70</u> 0,0411	<u>4,85</u> 0,0404	<u>6,05</u> 0,0403	0,041	0,487

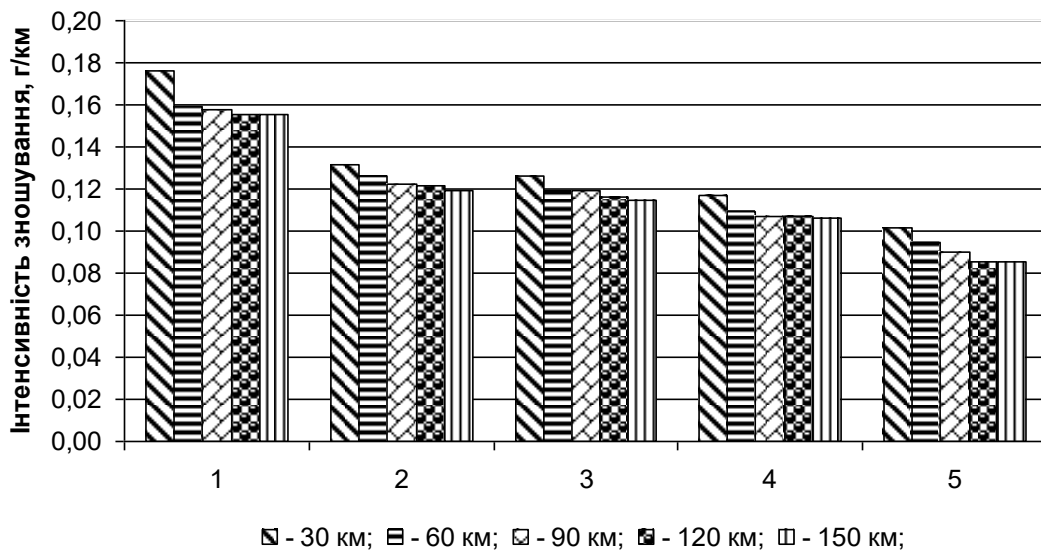
Наприклад, для зразків зі сталі 65Г, що зміцнені за термомеханічною технологією при напрацюванні 30 км лінійне зношування у 1,4...1,6 разів менше у порівнянні зі зразками після об'ємної термообробки, а при напрацюванні 150 км цей показник у 1,5...1,7 разів менший. Це обумовлено подрібненням структури і підвищенням твердості матеріалу зразків при дії на них термомеханічним способом. Крім цього на величину зношування впливає і поява ефекту самозагострювання різальних елементів.

Застосування індукційного наплавлення сплаву ПС-14-60 зменшує інтенсивність лінійного зношування в 1,2 рази у порівнянні з вище згаданими способами зміцнення. Зменшення інтенсивності зношування можна пояснити утворенням ряду карбідів і боридів в зоні індукційного впливу, які мають високу мікротвердість, а отже і зносостійкість. Оскільки в процесі абразивного зношування різальні елементи змінюються як по ширині, так і по товщині, то були проведені дослідження залежності величини і інтенсивності вагового зношування від способу зміцнення і довжини шляху тертя [2]. Результати досліджень представлені в таблиці 2 і на рис. 1.



Таблиця 2. – Залежність вагового зношування різального елементу від шляху тертя і способу зміцнення

Шлях тертя, км	Вагове зношування, г		
	Об'ємна термообробка	Термомеханічне зміцнення	Індукційне наплавлення ПС-14-60
30	5,296	3,948	3,776
60	9,554	7,576	7,15
90	14,221	10,998	10,706
120	18,675	14,542	13,906
150	23,273	17,924	17,206
Середня початкова вага зразків, г	128,096	128,154	127,206



1 – об'ємна термообробка; 2 – термомеханічне зміцнення; 3 – індукційне наплавлення сплаву ПС-14-60

Рисунок 1. – Інтенсивність зношування зразків різальних елементів стрічастих культиваторних лап зміцнених за різними технологіями.

З представленої вище таблиці 2 можна бачити, що при застосуванні термомеханічного зміцнення величина зношування по вазі зразків різальних елементів зменшується на 29...34% у порівнянні з традиційним об'ємним гартуванням. У випадку індукційного наплавлення сплаву ПС-14-60 спостерігали також зменшення величини зношування на 7...10%.

Інтенсивність зношування по вазі різальних елементів в початковий період напрацювання (до 30 км) дещо більша ніж у наступні періоди (рис. 1). Характерним є те, що при певному напрацюванні спостерігається стабілізація

інтенсивності зношування по вазі. Поява цього моменту залежить передусім від способу зміцнення.

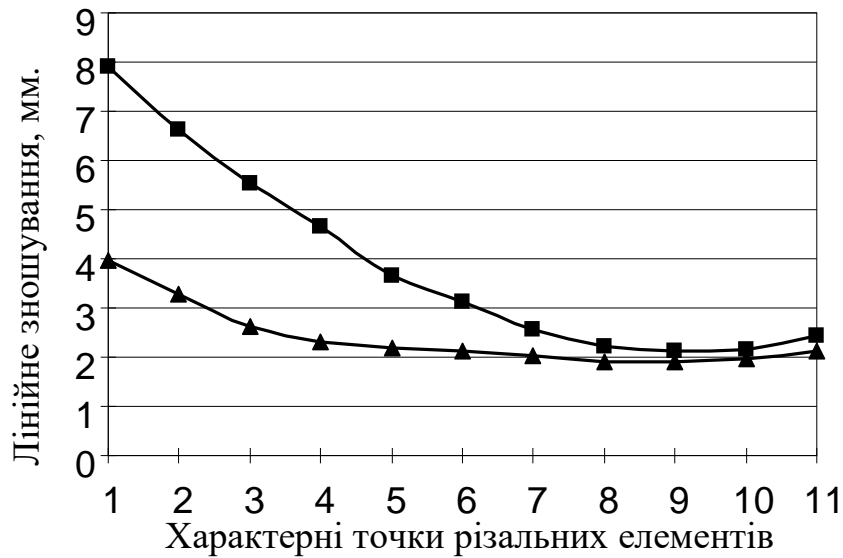
Спостереження за динамікою зміни різальної кромки показали, що при збільшенні шляху тертя відбувалися зміни її радіусу. Опрацювання даних з використанням програмного забезпечення дозволила визначити радіус різальної кромки стрілкової культиваторної лапи та його залежність від шляху тертя і способу зміцнення (див. табл. 3).

Таблиця 3. – Залежність радіусу різальної кромки від шляху тертя і способу зміцнення різального елемента стрілкової культиваторної лапи

Спосіб зміцнення		Радіус різальної кромки, мм				
		30 км	60 км	90 км	120 км	150 км
Об'ємне гартування		0,51	0,76	0,95	1,23	1,34
Термомеханічне зміцнення на глибину, мм	0,50	0,41	0,57	0,68	0,72	0,76
	0,75	0,37	0,52	0,60	0,63	0,64
	1,00	0,34	0,51	0,58	0,59	0,61
Індукційне напавлення ПС-14-60		0,32	0,39	0,46	0,50	0,52

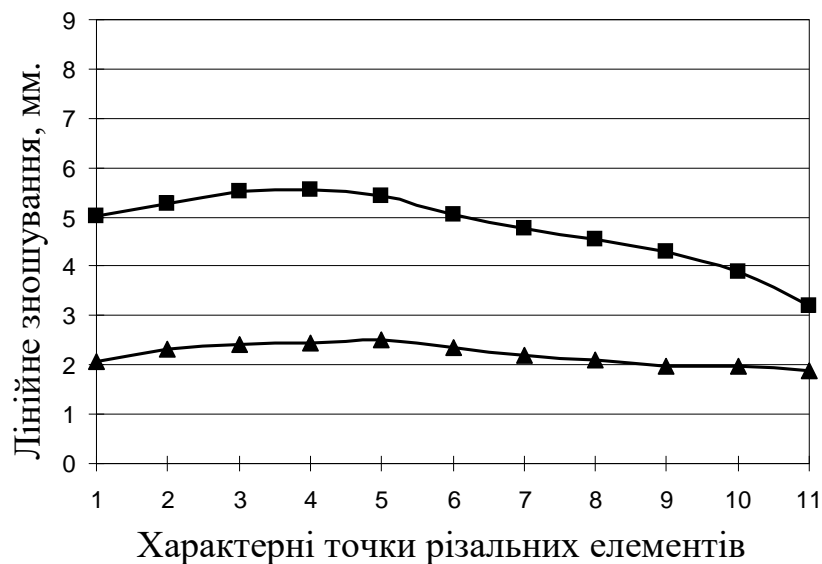
Аналіз даних показав, що найбільший радіус різальної кромки спостерігається при об'ємному гартуванні різального елемента. При термомеханічному зміцненні величина радіусу різальної кромки залежить від технологічних режимів обробки та матеріалу різального елемента. Виявлено, що при спостереженні ефекту самозагострювання, оптимальною є товщина зміцненого шару в межах 0,75...1,00 мм.

При індукційному напавленні сплавів ПС-14-60 товщиною до 1 мм виявлені найкращі умови виникнення і реалізації ефекту самозагострювання. Результати величини зношування в характерних точках профілю наведено на рис. 2. З рис. 2.а, видно, що при шляху тертя 30 км спостерігається максимальне зношування для точок 1-4, що знаходяться на різальній кромці. Увагу привертає той факт, що величина зношування у цих точках при термомеханічному зміцненні у 1,5...2,0 рази менша, а в точках 5-11 спостерігається майже однакове зношування.



▲ Термомеханічне зміцнення ■ об'ємна термообробка

а)



▲ Термомеханічне зміцнення ■ об'ємна термообробка

б)

а – 30 км; б – 60 км.

Рисунок 2. Залежність лінійного зношування в характерних точках профілю різальних елементів від способів зміцнення для різних шляхів тертя

З подальшим напрацюванням (рис. 2, б) для обох профілів спостерігається стабілізація лінійного зношування майже в усіх характерних точках. Разом з тим, величина зношування для різальних елементів термомеханічно зміцнених у 2,0...2,5 рази менша [3].

Виробничо-експлуатаційну перевірку результатів досліджень величини і характеру зношування різальних елементів стрічкових культиваторних лап

зміцнених за термомеханічною технологією проводили на весні 2021 року на полях СФГ «Відродження» Гребінківського району Полтавської області (рис. 3).



Рисунок 3. – Виробничо експлуатаційна перевірка культиватора

Результати проведених польових досліджень зразків культиваторних лап показали, що лінійне зношування по ширині леза при застосуванні різних видів зміцнення зі збільшенням шляху тертя збільшуються, але за різними закономірностями. Це обумовлено структурними змінами зміцнених шарів, підвищенням їх твердості та появою ефекту самозагострювання. Дослідження вагового зношування різальних елементів та його інтенсивності при термомеханічному зміцненні зменшується на 29...34% у порівнянні з традиційним об'ємним загартуванням. Спостерігається при певному напрацюванні деяка стабілізація інтенсивності зношування по вазі. Це передусім обумовлено зміною форми профілю різальних елементів і радіусу різальної кромки в процесі припрацювання.

### **Список використаних джерел**

1. Пат. 34499 Україна, МПК А 01 В 39/00. Установка по моделюванню руху робочих органів ґрунтообробних машин / С.В. Ляшенко, Г.О. Лапенко, Є.Я. Прасолов, В.В. Лавренко.; заявник та власник С.В. Ляшенко. – № 200803911; заявл. 28.03.2008; опубл. 11.08.2008, Бюл. № 15..
2. Гранкін С.Г. Надійність сільськогосподарської техніки/ С. Г. Гранкін, В. С. Малахов, М. І. Черновол та ін.; за ред. В. Ю. Черкуна.– К.: Урожай, 1998. – 208 с..
3. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування; / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний // За ред. М.І.Черновола.–К.: Урожай, 2001. – 384 с.

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ ВПРОВАДЖЕННЯ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ПРИ ВИВЧЕННІ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ

**Канівець О. В.**

к. т. н., доцент кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет*

**Канівець І. М.**

к. пед. н., доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет*

**Горда Т. М.**

викладач-методист  
*ВСП «Полтавський політехнічний фаховий коледж  
Національного технічного університету «ХПІ»  
м. Полтава, Україна*

Сучасний світ неможливий без широкого впровадження у всі сфери нашого життя комп'ютерних засобів та цифрових технологій, які зробили великий стрибок у розвитку і розширенні сфер їх використання.

Технологія доповненої реальності (Augmented Reality, AR) – середовище із доповненням фізичного світу цифровими даними в режимі реального часу за допомогою комп'ютерних пристроїв, яка не так давно використовувалася переважно у військовій промисловості та комп'ютерних іграх. Зараз вона проникла практично в усі сфери соціальної діяльності людини: економіку, медицину, архітектуру, рекламу, освіту і т.д.

Однією із задач професійної підготовки студентів технічних спеціальностей є розвиток їх просторового мислення, яке необхідне для якісного читання креслеників. Саме ж навчання читання креслеників вимагає від студентів додаткових зусиль. Візуалізація об'єктів у різних проекціях та орієнтаціях, а також маніпуляція уявними тривимірними моделями для створення двох або трьох плоских видів для студента є великою проблемою, яку можна вирішити різними навчальними засобами: плакатами, фотографіями, технічними рисунками та фізичними моделями.

У закладах вищої освіти при вивченні дисципліни «Інженерна графіка» та «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» в якості додаткових навчальних засобів прийнято використовувати тривимірні фізичні моделі або вузли сільськогосподарського призначення. Але використання фізичних моделей має ряд недоліків: висока вартість; обмежена кількість; поломки моделей у процесі експлуатації та труднощі в переміщенні.

Для усунення даних недоліків доцільно використовувати електронні моделі виробів, які легко завантажити із інтернет-ресурсів на смартфон чи планшет та працювати з ними на екрані гаджета.



Саме на можливостях доповненої реальності побудовано відображення цифрових моделей на планшетах та смартфонах. На відміну від мультимедіа та віртуальної реальності (VR), AR відображає електронні об'єкти як голограми, що накладені на реальний світ. Доповнена реальність частково заміняє фізичний світ, який включає в себе додаткову цифрову інформацію (наприклад, віртуальні плоскі та тривимірні об'єкти) для розширеного та полегшеного сприйняття реальних моделей.

У зв'язку з цим колектив авторів розробив мобільний додаток «Програма доповненої реальності для допомоги у виконанні завдань із проекційного креслення» [1]. Робота додатку показана на рисунку 1.

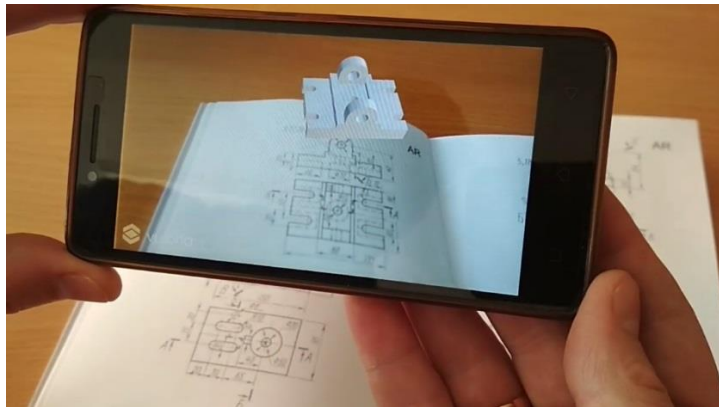


Рисунок 1 – Демонстрація роботи мобільного додатку

Для перевірки ефективності розробленого додатку та методичного забезпечення, протягом 2018-2020 р.р. в умовах навчального процесу закладів освіти під час вивчення розділу «Проекційне креслення» навчальної дисципліни «Інженерна графіка» проводився педагогічний експеримент, метою якого стало експериментально довести, що розроблений AR-додаток допомагає підвищити рівень підготовки майбутніх інженерів із даного розділу.

Педагогічний експеримент проводився в закладах вищої освіти, фахової передвищої освіти та професійно-технічної освіти: Полтавська державна аграрна академія, Полтавський університет економіки і торгівлі, Гадяцьке вище професійне аграрне училище, ВСП «Полтавський політехнічний фаховий коледж НТУ «ХП». Експериментальне дослідження здійснювалось у три етапи: констатувальний, пошуковий, формувальний.

Під час констатувального етапу експерименту був проведений аналіз стану проблеми в науковій та методичній літературі; проводилося анкетування здобувачів освіти та визначався стан їхньої підготовки за результатами вхідної та підсумкової успішності із навчальної дисципліни «Інженерна графіка».

Під час пошукового етапу експерименту здійснювалася сама розробка мобільного додатку доповненої реальності «Програма доповненої реальності для допомоги у виконанні завдань із проекційного креслення» [2].

Під час формувального етапу експерименту перевірялася на практиці ефективність AR-додатку та методичного забезпечення, а також здійснювалося

опрацювання, перевірка, систематизація та узагальнення результатів аналізу проблеми, констатувального та пошукового етапів експерименту.

Також під час проведення експерименту було проведено анкетування здобувачів освіти, за результатами якого зробили висновки, що у більшості випадків, студенти використовують смартфони як калькулятори або для пошуку інформації, а найчастіше – для переписки у соціальних мережах. Але за рахунок впровадження у навчальний процес AR додатку під час вивчення навчальної дисципліни «Інженерна графіка» вдалось частково ліквідувати даний недолік.

Порівняння результатів підсумкової успішності здобувачів освіти експериментальних (ЕГ) та контрольних (КГ) груп за даними екзаменаційних сесій представлено на рисунку 2.

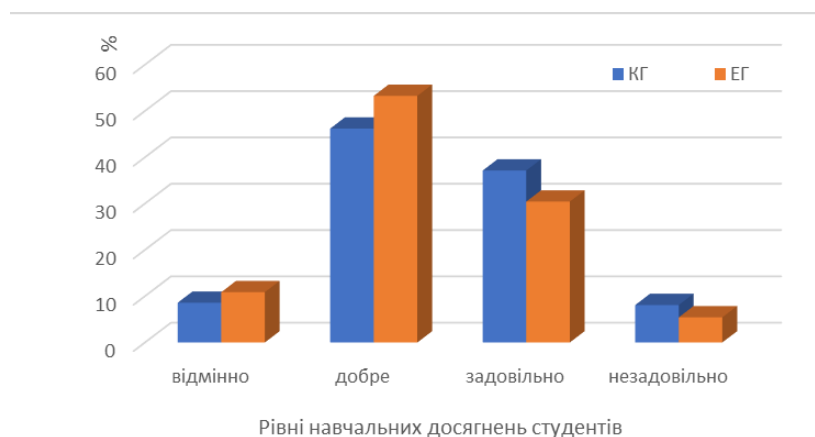


Рисунок 2 – Діаграма порівняння результатів успішності студентів

Отже, в процесі навчання з використанням AR-додатку відбувся зріст якості знань здобувачів освіти із навчальної дисципліни «Інженерна графіка», тобто, навчання можна вважати ефективним. Загалом, якісний показник успішності здобувачів освіти ЕГ із даної навчальної дисципліни вищий на 9,3 %, ніж у контрольних, а абсолютний – на 2,7 %. Позитивний ефект відбувся за рахунок впровадження в навчальний процес розробленого нами додатку доповненої реальності та його методичного забезпечення.

#### Список використаних джерел

1. Kanivets, O. V., Kanivets, I. M., Kononets, N. V., Gorda, T. M., & Shmeltser E. O. (2020). Development of mobile applications of augmented reality for projects with projection drawings. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2019)*, CEUR-WS.org, Vol-2547, 262-273. Retrieved from <http://ceur-ws.org/Vol-2547/>.
2. Kanivets, O. V. (2019). Programma dopolnennoj real'nosti dlja pomoshhi v vypolnenii zadach po proekcionnomu chercheniju (The program is augmented reality to assist in the implementation of the projection plotting tasks). URL: <https://youtu.be/xtNwNpgIzaQ>.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

**Іванкова О. В.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент,

**Діденко Д. В., Грінько В. В., Романенко А. О.**

здобувачі вищої освіти СВО «Бакалавр» спеціальності 208 Агроінженерія,  
*Полтавський державний аграрний університет*  
*м. Полтава, Україна*

Аграрне виробництво щорічно в результаті передчасного виходу з ладу деталей механізмів і систем двигунів втрачає мільйони гривень.

Складна конструкція колінчастих валів ДВЗ, наявність великої кількості концентраторів напруги, а також умови роботи, що відрізняються дією знакозмінних навантажень, обумовлюють високі вимоги, що до їх якості.

В процесі експлуатації колінчастого валу виникають різні дефекти. Спочатку виявляють дефекти валу: тріщини та задири шатунних і корінних шийок; зношення поверхонь валу під шків; зношення поверхні валу під фланець, знос отворів під штифти фланця, знос шпонкових пазів валу, знос установчого штифта; згин валу; биття торцевої поверхні валу під фланець.

Тому, доцільним є пошук нових способів та розробка технологій відновлення вище вказаних дефектів колінчастих валів, направлених на підвищення зносостійкості деталі. Прогресивними методами відновлення зношених деталей машин з поверхневим зміцненням є: електролітичний метод, газотермічне напилювання, електродугове наплавлення, лазерна обробка, плазмове напилювання (рис. 1) [1, 2].

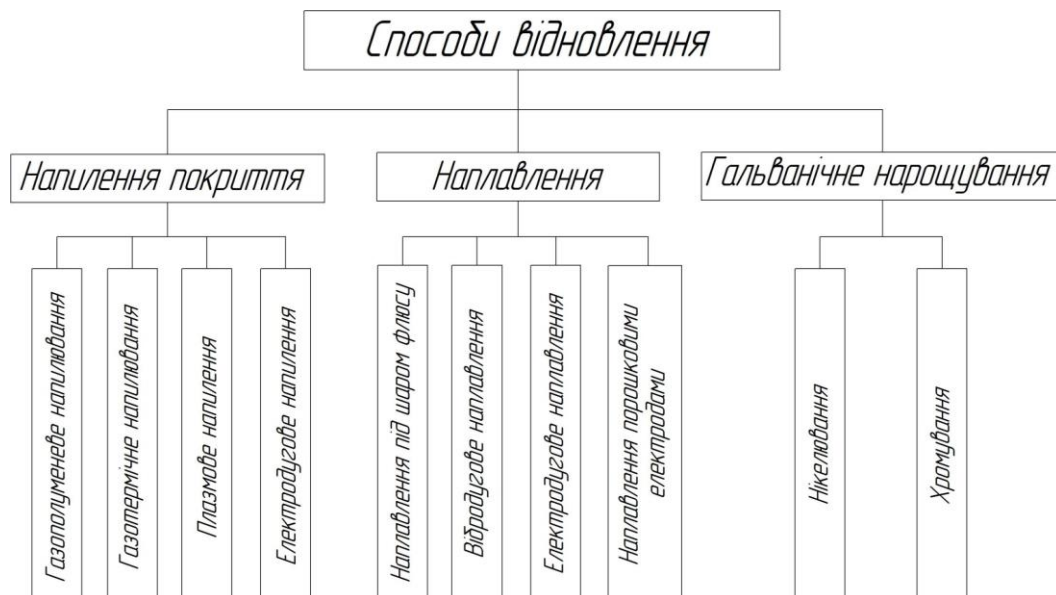


Рисунок 1 - Способи відновлення колінчастих валів

Нами проведений порівняльний аналіз методів відновлення. Встановлено, що використання традиційних методів наплавлення значно підвищує собівартість ремонту і, внаслідок дії високих температур спричиняє зміни властивостей матеріалу. Отже, не забезпечуються необхідні характеристики якості відремонтованої деталі [1].

Серед методів, які чинять мінімальний термічний вплив, не змінюють структуру серцевини відновлених деталей, з точки зору технологічності і економічності найбільш доцільною є технологія електроіскрового нарощування. Він ґрунтується на використанні явищ електричної ерозії і перенесення металу анода (інструменту) катод, тобто на нарощувану поверхню деталі при проходженні іскрових розрядів між ними [2].

Попри те, що останнім часом накопичений великий теоретичний і експериментальний матеріал по використанню цього способу, на нашу думку доцільно сформулювати вимоги та розробити конкретні практичні рекомендації по режимах процесу відновлення конкретних деталей на ремонтних підприємствах.

Метод електроіскрового легування (нарощування) може бути альтернативним до традиційних технологій відновлення деталей з поверхневим зміцненням. За деякими ознаками, зокрема, низька енергоємність, малогабаритне і мобільне технологічне обладнання, процес є екологічно чистим, він переважає більшість традиційних методів.

Отже, ми виявили оптимальний метод для відновлення зношених поверхонь деталей техніки, який формує зносостійку поверхневу структуру, має низьку температуру процесу, що виключає утворення зони термічного впливу. Враховуючи простоту використовуваного для електроіскрової обробки обладнання, цей метод відновлення може бути рекомендований для застосування в майстернях технічного сервісу. Зважаючи на приведені вище дані, актуальним завданням залишається використання електроіскрової обробки та розробка технологій відновлення конкретних деталей сільськогосподарської техніки. Це вимагає виконання досліджень по впливу електродних матеріалів та параметрів режиму процесу на властивості поверхонь відновлених деталей.

### **Список використаних джерел**

1. Іванкова О. В., Гаращук О. В., Куценко В. І., Щербина В. В., Чижевський Д. В., Бабич Я. В., Тіхонов М. О. Дослідження методів відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки. Вісник ПДАА. 2020. № 4. Criview article 621.9.48 doi: 10.31210/visnyk 2020.04.36
2. Богатчук І. М. Реставрація поверхонь шипів хрестовин карданних валів автомобілів за допомогою електроіскрового нарощування / І. М. Богатчук, І. Б. Прунько // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: збірник наукових праць. Тематичний випуск: Автомобіле- та тракторобудування. – Харків. 2015. – № 8 (1117). – С. 36-41.

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**Іванкова О. В.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент,

**Общий Я. О.**

здобувач ступеня PhD спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
*Полтавський державний аграрний університет  
м. Полтава, Україна*

Сучасні методи відновлення зношених деталей машин спрямовані на досягнення максимального післяремонтного ресурсу роботи машини, не поступаючи, а іноді і перевищуючи ресурс роботи нової деталі за ту саму вартість або і набагато меншу. Важливе і актуальне завдання галузі технічного сервісу - впровадження таких технологій відновлення деталей машин [1].

Отже, основним напрямком забезпечення високої роботоздатності сільськогосподарської техніки є відновлення зношених деталей, а для ресурсозбереження та здешевлення ремонтних робіт в агропромисловому комплексі – розробка та впровадження інноваційних технологій відновлення зношених деталей.

Однією з основних причин неправильної роботи і як наслідок виходу з ладу автотракторних двигунів є знос робочих поверхонь блоків циліндрів.

Мета дослідження - розробка сучасного економічно – вигідного способу відновлення основних дефектів блоків та автотракторних двигунів.

Об'єктом дослідження є зношені поверхні блоків циліндрів автотракторних двигунів і розробка способів їх відновлення.

Велика кількість різних типів напруг, які виникають через складність конструкцій та специфічні умови експлуатації блоків циліндрів обумовлюють високі вимоги їхньої якості. Наслідком цього є висока вартість нових деталей, тому важливо правильно підібрати ефективний і найбільш підходящий методи ремонту та відновлення деталей, котрі спрацювалися або вийшли з ладу.

Під час відновлення дефектів, зазвичай використовуються методи [1,2]: зварювання з попереднім нагрівом деталі; холодне зварювання чавуну; газове зварювання кольоровими сплавами без підігрівання деталі; запаювання; закладання епоксидною пастою. Дані способи мають свої переваги та недоліки.

Зварювання, паяння, закладання епоксидною пастою – методи відновлення таких часто виникаючих дефектів як: тріщини, сколи, раковини.

Частою проблемою блоків циліндрів деяких виробників є прокручування вкладишів колінчастого валу. В такій ситуації використовується наплавлення з подальшим розточуванням під потрібний розмір [2]. Дефекти: знос «ліжка» колінчастого валу, зноси отворів, зноси та пошкодження різьб, корозія поверхонь, котрі труться відновлюють: наплавленням, нанесенням гальванічного покриття, газотермічним наросуванням та іншими способами [1].



Покриття зміцнюючим шаром дозволяє суттєво підвищити надійність та довговічність машин та обладнання, відновити зношений робочий поверхневий шар і збільшити термін експлуатації дороговартісних деталей. Вони швидко розвиваються та вдосконалюються, бо ці методи дозволяють отримати шари необхідної товщини, міцності та якості покриття і разом з цим – не змінюють основний шар матеріалу.



Рисунок 1 - Наплавлення «ліжок» колінчастого валу до розточування і після розточування

Практика підприємств технічного сервісу показує, що для відновлення зношених поверхонь гільз циліндрів, зносів та подряпин на площині роз'єму блоку та головки циліндрів та інших дефектів доволі широко використовується метод електроіскрового нарощування (легування) [3]. При чому, процес відбувається без демонтажу гільз. Дефекти блоків, гільз циліндрів та інших деталей, в тому числі і чавунних техніки закордонного виробництва успішно відновлюють електроіскровим нарощуванням. Зокрема, гільзи циліндрів двигуна CAT-3116, DXi 11 та «Вольво» відновлюють безпосередньо на автомобілі без зняття блоку з машини, з використанням установки «БІГ-4». В якості електродом використовують дріт з ніхрому Х20 Н80 діаметром 2 мм, потім осаджують покриття міддю.

Перевагою способу електроіскрового нарощування перед іншими способами нанесення покриттів є: забезпечує високу міцність з'єднання отриманого шару; не мають термічний вплив на матеріал деталі; робить можливим використання зміцнення окремих місць деталі без розбирання вузла. Електроіскрове нарощування має такі позитивні якості: низьку енергоємність, мобільне і малогабаритне технологічне обладнання. Процес ЕІО екологічно чистий. Він переважає більшість традиційних методів відновлення деталей.

#### Список використаних джерел

1. Технология ремонта машин / [В.И. Червоноиванов В.В. Бледных, А.Э. Северный и др.] под. ред. Е.А. Пучина.- М.: Колос. 2007 – 488 с.

2. Effect of vibration treatment on increasing the durability of tillage equipment working bodies / A. Dudnikov, O. Ivankova, O. Gorbenko, A. Kelemesh. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2021.- С.104-108 ISSN 1729-3774 DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228606

3. Бурумкулов, Ф. Х. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) / Ф. Х. Бурумкулов, П. П. Лезин, П. В. Сенин, В. И. Иванов, С. А. Величко, П. А. Ионов. – Саранск: Красный Октябрь, 2003. — 340 с.

## **ВПЛИВ МАТЕРІАЛУ ЕЛЕКТРОДУ НА ЯКІСТЬ ВІДНОВЛЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ**

**Іванкова О. В.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент,  
*Полтавський державний аграрний університет*  
*м. Полтава, Україна*

**Бартош В. Ю.**

директор  
*ТОВ «Авто-Моторна Компанія»*  
*м. Полтава, Україна*

Забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей деталей техніки для аграрного виробництва гарантує виконання запланованого обсягу робіт. Висока якість відремонтованих поверхонь забезпечить підвищення терміну служби сільськогосподарської техніки. Це досягається через використання новітніх технологій ремонту спрацьованих поверхонь [2].

Конструкційні матеріали, з яких виготовлені деталі машин впливають на показники надійності і визначають ремонтпридатність машин. Сьогодні існує велика кількість низькотехнологічних матеріалів. Існують високі вимоги до умов експлуатації матеріалів, з яких виготовлені ці деталі. А також високі вимоги до хімічного складу відновних покриттів та способів та методів їх нарощування.

Тому, наразі важливим є проведення досліджень не тільки по вибору методів та способів відновлення поверхонь, що були спрацьовані і по підборі електродних матеріалів та режимів їх нанесення [1, 2].

Мета - виявити вплив складу електродів на властивості нарощуваного шару, а саме: на мікроструктуру та на величину твердості, міцність зчеплення нанесеного шару з поверхнею деталі, стійкість до зношування відновлених поверхонь.

Об'єкт досліджень - зміна характеристик поверхонь відремонтованих деталей, а також зміна експлуатаційних характеристик в залежності від параметрів режиму ЕЮ та від хімічного складу аноду.

В залежності від матеріалу деталей та способів їх виготовлення у значній мірі залежать спосіб відновлення і вибір технології нарощення покриття. Також від матеріалу зношених деталей залежить вибір матеріалу електродів (анодів) чи порошків.

Деталі, виготовлені із зносостійких твердих матеріалів, а саме, високо вуглецевих та високохромистих сплавів, чавунів та заєвтектоїдних сталей найкраще відновлювати технологіями з використанням висококонцентрованих джерел енергії [2]. До них відноситься електроіскровий метод (ЕІО). Застосування ЕІО робить можливим використання електродів, які близькі до цих матеріалів за властивостями.

З часу відкриття подружжям науковців Лазаренків (1943 р.) методу електроерозійного обробітку матеріалів науковці та виробничники успішно розвивали цей метод обробки [3, 4]. Дослідницькі роботи проводилися в плані розробки технологічних процесів обробки металів, які ґрунтуються на використанні імпульсних електричних розрядів, в тому числі, ЕІО.

Суть електроіскрової обробки. По електродах в момент розряду проходить дуже потужний ( $10^5$ - $10^6$  А/мм<sup>2</sup>) імпульс, у міжелектродному проміжку температура збільшується до 10000-15000°C. Крапельки металу, які викидаються імпульсом струму з поверхні анода, переносяться на деталь і твердіють, сплавляючись з матеріалом поверхні деталі. Відбувається легування шару поверхні деталі. Утворюються високотверді включення цементиту і гартівних структур, нітридів та карбонітридів [2, 5].

Метод електроіскрової обробки ще називається електроіскровим легуванням (ЕІЛ).

Якість нарощеного ЕІЛ шару залежить від декількох параметрів: параметрів режиму обробки: електричних та кінематичних, а також від якості легуючого і легуваного матеріалів.

Вибір матеріалу для електродів [2, 3] залежить від механічних характеристик матеріалу деталі, яка відновлюється та від умов її експлуатації.

Дослідження масопереносу. При ЕІЛ масоперенос матеріалу з анода на катод може відбуватися в газоподібній, твердій та рідкій фазах, отже в покритті утворюються різні фази. На якісні характеристики нарощеного шару впливають параметри процесу електроіскрової обробки. Дослідженню взаємозв'язку режимів обробки присвячено багато наукових робіт [2, 3, 4].

Як показує аналіз літературних джерел [1, 2, 4, 6] та експериментальні дослідження, найвища зносостійкість буде формуватися у разі нанесення легуваних матеріалів. Електрод (анод) з легуваних матеріалів має високу стійкість до ерозії. Проведення оцінки якості та ефективності покриттів з хромистих сплавів видається доцільним.

Анодом для досліджень брали ряд легуваних сплавів, які відрізняються вмістом хрому і вуглецю та забезпечують підвищення зносостійкості.

Рівень залежності впливу показників процесу ЕІО оцінювали, використовуючи метод планування експерименту - 2<sup>4</sup>. Основними чинниками були: концентрація у металі анода вуглецю - ( $X_1$ ), вміст хрому - ( $X_2$ ); енергія імпульсу,  $E_{\text{и}}$  - ( $X_3$ ) та кількість проходів електроду,  $n$  - ( $X_4$ ). Необхідно знати їх сумісну дію [2, 3].

Перевірка поліномної моделі показала, що вона адекватна. Найбільший приріст катода отримуємо, коли енергія імпульсу і кількість проходів електроду на верхній межі значень. І також, коли концентрації хрому і вуглецю в аноді на - нижньому. Вуглець і хром не впливають на приріст катода, але суттєво впливають при взаємодії з енергією імпульсу,  $E$  і числом проходів електроду,  $n$ .

Мікроструктуру утворених шарів відновлених деталей вивчали після обробки 4% розчином азотної кислоти. Після нанесення шару електродами 1,5%С і 30,0%Cr за 1 прохід сформувалась дрібнозерниста мартенситна голчаста структура (рис.1 а), а після 3 проходів – крупнозерниста ферито-перлітна (рис. 1.б). При утворенні шару проходами понад трьох з'являється неоднорідність структури, яка спричиняє зростання внутрішніх напружень [6].

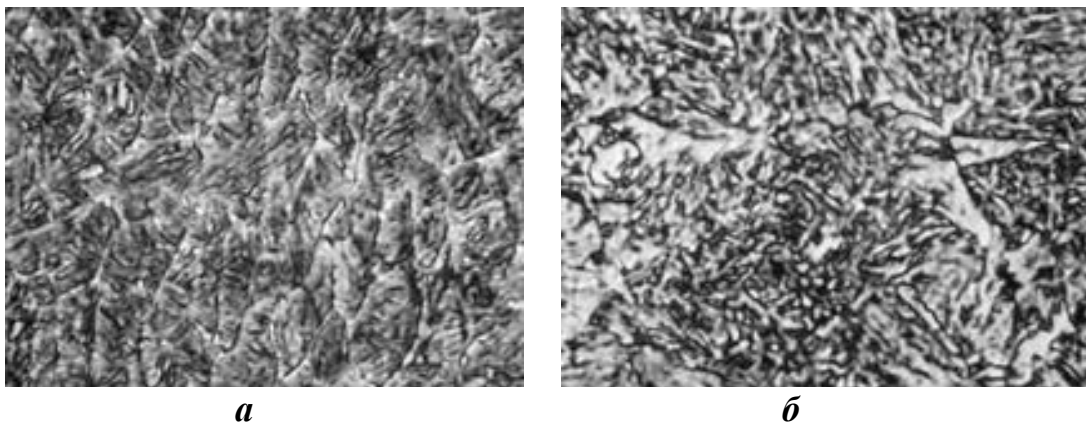


Рисунок 1 - Мікроструктура покриття а - 1 прохід електроду; б - 3 проходи електроду

Мікротвердість зразків ( $H_m$ ) визначали на приладі ПМТ-3 з навантаженням  $P=50$ г. Середнє значення  $H_m$  обчислювали з 5 вимірювань; середньоквадратичне відхилення складало  $\pm(20...30)$  [3].

Аналіз зміни твердості показує, що зона термічного впливу змінюється незначно. Але нарощений шар електродами із сплаву 1,5%С і 30,0%Cr отримує твердість у 2,18 рази вище твердості основного металу [2, 3].

Випробування на зносостійкість зразків без покриття і з нанесеним покриттям показують, що найбільш висока зносостійкість покриття досягається при обробці низьковуглецевими, високовуглецевими або легованими електродами. У табл. 1 приведені результати досліджень на знос.

Таблиця 1 - Результати випробування зразків на зносостійкість

Матеріал покриття	Маса зразка, г		Зміна маси, г	Величина зносу порівняно зі сталлю Ст.3
	початкова	кінцева		
Ст. 3	86,37	83,91	2,46	1,0
Сталь 40Х	88,40	86,68	1,72	0,70
СтальШХ15	79,95	79,62	0,33	0,13
Чавун сірий	89,15	88,05	1,10	0,45



Аналіз експериментальних даних показує, що при нарощенні покриття на сталі Ст.3, 40Х доцільно використовувати анодом леговані матеріали з високою концентрацією хрому. Треба враховувати також те, що крім підвищення зносостійкості вони дають високу корозійну стійкість, жаростійкість і низьку схильність до графітизації і утворенню тріщин.

**Заклучення та висновки.** Проведені дослідження дозволили розробити математичну модель, що характеризує роль параметрів режиму електроіскрового нарощування і вмісту основних компонентів, - хрому і вуглецю на якість нарощуваного шару. Отже, на підставі результатів цих досліджень підтверджується, що масоперенос металу з анода на катод визначається матеріалом анода, кількістю проходів електрода та енергією імпульсу. При нарощуванні електродами із сплаву 1,5%С і 30,0%Cr (150Х30) твердість підвищується у 2,18 рази у порівнянні з твердістю основного металу. Найбільш висока зносостійкість в покритті досягається при використанні анодів з високовуглецевих легованих хромом матеріалів. Міцність зчеплення забезпечується на рівні від 350 МПа до 644 МПа.

Тому, метод електроіскрового легування може бути застосований для відновлення конкретних зношених деталей сільськогосподарської техніки, є актуальною задачею, яка вимагає проведення подальших досліджень по застосуванню електродних матеріалів та параметрів режимів процесу.

### Список використаних джерел

1. Surface Hardening of 40KH Steel by Electric-Spark Alloying / S. I. Kryshchtopa, D. Y. Petryna, I. M. Bogatchuk, I. B. Prun'k. // Journal Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2017. – С. 40–45.
2. Повышение качества покрытий нанесенных электроискровым методом / Т. С. Скобло, А. Д. Мартыненко, А. В. Харьяков, А. В. Тихонов, А. Н. Килимник // Вісник Харк. держ. техн. ун-ту сіл. госп-ва: зб. наук. пр. / ХДТУСГ. - Харків, 2004. - Вип. 23: Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні. - С. 191-198
3. Іванкова О. В., Велит І. А., Бартош В. Ю., Якименко Д. І. Дослідження впливу електродних матеріалів на властивості поверхні деталей при відновленні методом електроіскрового легування. «Modern scientific researches» Minsk, Belarus. Issue No13 Part 1 October 2020. С. 34-41. doi: 10.30889/2523-4692.2020-13-01-02
4. Богатчук І. М. Реставрація робочих поверхонь штовхачів клапанів двигунів електроіскровим легуванням з застосуванням мідних електродів / І. М. Богатчук, І. Б. Прунько // Проблеми трибології. - 2016. - № 3. - С. 69-72. -
5. Поверхневе зміцнення сталі 40Х електроіскровим легуванням [Електронний ресурс] / С. І. Криштопа, Д. Ю. Петрина, І. М. Богатчук, І. Б. Прунько, В. М. Мельник // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2017. - Т. 53, № 3. - С. 56-62.
6. Саржанов Б. А. Новий спосіб підвищення якості покриттів при відновленні деталей методом електроерозійного легування / Б. А. Саржанов. // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк, 2019. – С. 96–102.



## **СИСТЕМА НАВЧАННЯ – ЗАПОРУКА БЕЗПЕЧНОЇ ПРАЦІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ**

**Лапенко Т. Г.**

к.т.н., доцент, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності  
*Полтавський державний аграрний університет  
м. Полтава, Україна*

Кого, чому і як навчати, як організувати і як забезпечити результативність процесів навчання? Тобто йдеться про необхідність не просто вдосконалення існуючої, а про створення принципово (якісно) нової системи навчання з охорони праці.

Чому потрібно вчити. Цілі і завдання навчання

*По-перше*, тому що людина втрачає знання в результаті природних людських особливостей - поступово забувати отримані (наявні) знання. За деякими даними чоловік щорічно втрачає близько 20 % раніше отриманих знань, тому знання, отримані у ВНЗ, швидко застарівають: у інженерів - через 5-10 років, а у високотехнологічних областях - через 3 роки.

*По-друге*, знання застарівають в результаті оновлення та поповнення нормативно-правової та інформаційної бази. Це призводить до того, що багато фахівців в чому не володіють відомостями про сучасні методи управління охороною праці та нових регламентуючих вимог.

*По-третє*, оновлення кадрового складу, вибуття досвідчених працівників та прийняття нових, яким початкові знання необхідні для професійної адаптації.

До числа основних цілей і завдань навчання відносяться наступні:

- ліквідація розриву між кваліфікаційними вимогами до посади та професійними якостями працівників, шляхом підвищення компетенції у зв'язку зі зміненими напрямками розвитку підприємства;
- первинне навчання та перенавчання персоналу у відповідності зі специфікою виконуваних робіт, реалізуючи стратегію нарощування інтелектуального потенціалу, спрямовану на вирішення актуальних бізнес - і організаційних завдань;
- побудову корпоративної культури;
- мотивація персоналу.

Досвід організації охорони праці на передових підприємствах країн Заходу свідчить про те, що значне поліпшення навчання робітників є основним чинником, що обумовлює низький виробничий травматизм. Власники підприємств, менеджери зрозуміли, що робітники потребують безперервного навчання протягом усього терміну роботи, у проведенні заходів, що забезпечують підтримання необхідного рівня знань і навичок у сфері охорони праці, вони не шкодують ні часу, ні коштів на ці цілі, оскільки витрати на навчання окупаються швидко. Теоретичні знання та практичні навички працівника в області професійної безпеки розглядаються як найважливіша, складова і рівноцінна частина його кваліфікаційного рівня.

В основу організації та процесів навчання повинні бути покладені такі принципи:

- обов'язковість (загальність) навчання всіх категорій працівників;
- системність;
- диференційованість процесів навчання;
- безперервність;
- компетентність;
- постійне вдосконалення і забезпечення випереджаючого (попереджувального) навчання на рівні нових технологій і вимог міжнародних стандартів;
- контроль і оцінка знань.

*Загальність* означає, що навчанню підлягають працівники усіх категорій - від власника (керівника) підприємства до рядового виконавця. Практично це свідчить про те, що до роботи не можуть допускатися працівники, які не пройшли в установленому порядку навчання з питань охорони праці, в тому числі інструктаж, стажування, перевірку знань.

*Системність навчання* полягає в тому, що процеси навчання здійснюються планомірно відповідно до графіків, що розробляються службою охорони праці і керівництвом підрозділів; контроль за термінами і якістю навчальних процесів здійснює система охорони праці.

*Диференціювання* означає, що порядок (періодичність, тривалість програми) навчання повинні встановлюватися з урахуванням характеру, категорій персоналу, що навчаються і виконання функцій (обов'язків) та робіт, інших факторів, пов'язаних із забезпеченням безпеки.

*Безперервність* означає, що навчання всіх категорій працівників має здійснюватися системно, постійно протягом всієї трудової діяльності, тим самим реалізується умова - безперервна освіта через усе життя.

*Компетентність* є необхідною умовою навчального персоналу і категорією, що характеризує результат навчання; включає також необхідність використання в процесах навчання самого широкого спектра форм і методів навчання, які носили б активний характер, дозволяли б залучити і мотивувати працівників у процеси поповнення та оновлення професійних знань, у підвищенні професійної компетентності.

Постійне вдосконалення передбачає використання передових (прогресивних) форм навчання, поетапний перехід від знання загальних вимог до глибших знань і здійснення професійної діяльності, впровадження модульних технологій навчання, впровадження процесного та цільового методів організації та управління (для посадових осіб), психологічного забезпечення (супроводу), методів аналізу стану охорони праці та ін.

Контроль і оцінка знань є необхідними умовами системи навчання і можуть здійснюватися як планомірно незалежно від процесів навчання, наприклад, в процесі атестації, так і безпосередньо після закінчення процесів навчання. Результати контролю та оцінки знань служать підставою для вирішення питання про допуск працівника до виконання трудових обов'язків або про можливість

подальшого службового зростання. Порядок контролю знань повинен бути регламентований відповідним положенням, а оцінка повинна свідчити насамперед про професійну компетенцію працівника

Усі навчальні процеси можуть здійснюватися в різних формах, з використанням різних методів і засобів: лекції, заняття, тематичні семінари та конференції, тренінги, ділові (рольові) ігри, при цьому заняття доцільно будувати на принципах проблемної орієнтованості і діалогічності.

В основу навчання можуть бути покладені також аудіовізуальні лекції, що включають тривимірну і плоску графіку, відеоролики, фотозображення, схеми, графіки і т.д., що дозволяє засвоїти матеріал, що викладається значно швидше, ніж при традиційних способах (методах) вивчення.

**Висновки.** 1. Безперервне Системне навчання і розвиток персоналу є необхідними умовами безпечного проведення робіт та отримання системного позитивного результату. Навчання заради самого навчання нікому не потрібно.

Ключовими особливостями, які повинні знайти відображення в більш досконалій системі і навчання є:

- застосування найрізноманітніших форм і методів активної передачі знань;

- формування самонавчальної організації на основі застосування більш активних навчальних технологій, використання накопиченого в цій області вітчизняного і зарубіжного практичного досвіду.

2. Підтвердженням функціонування процесів навчання служить наявність:

- навчального (тематичного) плану, програми навчання, переліку питань, затверджених наказами керівника підприємства, а також переліку документів та інших нормативно-правових актів, відповідно до яких проводиться навчання та перевірка знань;

- графіків навчання та перевірки знань, затверджених керівниками підрозділів;

- квитків, підготовлених на основі затвердженого переліку питань, які підписані відповідним працівником і затверджені головою комісії з перевірки знань;

- протоколів перевірки знань, оформлених за встановленою формою.

3. Але головна умова результативності навчання полягає в наявності бажання у самих працівників вчитися. Ось чому так важливий мотив зацікавленості.

### **Список використаних джерел**

1. Основи професійної безпеки та здоров'я людини: підручник. / В.В. Березуцький [та ін]: під ред. проф. В.В. Березуцького. Харків: НТУ «ХПІ», 2018. 553 с.
2. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці НПАОП 0.00-4.12-05. Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці 26.01.20002 № 15.

## РЕЗУЛЬТАТИ ПЕРЕВІРКИ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ МАЛОГАБАРИТНОГО МОБІЛЬНОГО ПОДРІБНЮВАЧА ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ

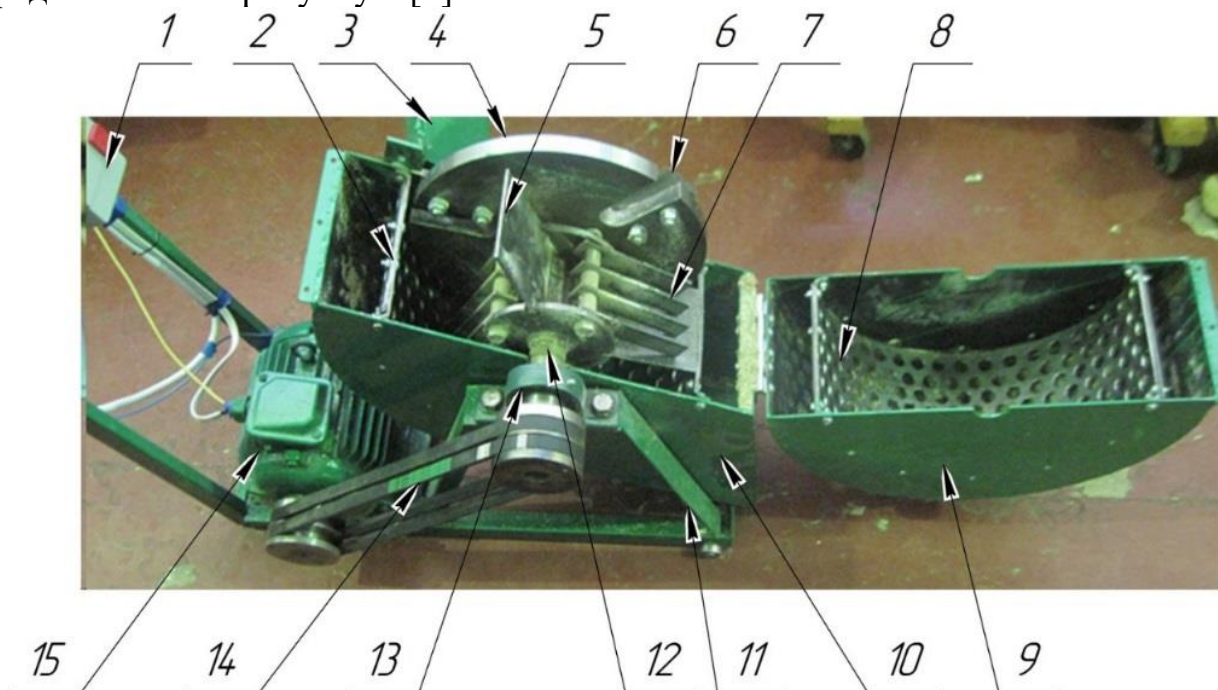
**Ляшенко С.В.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет*  
*м. Полтава, Україна*

При проведенні експериментальних досліджень поставлена мета: за рахунок моделювання подрібнення відходів деревини визначити зміни гранулометричного складу подрібненого паливного матеріалу в залежності від діаметра отворів решета та зміни частоти обертання робочого валу. А також перевірити гіпотезу про позитивний вплив каліброваних решет на ступінь рівномірності подрібненого паливного матеріалу та енергетичні витрати.

Лабораторні дослідження проводилися на спроектованій, запатентованій машині для подрібнення відходів деревини, науковцями кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва інженерно-технологічного факультету Полтавської державної аграрної академії [1].

Конструктивна схема машини для подрібнення відходів деревини представлена на рисунку 1 [1].



1 – пульт керування; 2 – планка кріплення решета; 3 – завантажувальний бункер; 4 – диск кріплення ножів; 5 – лопаті вентилятора; 6 – різальний ніж; 7 – подрібнювальні молотки; 8 – решето; 9 – верхній кожух; 10 – нижній кожух; 11 – рама; 12 – робочий вал; 13 – опорний підшипник; 14 – клинопасова передача; 15 – електродвигун.

Рисунок 1. – Загальний вигляд машини для подрібнення відходів деревини на паливний матеріал

Машина для подрібнення відходів деревини працює наступним чином див. рис. 1. Вмикаємо машину даємо час на розгін диску на якому закріплені ножі, беремо матеріал і подаємо в завантажувальний бункер 3 ніж 6 розрізає частину матеріалу, яку в подальшому до подрібнюють молотки 7. Крильчатка 5 забезпечує рух по колу за напрямком обертання подрібнених частин різного розміру. Решета 8 слугують сепарувальним елементом машини для отримання заданої фракції подрібненого матеріалу. Завдяки повітряному потоку рештки подрібненої деревини видаляються через вивантажувальний отвір.

Результати перевірки якісних показників роботи малогабаритного мобільного подрібнювача відходів деревини показали, що основним технологічним параметром якості подрібнення відходів деревини є довжина подрібненої частинки деревини.

Аналіз результатів розподілу подрібнених частинок по довжині представлені на рис. 2.

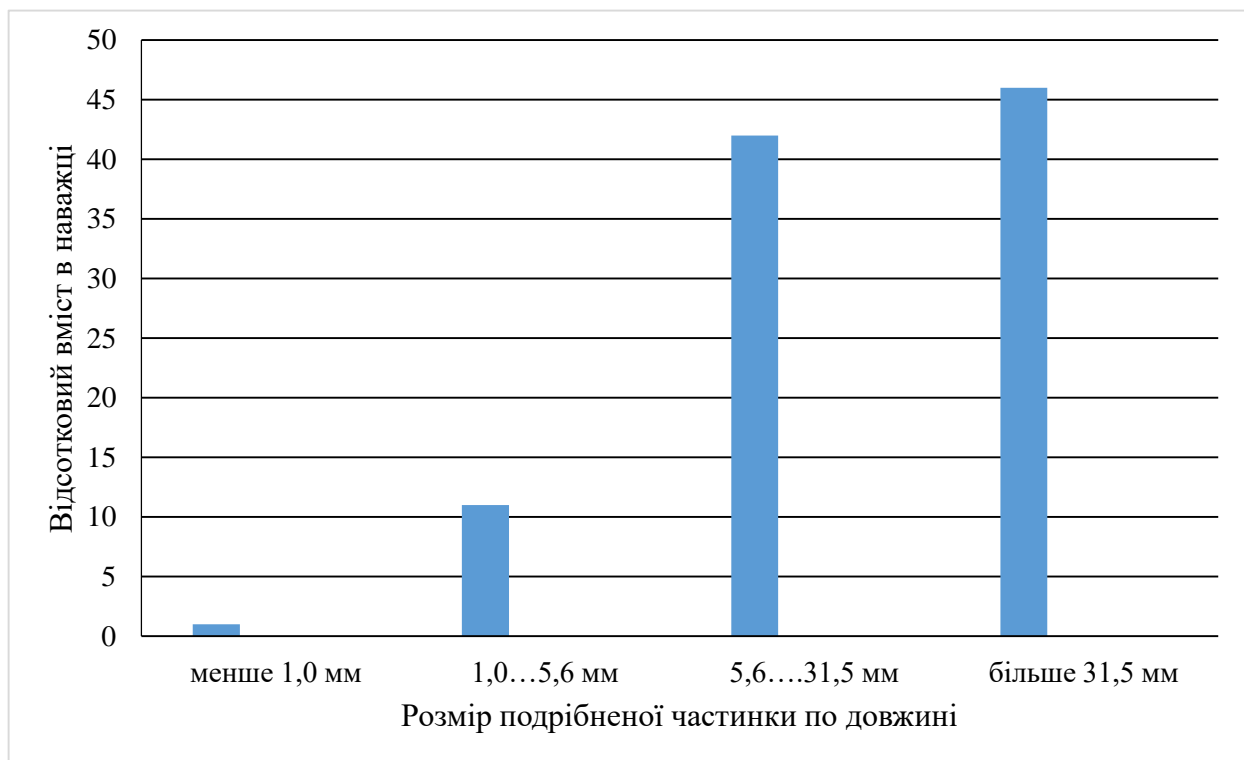


Рисунок 2 – Гістограма розміру подрібнених частинок по довжині

Аналізуючи опрацьовані результати гранулометричного складу подрібнених частинок деревини, потрібно відмітити найвищий відсоток фракції, що відповідає вимогам ДСТУ «Тріска деревна для непромислового використання» [2], становить 88%.

Отже, як бачимо з результатів проведених досліджень середньої довжини частинки подрібнених відходів деревини, подрібнений матеріал можна віднести за стандартом класифікації до класу P100 CEN/TS 14961:2005, див табл. 1. Якість подрібнених відходів деревини залежить від її розміру, вологості. Розмір



по довжині частинок важливий з точки зору її транспортування механічними пристроями, що використовуються в котлах для спалювання.

Таблиця 1. – Клас якості тріски за стандартом CEN/TS 14961:2005

Клас якості	Розмір основної фракції (що становить більше 80% по вазі)	Розмір дрібної фракції(становить менше 5% по вазі)	Розмір грубої фракції(становить менше 1% по вазі)
P100	$3,15 \leq P \leq 100$ мм	< 1 мм	макс. 1% > 200 мм
%	87,3%	12,1%	0,6%
Вага, кг	0,873	0,121	0,006

Якщо партія подрібненого матеріалу дуже неоднорідна, то є ймовірність їх блокування в механізмах подачі. Приміром, тріска, що містить великі шматки може заблокувати шнековий конвеєр рис. 3.

Як показали результати спостереження за процесом горіння вихід летких речовин з деревини починається вже при температурі  $105^{\circ}\text{C}$ , тому при  $200^{\circ}\text{C}$  вони швидко спалахують, прискорюючи процес зростання температури.



Рисунок 3. – Котел для спалювання подрібнених відходів деревини

Цей процес тривалий за часом за рахунок певної кількості дрібних летких речовин, що мають різні температури займання в межах  $105...230^{\circ}\text{C}$  див рис. 4. Дослідженням встановлено, що з початку процесу горіння відбувалося розкладання гемі-целюлози ( $200...260^{\circ}\text{C}$ ) а потім, при більш високій температурі, розкладання целюлози ( $240...350^{\circ}\text{C}$ ) та лігніну ( $280...500^{\circ}\text{C}$ ). За час горіння при температурі  $400...500^{\circ}\text{C}$ , через зниження летючої горючої частки в зразку матеріалу, настає максимум температури горіння. Після видалення летких продуктів піролізу в процесі горіння, залишається вуглиста речовина, що характеризується дуже високою пористістю і реакційною здатністю. Лише

пористі матеріали, які утворюють твердий вуглистий залишок при нагріванні, можуть самостійно підтримувати тліюче горіння.

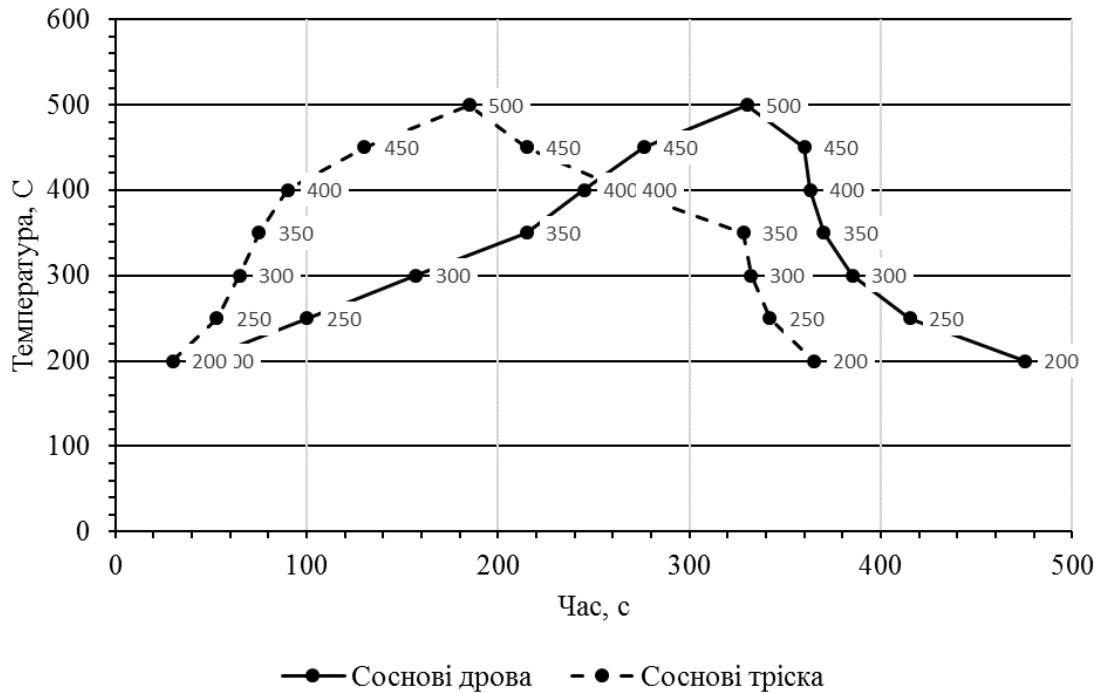


Рисунок 4. – Графік зміни з часом температури горіння соснової тріски та соснових дров

Слідом за припиненням полум'яного горіння починається тління, яке розвивається всередині матеріалу, що залишився. Тління продовжувалося до тих пір, поки тепло зберігалось в області реакційної поверхні. Вага утвореної золи в процесі згорання подрібнених відходів деревини становила 0,2 г або 0,44% початкової ваги.

Отже, за результатами дослідження якісних показників паливного матеріалу (подрібнені відходи деревини), процес горіння залежить від декількох характеристик. В першу чергу, від складу подрібненого матеріалу, вологості, вмісту летких компонентів, щільності, пористості, розмірів часток і площі активної поверхні. Підвищення вологості подрібнених деревних відходів призводить до зменшення теплоти згорання палива, збільшення обсягу продуктів згорання, до зниження температури горіння і впливає на вибір технологічного процесу спалювання. Встановлено, що для забезпечення оптимального процесу горіння з мінімальними викидами від неповного згорання подрібнених відходів деревини, необхідно забезпечити підтримання високої температури горіння, досить тривалого часу перебування матеріалу в камері згорання і оптимального перемішування паливних газів з повітрям.

#### Список використаних джерел

1. Пат. 125965 Україна, МПК В 27 L 11/02. Тріскоріз / Ляшенко С.В., Бублик А.В., Пошивайло Ю.О., Іванов О.В., Калініченко В.М.; заявник та власник ПДАА - № 201800808; заявл. 29.01.2018; опубл 25.05.2018, Бюл.№10.

2. Твердое биотопливо. Обеспечение качества. Часть 4. Щепа древесная для непромышленного использования (EN 15234-4:2012, IDT) ДСТУ EN 15234-4:2013. Введ. 27.12.2013. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 10 с.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДЛЯ ПІДКРІПЛЕНИХ ЕЛІПСОЇДАЛЬНИХ ОБОЛОНОК

**Майбородіна Н. В.**

к. ф.-м. н., ст. викладач кафедри природничо-математичних та  
загальноінженерних дисциплін,

**Герасименко В. П.**

ст. викладач кафедри електроенергетики, електротехніки  
та електромеханіки,

*ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут",  
м. Ніжин, Україна*

На сьогоднішній день в основному розглянуто гармонічні коливання підкріплених оболонок простої геометрії (циліндричні, конічні, сферичні) [1]. Результати по вимушеним коливанням оболонок складної форми розглянуто в роботах [2 – 5].

Метою даної роботи є постановка та чисельне розв'язання задачі про дослідження впливу коефіцієнта еліптичності на прогин дискретно підкріплених еліпсоїдальних оболонок під дією нестационарного навантаження.

Оболонка постійної товщини  $h$  віднесена до гауссової криволінійної системи координат  $\alpha_1, \alpha_2$ .

Геометрія серединної поверхні гладкої еліпсоїдальної оболонки задається співвідношеннями

$$x = R \sin \alpha_1 \sin \alpha_2, \quad y = R \sin \alpha_1 \cos \alpha_2, \quad z = kR \cos \alpha_1,$$

де параметри  $\alpha_1, \alpha_2$  являють собою гауссові криволінійні координати на поверхні оболонки, причому координата  $\alpha_1$  відповідає меридіальному напрямку, а  $\alpha_2$  – круговий напрям;  $k = b/a$  – параметр еліптичності;  $a, b$  – півосі еліпса.

Вирази для компонент метрики та форми серединної поверхні оболонки мають вигляд

$$a_{11} = R^2 (\cos^2 \alpha_1 + k^2 \sin^2 \alpha_1),$$

$$a_{22} = R^2 \sin^2 \alpha_1,$$

$$b_{11} = kR (\cos^2 \alpha_1 + k^2 \sin^2 \alpha_1)^{-1/2},$$

$$b_{22} = kR \sin^2 \alpha_1 (\cos^2 \alpha_1 + k^2 \sin^2 \alpha_1)^{-1/2}.$$

Процеси вимушених коливань еліпсоїдальної оболонки розглядаються в рамках гіперболічної системи нелінійних диференціальних рівнянь теорії оболонок типу Тимошенка.

Для деформацій і напружень використовується геометрично нелінійний варіант теорії оболонок типу Тимошенка в квадратичному наближенні.

При побудові математичної моделі деформування  $i$ -го підкріплюючого ребра направлено вздовж осі  $\alpha_1$  будемо виходити з гіпотези не деформованості поперечного перерізу підкріплюючого елементу. Деформаційні співвідношення для  $i$ -го підкріплюючого ребра задано в рамках геометрично нелінійного варіанту теорії стержнів типу Тимошенка в квадратичному наближенні.

Умови жорсткого контакту між компонентами вектора переміщень центру ваги поперечного перерізу  $i$ -го ребра та компонентами узагальненого вектора переміщення серединної поверхні мають вигляд, описаний в роботі [5].

Рівняння коливань в гладкій області та рівняння коливань на  $i$ -й лінії розриву мають вигляд [5].

Граничні умови для жорстко защемлених країв мають вид

$$\bar{U}(\alpha_{10}, \alpha_2) = \bar{U}(\alpha_{1N}, \alpha_2) = 0; \quad \bar{U}(\alpha_1, \alpha_{20}) = \bar{U}(\alpha_1, \alpha_{2N}) = 0.$$

Рівняння коливань являють собою систему нелінійних диференціальних рівнянь в частинних похідних по змінним  $s_1, s_2, t$  при наявності просторових розривів по координаті  $s_2$ .

Чисельний алгоритм розв'язку поставленої задачі: шукається розв'язок в гладкій області еліпсоїдальної оболонки і на лініях просторових розривів. Застосовується інтегро-інтерполяційний метод побудови різницевої схем по просторовим координатам і явна скінчено-різницева апроксимація по часовій координаті [6]. Перехід від неперервної системи до скінчено-різницевої: скінчено-різницева апроксимація рівнянь в зусиллях – моментах і деформаціях.

При дослідженні умов стійкості різницевої рівнянь використовуються умова  $\Delta t \leq 2/\omega$ , де  $\omega = \max(\omega_0, \omega_j)$ ,  $j = 1, 2, \dots, J$  – максимальні частоти власних коливань відповідно обшивки та  $i$ -го підкріплюючого елементу.

Розглядалась задача вимушених коливань підкріпленої повздовжніми ребрами частини еліпсоїдальної оболонки  $D = \{\alpha_{10} \leq \alpha_1 \leq \alpha_{1N}, \alpha_{20} \leq \alpha_2 \leq \alpha_{2N}\}$ .

На підкріплену оболонку діє розподілене нормальне навантаження  $P_3(t) = A \cdot \sin \frac{\pi}{T} [\eta(t) - \eta(t-T)]$ , де  $A$  – амплітуда навантаження,  $T$  – тривалість навантаження. В розрахунках:  $A = 10^6 \text{ Па}$ ;  $T = 50 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ .

Умови при  $t = 0$  для узагальненого вектора переміщень нульові.

Параметри конструкції:

$$\alpha_{10} = \frac{\pi}{12}, \quad \alpha_{1N} = \pi - \frac{\pi}{12}, \quad \alpha_{20} = -\frac{\pi}{2}, \quad \alpha_{2N} = \frac{\pi}{2},$$

$$\frac{a}{h} = 60, \quad \frac{b}{a} = 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5, \quad h_i = 4 \cdot h, \quad F_i = 4 \cdot h^2, \\ E_1 = E_2 = 7 \cdot 10^{10} \text{ Па}, \quad \nu_{12} = \nu_{21} = 0,33, \quad \rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3, \\ E_i = E_1, \quad \rho_i = \rho.$$

Зовнішні повздовжні підкріплюючі ребра розміщувались вздовж координати  $\alpha_1$  в перерізах  $\alpha_{2i} = -\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4}i$ ,  $i = 0, 1, 2$ .

Розрахунки проводилися на часовому інтервалі  $t_N = 20T$ . На рисунку 1 зображено залежність величини прогину  $u_3$  від просторової координати  $\alpha_1$  в перерізі  $\alpha_2 = \frac{\pi}{8}$  в момент часу  $t = 10T$ . В силу симетрії розглядається залежність в діапазоні  $\pi/12 \leq \alpha_1 \leq \pi/2$ .

Крива 1 відповідає випадку  $\frac{b}{a} = 1$ ; крива 2 –  $\frac{b}{a} = 1,1$ ; крива 3 –  $\frac{b}{a} = 1,2$ ; крива 4 –  $\frac{b}{a} = 1,3$ ; крива 5 –  $\frac{b}{a} = 1,4$ ; крива 6 –  $\frac{b}{a} = 1,5$ .

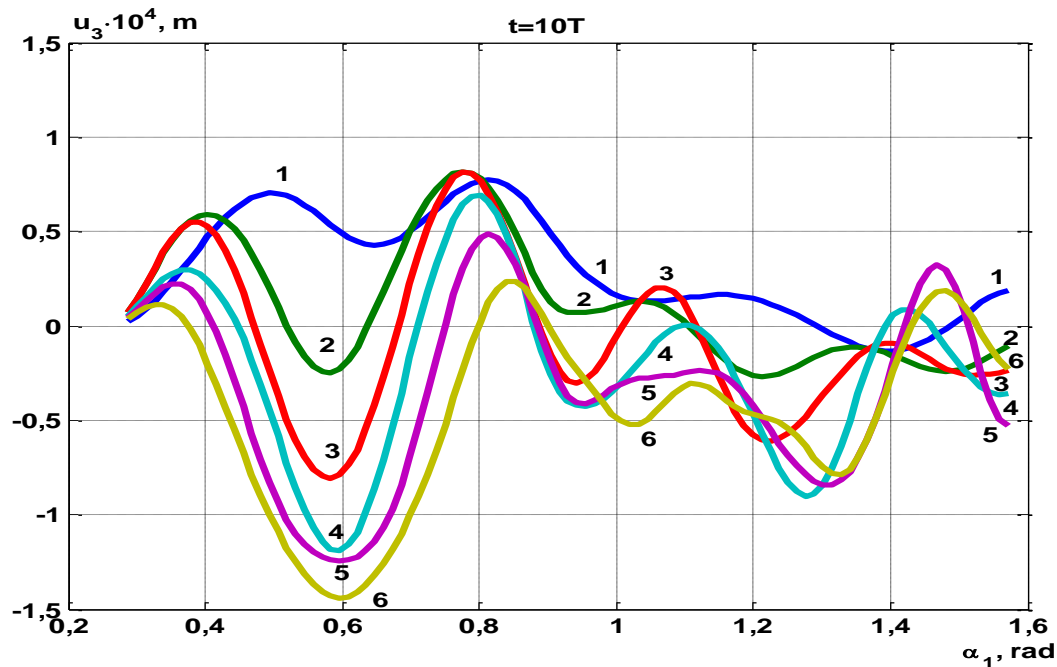


Рис.1 Залежність величини прогину  $u_3$  від просторової координати  $\alpha_1$  в перерізі  $\alpha_2 = \frac{\pi}{8}$  в момент часу  $t = 10T$

Найбільші абсолютні значення величин прогину  $u_3$  для відповідних випадків коефіцієнта еліптичності:

$$u_3^1 = 0,75 \cdot 10^{-4} \text{ м}, \quad u_3^2 = 0,76 \cdot 10^{-4} \text{ м}, \quad u_3^3 = 0,76 \cdot 10^{-4} \text{ м}, \\ u_3^4 = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}, \quad u_3^5 = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}, \quad u_3^6 = 1,45 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$



Найбільшого абсолютного значення величина прогину  $u_3^6 = 1,45 \cdot 10^{-4} m$  досягає для коефіцієнта еліптичності  $\frac{b}{a} = 1,5$  (крива 6), що в порівнянні зі значенням величини прогину  $u_3^1 = 0,75 \cdot 10^{-4} m$  для коефіцієнта еліптичності  $\frac{b}{a} = 1$  (крива 1) в 2 рази більше.

Отже, в даній роботі чисельно розв'язана задача про дослідження впливу коефіцієнта еліптичності на прогин дискретно підкріплених еліпсоїдальних оболонок під дією нестационарного навантаження. Результати розрахунків показали, що максимальні величини прогину  $u_3$  проявляються в середині гладкої області – між ребрами. Абсолютне значення величини прогину  $u_3$  для випадку  $\frac{b}{a} = 1,5$  в 2 рази більше від значення величини прогину  $u_3$  для випадку  $\frac{b}{a} = 1$  (випадок сферичної оболонки).

### Список використаних джерел

1. Амиро И.Я. Учет дискретного размещения ребер при изучении напряженно-деформированного состояния, колебаний и устойчивости ребристых оболочек (обзор) / И.Я. Амиро, В.А. Заруцкий // Прикл. механика. – 1998. – Т. 34, № 4. – С. 3 – 22.
2. Майбородина Н.В. Динамическое поведение дискретно подкрепленных продольными ребрами эллипсоидальных оболочек при нестационарной распределенной нагрузке / Н.В. Майбородина, В.Ф. Мейш, В.А. Герасименко // Математичні проблеми технічної механіки: збірник наукових праць / Дніпродзержинський держаний технічний університет. – Дніпродзержинськ, 2012. – Вип. 19 (2). – С. 54 – 60.
3. Майбородіна Н. В. Застосування в автоматичі підкріплених еліпсоїдальних оболонок під дією нестационарного навантаження / Н.В. Майбородіна, В.П. Герасименко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія “Техніка та енергетика АПК”. К.: ВЦ НУБіП України, 2016. Вип. 242, С. 242 – 245.
4. Майбородіна Н. В. Застосування підкріплених еліпсоїдальних оболонок для техніки виробництва продукції АПК / Н. В. Майбородіна, В. П. Герасименко // Збірник наукових праць №13 «Перспективи та шляхи розвитку аграрної науки в Україні». Ніжин: 2020. Вип. 13, С. 79-83.
5. Мейш В.Ф. Исследование напряженно-деформированного состояния дискретно подкрепленных продольными ребрами эллипсоидальных оболочек при нестационарных распределенных нагрузках / В.Ф. Мейш, Н. В. Майбородина // Теоретическая и прикладная механика – 2007. – Вып. 43. – С. 150 – 155.
6. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977. – 656с.

## СУЧІСНІ ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОФЕСІЙНОМУ НАВЧАННІ ФАХІВЦІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ

**Похил С. В., Петровський В. Г.**

викладачі відділення «Механізація і організація виробництва  
сільськогосподарської продукції»

*Хорольський агропромисловий фаховий коледж  
Полтавського державного аграрного університету,  
м. Хорол, Україна*

Професійне навчання фахівців в сільськогосподарській галузі, як керований педагогічний процес пізнання професійно-трудової області, має бути організований таким способом, щоб на систематичній основі готувати фахівців для даної галузі на високому рівні та із заданою якістю. Для досягнення ефективності та результативності в професійному навчанні фахівців для сільського господарства мають застосовуватися сучасні освітні технології.

Освітня технологія – це спосіб оптимального досягнення мети педагогічного процесу з використанням відповідних методів. Її доцільно визначати як послідовність спільних дій педагога та студентів, що супроводжуються педагогічною діагностикою і спрямовані на забезпечення відповідності результату визначеній меті [1, с.18].

Професійно-педагогічна діяльність, поєднуючи взаємозалежні професійно-педагогічну діяльність педагогів і професійно-пізнавальну діяльність студентів, здійснюється по єдиному алгоритму, який включає:

- аналіз вихідної ситуації, визначення й постановку мети навчання;
- планування учбово-професійної діяльності, відбір змісту й засобів подачі (різними способами) нових фрагментів навчального матеріалу;
- здійснення операцій, що організують професійно-пізнавальну діяльність студентів;
- організацію зворотного зв'язку, контроль і коректування роботи із засвоєння змісту матеріалу;
- аналіз і оцінку результатів навчання.

Професійно-пізнавальна діяльність студентів об'єднує чуттєве сприйняття, теоретичне мислення й практичну діяльність та включає наступні компоненти:

- аналіз вихідного рівня своєї загальноосвітньої й професійної підготовленості;
- усвідомлення й прийняття мети та завдань професійного навчання;
- планування й організація своєї навчальної діяльності;
- самоаналіз і самоконтроль професійно-пізнавальної діяльності;
- самоаналіз і самооцінка результатів.

Професійно-педагогічна діяльність є визначальним чинником успішності професійного навчання. Однак ця успішність залежить також і від активності студентів. Процес навчання не може бути ефективним без застосування

сучасних методів і дидактичних засобів, які у свою чергу визначаються змістом освіти й рівнем особистісного й професійного розвитку студентів.

Таким чином, процес професійного навчання – це цілісне педагогічне явище. Всі його компоненти тісно взаємозалежні: цілі навчання втілені в зміст освіти, який визначає його методи, форми й засоби. У реальній педагогічній дійсності процес професійного навчання носить циклічний характер. Кожний його дидактичний цикл являє собою функціональну систему засновану на спільній діяльності всіх суб'єктів процесу навчання.

На сьогоднішній день випускники технікумів і коледжів, які мають гарні й відмінні знання, не завжди успішно починають свою трудову діяльність. Причини цьому різні, але найчастіше це – невміння вирішувати проблемні ситуації, невміння до кінця відстоювати свою точку зору, нездатність йти на компроміси, неприйняття колективом і ін. Випускник не до кінця формується як особистість, тому молодому фахівцеві важко реалізувати одержаний комплекс знань. Якщо процес навчання буде заснований тільки на запам'ятовуванні й відтворенні інформації, то це до не дасть якісного результату. Сучасний етап розвитку сільського господарства вимагає використання сучасних технологій у навчанні фахівців.

При розгляді питання сучасних освітніх технологій у викладанні спеціальних технічних дисциплін сільськогосподарського спрямування, варто розглядати два напрямки: вивчення основних сучасних методів в рамках навчального процесу й вивчення структури, сучасного стану агропромислового комплексу з урахуванням стратегічних цілей агроінженерної науки.

Реалізація першого напрямку можлива за рахунок змін в основних складових навчального процесу: заняття (збільшення числа варіантів різноманітності типів занять, ширше використовувати нетрадиційні форми проведення уроків), система контролю й оцінювання (контроль повинен не просто показати, що засвоїв студент, але й що це йому дало, наскільки його розуміння стало від цього краще), індивідуальне навчання, самоорганізація викладача.

Основна мета агроінженерної науки – забезпечити ефективний науково-технічний супровід відновлення й розвитку національного виробництва базової сільськогосподарської продукції на основі високих мотиваційних процесів розробки, створення, впровадження в господарський обіг і використання екологізбалансованих адаптивних технологій і інноваційних людино-машинних систем в умовах відкритого ринку.

У період створення великих сільгосппідприємств і індустріалізації сільськогосподарського виробництва, інженерного сервісу й інженерно-технічної служби в сільськогосподарському виробництві, сформувався новий напрямок у структурі машиновикористання – людино-машинні системи. В умовах товарно-грошових відносин економіки система машиновикористання повинна стати науковою базою ефективного агробізнесу. Технологізація агропромислового комплексу вимагає розробки нових інноваційних підходів в

оснащенні виробництва технікою і її використання, розробки методичних основ формування й освоєння агротехнологій точного землеробства.

Все це вимагає значних витрат часу викладача для підбору матеріалу в рамках підготовки до заняття, його узагальнення й постійного оновлення. При цьому варто підбирати матеріал, орієнтуючись на досвід роботи студентів під час технологічних і виробничих практик. Варто узагальнювати дані роботи господарств, відзначати позитивні й негативні сторони діяльності й спільно зі студентами робити оцінку впровадження та використання нових зразків сільськогосподарської техніки, що використовуються на сільськогосподарських підприємствах.

Важливим компонентом сучасного підходу до навчання є соціальне партнерство [2, с. 45], тобто зв'язок навчального закладу з виробництвом. Це проведення занять-екскурсій, занять на виробництві, відвідування різних семінарів, участь роботодавців в оцінці якості підготовки фахівців, керівництво практиками, підготовка екзаменаційних питань і завдань із урахуванням конкретних вимог виробництва.

При проведенні теоретичних і практичних занять викладачі повинні застосовувати сучасні прийоми й методи, що дозволяють активізувати освітню діяльність: голосне й тихе обговорення, аналіз конкретного прикладу, «мозковий штурм», рольова гра, питання-відповідь, ілюстрована лекція, виїзне заняття, метод резюме й деякі інші.

Використання сучасних методів і прийомів дозволяє значно активізувати роботу учнів на занятті і під час проведення позакласних заходів, а отже одержати краще засвоєння матеріалу.

Швидкі темпи розвитку сільськогосподарської техніки обумовлюють підготовку кваліфікованих спеціалістів, які володіли б сучасною сільськогосподарською технікою і технологіями виробництва і були здатними забезпечити функціонування і розвиток даної галузі в цілому. Рішення даних завдань можливе тільки в процесі постійного оновлення професійної освіти.

Успішність цих процесів прямо залежить від зацікавленості й готовності педагогів до ефективної реалізації поставлених завдань, бажанні приймати активну й діяльну участь у керуванні освітнім процесом на сучасному рівні, підвищенні власного професійного рівня. Педагогам необхідно так організувати освітній процес, щоб його основним суб'єктом був студент, що має власні пізнавальні потреби й інтереси, творчо думаючий, активно й мобільно діючий у соціально-економічних умовах, здатний до життєвого й професійного самовизначення.

В процесі модернізації професійної освіти повинні постійно, активно і ґрунтовно здійснюватися наступні процеси:

- відновлення змісту загальної й професійної освіти;
- підтримка особистісно-орієнтованого характеру навчання, тобто «навчання в співробітництві», що припускає використання інтерактивних методик і технологій навчання;

- формування єдиного освітнього простору, що передбачає інтеграцію навчальної й позаурочної діяльності, загальної й додаткової освіти, співробітництво з родиною, облік впливів соціуму;

- формування в студентів усвідомленої потреби в об'єктивній самооцінці власних досягнень;

- впровадження в освітній процес сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

В умовах освітніх реформ особливе значення в професійній освіті посідає інноваційна діяльність, спрямована на впровадження різних педагогічних нововведень. Вони охопили всі сторони дидактичного процесу: форми його організації, зміст і технології навчання, учбово-пізнавальну діяльність.

Одними із ефективних сучасних технологій професійного навчання являються інтерактивні та комп'ютерні технології навчання.

У психологічній теорії навчання інтерактивним називається навчання, що ґрунтується на психології людських взаємин [3, с. 178]. Технології інтерактивного навчання розглядаються як способи засвоєння знань, формування вмінь і навичок у процесі взаємин і взаємодій педагога і студента, як суб'єктів навчальної діяльності. Сутність їх полягає в тому, що вони опираються не тільки на процеси сприйняття, пам'яті, уваги, але, насамперед, на творче, продуктивне мислення, поведіння, спілкування. При цьому процес навчання організовується таким чином, що студенти навчаються спілкуватися, взаємодіяти один з одним і іншими людьми, критично мислити, вирішувати складні проблеми на основі аналізу виробничих ситуацій, ситуаційних професійних завдань і відповідної інформації.

В інтерактивних технологіях навчання істотно міняються ролі викладача (замість ролі інформатора – роль менеджера) і студента (замість об'єкта впливу – суб'єкт взаємодії), а також роль інформації (інформація не ціль, а засіб для освоєння дій і операцій). До деяких форм і методів технологій інтерактивного навчання відносяться:

- проблемна лекція (припускає постановку проблеми, проблемної ситуації і їхній наступний розв'язок);

- семінар-диспут (припускає колективне обговорення якої-небудь проблеми з метою встановлення шляхів її достовірного рішення);

- навчальна дискусія (використовується при аналізі проблемних ситуацій, коли необхідно дати просту й однозначну відповідь на питання, при цьому передбачаються альтернативні відповіді);

- навчальне співробітництво (взаємне навчання при спільній роботі учнів у малих групах);

- «мозковий штурм» (за мету ставиться збір як можна більшої кількості ідей, звільнення студентів від інерції мислення, активізацію творчого мислення, подолання звичного ходу думок при рішенні поставленої проблеми);

- дидактична гра (студент повинен виконати дії, аналогічні тим, які можуть мати місце в його професійній діяльності);



– стажування з виконанням посадової ролі («моделлю» виступають сфера професійної діяльності, сама дійсність, а імітація зачіпає в основному виконання ролі (посади);

– імітаційний тренінг (припускає відпрацьовування певних професійних навичок і вмінь по роботі з різними технічними засобами й пристроями).

Комп'ютерні технології навчання базуються на процесах збору, переробки, зберігання й передачі інформації студенту за допомогою комп'ютерної техніки. До теперішнього часу найбільше поширення одержали такі технологічні напрямки, у яких комп'ютерна техніка являється:

– засобом для надання навчального матеріалу студентам з метою передачі знань;

– засобом інформаційної підтримки навчальних процесів як додаткове джерело інформації;

– засобом для визначення рівня знань і контролю за засвоєнням навчального матеріалу;

– універсальним тренажером для придбання навичок практичного застосування знань;

– засобом для проведення навчальних експериментів і ділових ігор по предмету вивчення;

– одним з найважливіших елементів у майбутній професійній діяльності студента.

Застосування комп'ютерних технологій у системі професійного навчання сприяє реалізації наступних педагогічних цілей:

– розвиток особистості студента, підготовка до самостійної продуктивної професійної діяльності;

– реалізація соціального замовлення, обумовленого потребами сучасного суспільства;

– інтенсифікація освітнього процесу в професійно-технічній школі (використання найбільш ефективних засобів навчання).

Сучасні технології навчання, що відбивають суть майбутньої професії, формують професійні якості фахівця, є своєрідним полігоном, на якому студенти можуть відпрацьовувати професійні навички в умовах, наближених до реальних.

Таким чином, ефективність професійного навчання фахівців в сільськогосподарській галузі в значній мірі визначається адекватним вибором і професійною реалізацією сучасних технологій навчання. Вибір технології навчання диктується цілим рядом обставин, які не можуть бути однакові в різних навчальних закладах, у різних педагогічних умовах і при використанні різними викладачами при вивченні різних дисциплін та визначається рядом факторів: змістом навчальної дисципліни, засобами навчання, оснащеністю навчального процесу, складом студентів й рівнем професійно-педагогічної культури викладача.

### **Список використаних джерел**

1. Освітні технології: навчальний посібник. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. – 583 с.
2. Інноваційні технології при підготовці фахівців аграрного сектору: електронний зб. матеріалів Міжн. наук.-практ. інтернет-конференції, м. Біла Церква, 30 жовтня 2019 р. / за заг. ред. С. В. Соболевої, І. В. Арестової. – Біла Церква: БІНПО ДЗВО «УМО» НАПН України, 2020. – 232 с.
3. Сучасні освітні технології у професійній підготовці фахівців аграрного профілю: колективна монографія викладачів Вінницького національного аграрного університету та технологічно-промислового коледжу ВНАУ. – Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – 214 с.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПРИ ОПАЛЕННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ**

**Прасолов Є. Я.**

к.т.н., професор кафедри безпеки життєдіяльності, доцент

**Якименко Д. І.**

СВО Бакалавр, 208 «Агроінженерія»

*Полтавський державний аграрний університет*

*м. Полтава, Україна*

В умовах стрімкого зростання цін на газ та інші енергоносії на ринку України склались передумови для пошуку і використання технологій, які в розвинутих країнах світу десятиріччями використовуються за рахунок державної підтримки і в наш час уже займають значне місце на ринку теплопостачання. Зараз учені всього світу працюють над отриманням екологічно безпечної і дешевої енергії. Це в першу чергу сонце, вітер, геотермальна енергія, та дешева нічна електроенергія. На нинішньому етапі розвитку людства виникає необхідність у переведенні енергетичної промисловості на інтенсивний шлях, у пошуку і використанні альтернативних (екологічно чистих і невичерпних) джерел енергії.[1]

Альтернативна енергетика зараз не тільки модний термін, але й актуальний спосіб видобутку екологічно безпечної та малозатратної енергії. Що ж таке альтернативна енергія? І які існують екологічно безпечні джерела енергії?

Це енергія, яку видобуваємо з легкодоступних і не шкідливих для навколишнього середовища джерел:

- сонячна енергія - сонячні батареї вбирають енергію сонячного проміння і перетворюють її в електроенергію; енергія вітру - енергія повітряних мас, яка крутить лопаті турбіни, перетворюється в електрику;

- біоенергія - в спеціалізованих енергоблоках, в результаті біохімічних процесів виділяється енергія. її ще називають енергією біомаси, бо

використовується рослинна маса (дерево, різні рослини), сільськогосподарські і комунальні відходи;

- гідро електроенергія - механічна енергія текучої води, дає надійне джерело світла і тепла;

- геотермічна енергія - ще одне джерело альтернативної енергії тепла землі. Вода і пар, що нагрівається в надрах землі, може бути використана для опалення і генерації електроенергії.

Самим потужним із поновлених джерел енергії є енергія сонця, яка по теоретичним розрахункам, може дати в тисячу разів більше енергії ніж інші джерела живлення. Сонячна енергія використовується для отримання електроенергії і нагріву води. Для нагріву води необхідні сонячні колектори, які частіше встановлюються на дахах. Плюси такої енергії: безкоштовне, не шкідливе, безмежне, екологічно безпечне джерело енергії. Недоліком є: таке джерело живлення не постійне - потужність генерації залежить від погодних умов і від часу дня.

Енергія вітру здавна знайома людству. Вітер крутив крила вітряних млинів, а відважним мореплавцям наповняв паруса, а в наш час працює на вітряні генератори різних моделей, розмірів і потужності. Для збільшення потужності нерідко вітряки об'єднують в парки вітрових генераторів. Найкращі місця для таких парків – вершини пагорбів (гір), рівнини і береги моря або океану.

Недоліків вітроенергетики називають багато, але більшість з них спростовуються. Одним з перших остережень людей є шум, який викликають вітрові турбіни. Шум визначається як різкий, гучний чи просто не бажаний звук. Це за нормами вироблений шум в межах допустимого. Сучасні турбіни проектуються так, щоб максимально зменшити шум від механічних компонентів вітрової турбіни. Сучасні вітрові турбіни більш тихі, ніж більшість сучасного електрообладнання. [2]

Винятком можна назвати турбіни, побудовані раніше 80-х років. А також ті, які розташовані на горбистій місцевості. Шум, вироблений від вітрових установок на такій місцевості, може бути посилений за рахунок різких або великих перепадів висот на горах. І саме тип ландшафту відіграє в даному випадку першорядну роль.

Друга проблема, яка може впливати на здоров'я людини, це мерехтлива тінь. Вітрові турбіни, як і інші високі будівлі, відкидають тінь на ближні будинки. Ротор як би розриває рівне сонячне світло, створюючи ефект мерехтіння. В США тіньові спалахи не були визнані проблемою, але в Європі над цим небажаним ефектом уже працюють фахівці. У Великобританії тільки в одному випадку мерехтіння було визнано проблемним для жителів прилеглих будинків. Ця проблема цілком вирішується. На відстані, рівному сумі 7-10 діаметрів ротора (це близько 300-800 метрів), людина не попадає під вплив тіньових спалахів. Отже, варто тільки відступити від будинків на цю відстань і проблема буде вичерпана. Друге рішення - це будівля турбін за будинками відносно руху Сонця. [3]

Мета роботи полягає в розробці функціональної схеми комбінованої системи опалення сільськогосподарського приміщення з використанням геліовітроенергетичних теплонасосних установок з акумуляторами теплової енергії поновлюваних джерел. Використання акумуляції теплової енергії в таких системах дозволяє підвищити потенціал поновлюваної енергії при роботі теплових насосів, використати енергію вітру та сонця і дешеву нічну електроенергію для отримання тепла.

Функціональна схема комбінованої системи опалення сільськогосподарських приміщень наведена на рис.1. В теплий період року заряджається тепловий акумулятор, гаряча вода постачається на потреби водопостачання. В холодний період року теплопостачання може відбуватись як за рахунок акумулятора тепла, так і від джерел поновлюваної енергії - геліоколектора, вітро- установки, або із свердловин. При зниженні потенціалу теплоносія нижче лімітованого значення вмикається тепловий насос, підвищуючи температуру води, яка циркулює в системі опалення/

При підключенні до вітроустановки електрохімічної акумуляторної батареї, виводи її можна під'єднати через інвертор до компресора ТН, в результаті чого отримаємо абсолютно автономну систему опалення і гарячого водопостачання на основі поновлюваних джерел енергії. Однак в такому разі, з огляду на додаткові витрати енергії на привід теплового насосу, необхідно підвищувати одиничні потужності вітроустановки та геліоколектора, що призведе до значного здорожчання енергогенеруючого обладнання та зниження економічної ефективності теплопостачання.

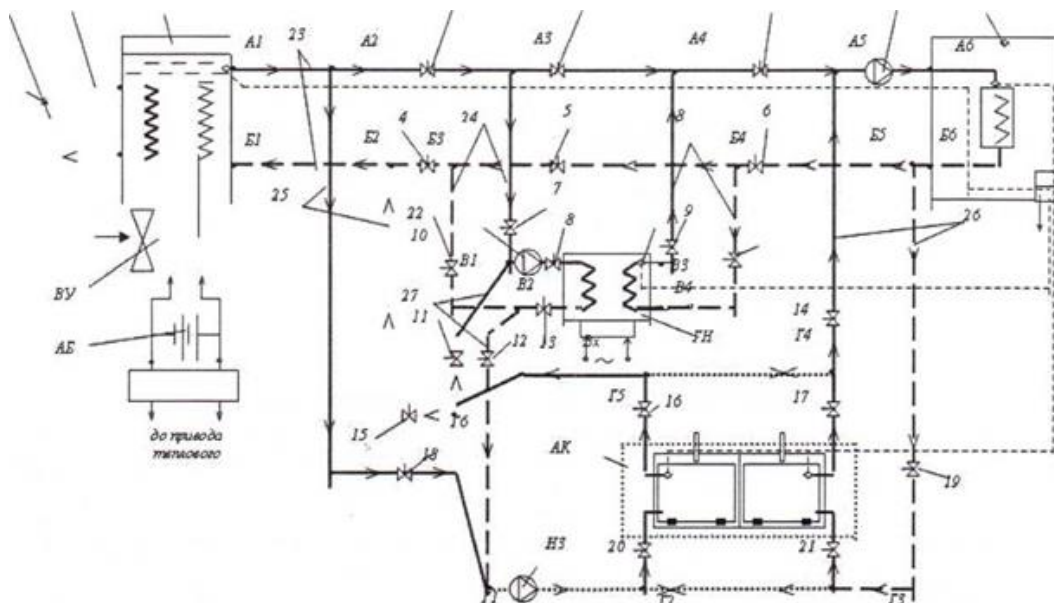


Рис.1. Схема комбінованої системи опалення та водопостачання сільськогосподарських приміщень: магістраль нагрітого теплоносія; ГК - геліоколектор; ВУ - вітроустановки; АБ - акумуляторна батарея (електрохімічна); БА - бак-акумулятор; АК - сезонний акумулятор тепла; ТН - тепловий насос; Н1, Н2, Н3-насоси, відповідно, контуру геліоколектора,

системи опалення, сезонного акумулятора; 1 - 22 - крани розподілу потоків теплоносія та зворотної води; А1 - Г6 - точки під'єднань на магістралі теплопостачання, 23 - 28 - магістралі теплопостачання

Враховуючи низький потенціал поновлюваних джерел енергії, досягти високих температур теплоносія, як в системах радіаторного, трубного або калориферного опалення досить складно, що потребує суттєвих капіталовкладень. Виходячи з цього, використання поновлюваних джерел енергії найбільш доцільне в системах підлогового опалення, як водяних, так і електричних. Крім того відомо, що у виробничо- побутових приміщеннях з централізованим опаленням підтримується постійна температура, яка в залежності від пори року та категорії робіт регламентується СНиП 2.04.05-91 «Опалення, вентиляція і кондиціонування». При підтриманні комфортної для людини температури в робочих зонах протягом робочої зміни (в неробочий час температура підтримується на рівні  $+5^{\circ}\text{C}$ ) економія енергії на опалення складе від 40 % до 70 % в залежності від типу приміщень. Згідно нормативних документів середньодобова температура на поверхнях конструкцій з нагрівальними елементами не повинна перевищувати: для підлоги з постійним перебуванням людей  $+26^{\circ}\text{C}$ ; для підлоги з тимчасовим перебуванням людей  $+31^{\circ}\text{C}$ ; в зонах найбільшого охолодження - не більше  $+35^{\circ}\text{C}$ . В приміщеннях для утримання тварин температури елементів підлоги теж значно нижчі ніж для інших систем опалення. Аналіз розподілу температур по об'єму умовного приміщення при різних видах опалення показує більш рівномірне і комфортне для споживачів тепла прогрівання повітря при підлоговому опаленні. Розрахункові дослідження техніко- економічних показників показують можливу ефективність практичного використання систем опалення на базі геліоколекторів, теплових насосів і акумуляторів тепла.

На схемі 1 наведена структурна схема комбінованого теплопостачання споживачів від традиційних та поновлюваних джерел енергії. Як випарник теплового насоса (ТН) можна використовувати сонячний колектор (1), тепловий акумулятор (4), тепло землі (додаткове джерело тепла), або комбінацію цих низькопотен- ціальних енергоджерел. Для поданої схеми розроблені способи узгодженого використання потоків енергії:

Одноконтурний варіант. При перевищенні температури теплоносія в акумуляторі (4) над температурою теплоносія, що надходить з ґрунтового теплообмінника ТН (6) споживає енергію вітро- (2) та геліоустановок (1). В іншому випадку використовується тепло землі. Надлишкова енергія від поновлюваних джерел скидається в землю.

Двоконтурний варіант. Геліоприймач (1) та вітроустановка (2), через тепловий акумулятор (4) при підвищенні температури теплоносія в акумуляторі над температурою води на виході з догрівана (6) працюють на обігрів та гаряче водопостачання споживача (5). В разі, якщо температура теплоносія в акумуляторі (4) буде нижчою за температуру теплоносія на виході з теплового насоса (6), теплопостачання буде відбуватись з використанням енергії мережі (3): ТН (6) – споживач (5).



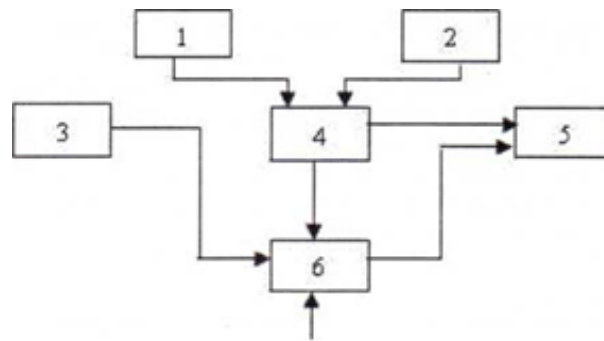


Схема 1. Структурна схема комбінованого теплопостачання: 1 - сонячний колектор; 2 - вітроустанов- ка; 3 - джерело традиційної енергії (електромережа); 4 - тепловий акумулятор; 5 - споживач; 6 - тепловий насос (ТН), або інший догрівач

Функціональна схема комбінованої системи теплопостачання с/г приміщень наведена на рис.1. В теплий період року заряджається тепловий акумулятор, гаряча вода постачається на потреби водопостачання. В холодний період року теплопостачання може відбуватись як за рахунок акумулятора тепла, так і від джерел поновлюваної енергії - геліоколектора, вітроустановки, або із свердловин. При зниженні потенціалу теплоносія нижче лімітованого значення, вмикається тепловий насос, підвищуючи температуру води, яка циркулює в системі опалення.

Система складається із сонячних колекторів, з'єднаних циркуляційним контуром, в якому встановлено насос із змішувиком, розташованим у баці-акумуляторі гарячої води. Бак-акумулятор циркуляційними контурами зв'язаний, відповідно, із нагрівальним елементом споживача тепла, сезонним акумулятором теплової енергії та випарником теплового насоса.

Система автоматичного контролю температурних параметрів теплоносія в елементах системи теплопостачання та контролю температури в приміщенні включає термодатчики контролю температури теплоносія та датчик контролю температури в приміщенні. В баці- акумуляторі розміщено індукційний нагрівач вітроустановки, до генератора якої передбачено під'єднання електрохімічної акумуляторної батареї та інвертора, що дозволить використати вітроустановку в якості автономного джерела електроенергії для привода теплового насоса, який в звичайному режимі працює від електромережі.

1. Постійне дорожчання традиційних енергоносіїв стимулює розвиток ринку відновлюваної енергетики в Україні. Існуючі системи опалення сільськогосподарських виробничих і побутових приміщень базуються на використанні традиційних енергоносіїв - газу, вугілля, електроенергії у виробництві електроенергії деяку роль грають і поновлювані джерела енергії - гідроелектростанції виробляють до 4 % електроенергії країни). В деяких випадках застосовується дров'яне опалення а інколи виробничі приміщення не опалюються зовсім. З огляду на дорожчання традиційних енергоносіїв, існуюча структура систем опалення приміщень потребує реорганізації.

2. Основну частину енергії, яка використовується при опаленні приміщень складає низькотемпературна теплота, яку можна отримати і з поновлюваних джерел енергії за допомогою геліоколекторів та вітроустановок. Згладити детермінованість надходження енергії поновлюваних джерел можна за рахунок акумуляторів тепла, а підвищити температуру теплоносія до потрібного рівня дозволяють теплові насоси, компресори яких живляться від мережі або інші догрівані.

3. При комбінованому використанні для теплопостачання традиційних і поновлюваних або лише поновлюваних джерел енергії доцільним виглядає використання підлогового опалення з диференціюванням теплопостачання по часу та підтриманням комфортної температури по робочим місцям. Розрахункові дослідження техніко-економічних показників систем опалення тваринницького об'єкта показують ефективність використання систем опалення на базі геліоколекторів, теплових насосів і акумуляторів тепла.

#### **Список використаних джерел**

1. Енергосберегающие технологии. Каталог дом. - 2006. - №1. С. 116-126.
2. Савук Р., Денис О. Найбільшим акумулятором тепла на землі є земля. Будинок "нуль" енергії / ЕКОін-форм. - Львів, 2006. - 55 с.
3. Левандовські В. Акумулювання енергії із відновлюваних джерел // Будинок "нуль" енергії / ЕКОін-форм. — Львів, 2006. — 55 с.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО З ВИКОРИСТАННЯМ РЕСУРСОЗАОЩАДЛИВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КРАПЛИННОГО ЗРОШУВАННЯ**

**Ребро В. В.**

здобувач вищої освіти СВО «Магістр» спеціальність 208 Агроінженерія

**Ляшенко С. В.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент

*Полтавський державний аграрний університет  
м. Полтава, Україна*

В матеріалах тез приводимо результати впливу способів поливу і параметрів краплинного зрошування на якісні показники вирощування кукурудзи на зерно. На початковому етапі вирощування велике значення мало схожість насінин кукурудзи. Як показали наші дослідження, після посіву проведено зрошування, в контролі без зрошування не проросла найбільша кількість насінин – 11,8%. При краплинному зрошуванні зі схемою розташування краплинних стрічок на поверхні ґрунту через ряд, при відстані між крапельницями 0,5 м, була забезпечена найкраща схожість насінин (98,3-98,5%).

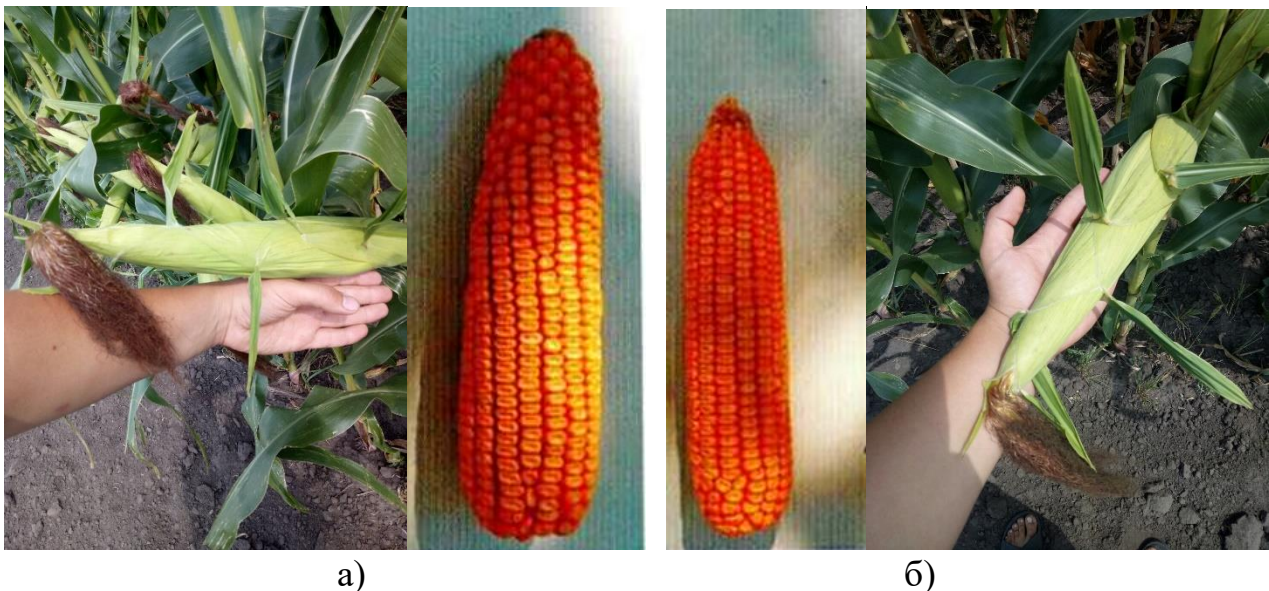
Вегетаційні розміри рослин по висоті відзначалися у варіанті де краплинне зрошування проводилося по трубопроводах, які прокладені по поверхні з відстанню між крапельницями 0,5 м. В середньому висота рослин перед цвітінням становила 110 см, а ширина рослин – 68,3 см, що було значно більше контролю (на 31,2% і 37,1%), див. рис.1.



а) на крапельному зрошуванні; б) контроль (без зрошування)

Рисунок 1. – Вимірювання висоти рослин

Найбільш сприятливі умови формування качанів та наповнення їх зерном були створені при розташуванні поливних трубопроводів на поверхні ґрунту і відстані між крапельницями 0,5 м, див рис. 2. Результати урожайності, вологості і ваги 1000 зерен залежно від технології вирощування представлені у таблиці 1. Як видно з таблиці 1, при застосуванні ресурсозаощадливої технології краплинного зрошування кукурудзи на зерно урожайність вища майже у 2,4 рази в порівнянні з контролем (без зрошування) а вага 1000 зерен на 36% вища, ніж без зрошування [1].



а) на крапельному зрошуванні; б) контроль (без зрошування)

Рисунок 2. – Порівняльне фото качана кукурудзи



Таблиця 3.6. – Урожайність, вологість і вага 1000 зерен залежно від технології вирощування кукурудзи на зерно

Варіант дослідів	Урожайність, т/га	Вага 1000 зерен, г	Вологість зерна, %	Густота, тис. шт./га
Контроль (без зрошування)	6,3	304,2	12,0	74,3
Ресурсозаощадливе зрошування	15,1	414,5	13,0	76,2

Результати досліджень росту і розвитку кукурудзи на зерно за період 2020 р показали, що найбільш сприятливі умови в досліді були створені при укладанні стрічок краплинного зрошування на поверхні поля через один ряд рослин, а крапельниці на них розташовувалися в межах  $L = 0,475...0,525\text{ м}$ . Оптимальне значення водовиливу однієї крапельниці повинно знаходитися в межах  $q = 1,45...1,70\text{ л/год}$ . Рекомендовано дотримуватися середньої поливної норми за один полив в межах  $N = 63,60...64,36\text{ м}^3/\text{га}$ . У цьому варіанті показники росту і розвитку кукурудзи на зерно були найбільшими і суттєво відрізнялися від контролю, де полив не проводився взагалі. В середньому за рік вегетації кукурудзи на зерно дотримувалися поливів згідно графіка в кількості 19 шт.

#### Список використаних джерел

1. Ромащенко М.І. Система краплинного зрошення: навчальний посібник / В.І. Даценко, Д.М. Онопрієнко, О.І. Шевелєв за ред. Академіка УААН М.І. Ромащенко. – Дніпропетровськ: ООО ПКФ «Оксамит-текст», 2007 – 175с.

### СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

**Бурлака О. А.**

к.т.н., доцент кафедри  
технологій та засобів механізації аграрного виробництва, доцент

**Горбенко О. В.**

к.т.н., завідувач кафедри  
технологій та засобів механізації аграрного виробництва, доцент

**Келемеш А. О.**

к.т.н., доцент кафедри  
технологій та засобів механізації аграрного виробництва, доцент

*Полтавський державний аграрний університет*

*м. Полтава, Україна*

Питання операційних технологій щодо якісного своєчасного збирання врожаю зернових, зернобобових, технічних та інших сільськогосподарських

культур зернозбиральними комбайнами як в Україні, так і за кордоном залишаються одними з актуальних в аграрному секторі [1].

Останні тенденції у світовому комбайнобудуванні направлені на збільшення продуктивності збиральних машин, підвищення якості обмолоту та сепарації зерна, зменшення питомих енергетичних витрат на обмолот. Широко використовуються класичні, роторні та комбіновані системи обмолоту та сепарації зерна [2, 3, 4]. При цьому продуктивність сучасних зернозбиральних комбайнів досягла до 250т/год по намолоченому зерну і вище. Зернові жниварки до комбайнів з шириною захвату 12 метрів і більше різних провідних світових виробників стали більш звичною майже типовою ознакою високопродуктивних машин: CLAAS LEXION 8700, Tribine T1000, Fendt IDEAL 10, John Deere X9 1100, New Holland CR 9090, CASE IH 9250 та інших. Тобто тенденція підвищення продуктивності обмолоту зерна є домінуючою.

Але, при такому стані виробництва зернозбиральних комбайнів наряду з продуктивністю зростає і маса, і габарити таких машин. Як наслідок, поглиблюється проблема переуцілювання ґрунту, незважаючи на широкопрофільні спарені шини або застосування часткового гусеничного ходу, та проблема руху зернозбиральних комбайнів дорогами загального призначення – через перевищення допустимих габаритів.

Саме вага та габарити сільськогосподарської техніки стають граничним обмеженням подальшого збільшення продуктивності цих машин.

Якщо, врахувати, що сучасні засоби виробництва зерна – це не тільки зернозбиральний комбайн, але зернозбиральний комплекс, в який входять машинно-тракторні агрегати – зерновози та вантажні автомобілі – зерновози, то при більш продуктивних комбайнах збільшується і продуктивність останніх машин – складових збирального комплексу. І все це сучасне високотехнологічне виробниче оснащення також переуцілює ґрунт пропорційно зростанню продуктивності комбайнів.

Маємо протиріччя – більша продуктивність – більше виробництво зерна з одночасним більшим переуцілюванням ґрунту. Така проблема є досить складною та багатогранною, потребує системного, комплексного вирішення, при якому головними стратегічними завданнями аграрного виробництва будуть не тільки нарощування потужностей зернопродуктового підкомплексу, але й ощадне відношення до ґрунтів та збереження їх родючості.

Цікавий напрям щодо вирішення даного питання запропоновано американським фермером Беном Діллоном [5]. Його концепція високопродуктивного комбайна – зерновоза Tribine T1000 суттєво відрізняється від загальноприйнятої схеми побудови зернозбиральних комбайнів відомих світових виробників. Виділення зернового бункера підвищеної до 35м<sup>3</sup> ємності, як окремого модуля, дає змогу зменшити габарити молотильно-сепарувальної частини комбайна по висоті та відмовитись від використання у збиральному комплексі трактора з перевантажувальним причепом – зерновозом. При цьому кількість проходів по полю сільськогосподарської техніки зменшується, а



продуктивність, темп обмолоту зерна залишається на рівні роботи високопродуктивних машин інших виробників.

Наприклад, при порівнянні основних технічних та технологічних характеристик CLAAS LEXION 8700 та Tribine T1000 (табл.1), можливо відмітити дещо співставні характеристики цих машин по продуктивності.

Таблиця 1 – основні характеристики сучасних концепцій побудови високо-продуктивних зернозбиральних комбайнів на прикладі CLAAS LEXION 8700 та Tribine T1000

Технічні характеристики	CLAAS LEXION 8700	Tribine T1000
	 (джерело: <a href="https://claas.ua/">https://claas.ua/</a> )	 (джерело: <a href="https://tribine.com/">https://tribine.com/</a> )
Двигун	Perkins 2206 D	Cummins (9L)
Максимальна потужність двигуна, кВт/к.с.	420/571	478/650
Ширина молотарки, мм	1700 (ширина барабана)	1680 (ширина похилої камери)
Зерновий бункер, л	15000/18000	35000
Система обмолоту	Гібридна барабанно-роторна PS SYNFLOW HYBRID (APS + ROTOPUS = APS HYBRID SYSTEM)	Роторна з гідравлічно регульованими деками та змінним кутом напрямних планок дек
Площа очистки решет, м <sup>2</sup>	6,2	6,3

Цікавим є й пропонований американськими дослідниками спосіб рихлення ущільненої Tribine T1000 колії за допомогою активної фрези [5]. Тобто, при застосуванні ґрунтоощадних технологій, зернозбиральний комбайн Tribine T1000 є заключним елементом технології, що рухається по полю. Питання подальшого обробітку ґрунту може бути за нульовими технологіями.

Таким чином, метою нашого дослідження є не рекламування Tribine T1000, а порівняння нової компонуванняльної схеми високопродуктивних зернозбиральних комбайнів з традиційними засадами побудови таких машин. Останнє твердження дає змогу розробляти сучасну сільськогосподарську техніку за основними вимогами – екологічність та ґрунтоощадність виробничих технологій.

### Список використаних джерел

1. В. Гречкосій, І. Дацюк. Обмолот: схеми і способи. Механізація АПК.02.03.2012р. URL: [http://agro-business.com.ua/images/4-227/4\\_46.jpg](http://agro-business.com.ua/images/4-227/4_46.jpg).
2. Sheychenko V., Anelak M., Kuzmych A., Gritsaka O., Dudnikov I., Tolstushko N. Investigation of the grain separation process in the three-drum threshingseparating device of a combine harvesterscientific -VI International scientific congress agricultural machinery. 25.06 – 28.06.2018 Burgas, Bulgaria, с. 27-32.
3. Шейченко В.О. Недовесов В.І., Анеляк М.М., Кузьмич А.Я., Грицака О., Дудніков І.А. Особливості обмолоту та сепарації зерна в багатобарабанному молотильно-сепарувальному пристрої. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб. Глеваха, 2018. Вип. №7 (106). с. 63–73.
4. Шейченко В., Анеляк М., Кузьмич А., Дудніков І. Від пшениці до соняшнику. Агромаркет, червень, 2018, №7, с.76-79.
5. Електронний ресурс: [https://agroreport.ru/test-drives/testy-profi/zernouborochnyy-kombayn-tribine-t1000/?sphrase\\_id=59507](https://agroreport.ru/test-drives/testy-profi/zernouborochnyy-kombayn-tribine-t1000/?sphrase_id=59507)

## ОЦІНКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**Бакаєнко А. Г., Попова О. І.**

здобувачі ступеня PhD спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
*Полтавський державний аграрний університет*  
*м. Полтава, Україна*

Працездатність техніки, що працює в аграрному секторі може бути оцінена швидкістю протікання процесів зношування, які знижують її надійність і економічну ефективність використання [1].

Під час експлуатації сільськогосподарської техніки виникає ряд процесів, що знижують їх надійність та працездатність, які за швидкістю протікання умовно можна розділити на три види: швидкі, середньої швидкості та повільні. До швидкопротікаючих процесів можна віднести зміну робочих навантажень і сил тертя в рухомих з'єднаннях, вібрації складальних одиниць і агрегатів.

Повільні процеси відбуваються за період між технічними обслуговуванням і ремонтами: знос, корозія, накопичення внутрішніх напруг в матеріалі деталей, які призводять до зниження потужності, коефіцієнта корисної дії.

Вище зазначені процеси, як правило, викликають пошкодження, призводять до відмов в результаті чого погіршуються характеристики машин. Параметри якісних показників машин визначаються їх функціональним призначенням. Так для двигунів внутрішнього згорання такими характеристиками є потужність, коефіцієнт корисної дії.

Працездатність машин (надійність, довговічність) визначається інтенсивністю вихідних параметрів в результаті старіння, тобто це є

параметрична надійність. Цей вид надійності можна розглядати з позиції теорії інформації, беручи до уваги, що вихідні сигнали, що керують машиною, перетворюються у вихідні параметри, що визначають якісну сторону функціонування системи [2].

Зниження надійності роботи машин пов'язано з виникненням відмов (поступових або раптових). Імовірність виникнення поступового (пов'язаного із зношенням) відмови протягом тимчасового періоду залежить від тривалості часу попередньої роботи.

Раптові відмови є результатом дії несприятливих чинників і випадкових зовнішніх впливів. Слід зазначити, що ймовірність раптової відмови не залежить, як правило, від тривалості часу попередньої роботи. Ці відмови виникають через певний час, який є випадковою величиною.

Поява того чи іншого виду відмови залежить як від швидкості процесу пошкодження, так і від часу початку виникнення цього процесу. Для поступової відмови в процесі експлуатації машини процес починається з початку її роботи. Час виникнення раптової відмови є випадковою величиною, а сам процес відмови протікає дуже швидко.

В процесі експлуатації машини слід прагнути до недопущення відмов, так як це призводить до небажаних наслідків - від різного за розміром збитку до катастрофічних. Ці наслідки пов'язані не тільки з характером самої відмови, але і з такими факторами як час на її усунення, вплив даної відмови на ймовірність виникнення інших відмов.

Широкий діапазон умов, в яких може працювати машина, а також різноманітність виконуваних функцій призводять до необхідності застосовувати імовірнісні характеристики для оцінки її працездатності та визначення економічної ефективності виконуваних робіт. Для цього можуть бути застосовані різноманітні підходи у виборі комплексного показника ефективності, що характеризує працездатність машин. Необхідно, перш за все, визначити показники, які характеризують зміну параметрів машин в процесі експлуатації і провести імовірнісний аналіз їх з метою оцінки надійності всієї системи.

При визначенні надійності повинні бути покладені наступні принципи [3].

1. Використання різноманітної інформації як зі сфери експлуатації і технічного сервісу (застосування різних методів відновлення), так і результати випробування на надійність окремих складальних одиниць машини.

2. Для складних систем допустимо дослідження не всієї області станів параметрів, а лише граничних значень.

При визначенні надійності складних систем необхідно оцінити ймовірність виникнення параметричних відмов. Однак слід враховувати, що в процесі їх експлуатації виявляються нові чинники, пов'язані із взаємодією окремих вузлів і елементів, що призводять до різноманітних відмов і знижують працездатність машин.

Головною проблемою за визначенням надійності складних систем є оцінка зміни їх вихідних параметрів за період тривалої експлуатації.

Таким чином, визначення зміни вихідних параметрів складного виробу при його роботі є тривалим процесом, оскільки слід визначити запас надійності по кожному з них. Коефіцієнт запасу надійності визначається відношенням допуску на вихідний параметр до сфери його існування і залежить від особливостей даного виробу, режимів і умов його експлуатації.

### **Список використаних джерел**

1. Дудніков А.А., Дудніков І.А., Горбенко О.В., Келемеш А.О. Вплив зміцнюючої обробки деталей на надійність машин. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2019. № 3(94). С. 18–23.
2. Dudnikov A., Dudnikov I., Kelemesh A., Gorbenko O. Improving the technology of part machining by surface plastic deformation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Engineering technological systems*. 2019. Vol. 6, № 1 (102). P. 26–32.
3. Дудников А.А., Дудников И.А., Беловод А.И., Дудник В.В., Бурлака А.А. Качество обслуживания техники - основа ее надежности. *Материалы Международной научно-практической конференции "Белагро-2019": Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК*. Минск, Белорусский государственный технический университет, 6-7 июня 2019 года. С. 27-33.

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ НА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ**

**Прілепо Н. В., Півень С. С.**

здобувачі ступеня PhD спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
*Полтавський державний аграрний університет*  
*м. Полтава, Україна*

Якість оброблюваної поверхні деталі, як правило, визначається видом технологічного процесу обробки. Стан поверхневого шару визначають процеси, що виникають при взаємодії робочого інструменту з оброблюваною поверхнею. Якість поверхневого шару деталі, в свою чергу, впливає на працездатність деталі, вузла, машини. У зв'язку з цим питання дослідження зміни якості відновлюваної поверхні є актуальними.

Технологічні методи підвищення довговічності деталей машин включають заходи щодо поліпшення властивостей їх матеріалу при виготовленні або відновленні. При цьому закладаються характеристики і інші показники довговічності деталей машин, що призводять до покращення експлуатаційних властивостей матеріалу [1].

Технологічних способах зміцнення поверхонь деталей машин присвячена велика кількість робіт [2,3], які використовуються, в основному, в практиці машинобудування.

Поверхневий шар оброблюваного матеріалу деталі наділений надлишком енергії, оскільки молекули й атоми, що знаходяться в поверхні в зв'язку з наявністю вільних зв'язків сприяють виникненню таких явищ, як зчеплення, прилипання, через що поверхневий шар набуває особливу будову.

Поверхневий шар утворюється при різних технологічних процесах, які надають необхідну форму поверхні, властивості матеріалу, а також викликають зміну властивостей поверхні деталі. При цьому фізико-механічні параметри поверхневого шару, його структура значною мірою відрізняються від властивостей решти матеріалу оброблюваної деталі.

Надійність і довговічність відновлюваних деталей пов'язані з процесами, що протікають в їх поверхневих шарах, які оцінюються рядом параметрів. Вони характеризують: макро - і мікрогеометрію поверхневого шару; напруги; структуру поверхневого шару після пластичної деформації.

Будова поверхневого шару, як правило, відрізняється від основного матеріалу. При пластичному деформуванні в поверхневому шарі відбувається зрушення в зернах металу, спотворення кристалічної решітки, зміна форми і розмірів зерен.

Відповідно до теорії дислокацій зміцнення металу під дією пластичного деформування полягає в концентрації дислокацій близько ліній зрушень [4].

Наклеп сприяє збільшенню щільності металу пропорційно ступеню пластичного деформування, що можна пояснити збільшенням кількості дислокацій та вакансій в наклепаному шарі металу. Наклеп змінює властивості металу: знижується пластичність, підвищується твердість, збільшується опір деформації. Глибина наклепаного шару визначається зміною мікротвердості, яка вища в поверхневих шарах. Ступінь наклепу визначається відношенням твердості поверхневого шару і вихідного матеріалу.

Зміни в поверхневому шарі відбуваються не тільки в результаті зміцнення, а і через структурні перетворення. На структуру поверхневого шару значний вплив мають окислювальні процеси.

На будову поверхневого шару, його геометричні та фізичні параметри впливає не тільки вид технологічного процесу обробки, але і режими обробки, які можуть бути визначені експериментальним шляхом.

Оптимальні режими забезпечують малу глибину першої зони, мінімальну кількість дефектів і сприятливий рельєф поверхневого шару з підвищеною зносостійкістю.

На стан поверхневого шару оброблюваної деталі впливає мастило і поверхнево-активні речовини. Мастильний шар утворює на контактній поверхні особливу структуру.

З метою інтенсифікації процесів обробки металів тиском із застосуванням різних мастильних речовин вимагає поглибленого вивчення як в практичному, так і теоретичному плані вплив мастила робочого інструмента при пластичному деформуванні. Вирішення цього завдання дозволить розробити технології відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки.



### Список використаних джерел

1. Дудніков А.А., Дудніков І.А., Горбенко О.В., Келемеш А.О. Вплив зміцнюючої обробки деталей на надійність машин. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2019. № 3(94). С. 18–23.
2. Dudnikov A., Dudnikov I., Kelemesh A., Gorbenko O. Improving the technology of part machining by surface plastic deformation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Engineering technological systems*. 2019. Vol. 6, № 1 (102). P. 26–32.
3. Іванкова О.В., Бартош В.Ю. Дослідження впливу зміцнюючих технологій відновлення деталей на ресурс машин. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Харків. РВВ ХНТУСГ, 2019. Вип. 199. С. 54–61.
4. Дудников А. А., Беловод А. И., Пасюта А. Г., Ющенко С. В., Суржко Е. Взаимосвязь параметров вибрационной обработки с качеством поверхностного слоя. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2015. № 2 (38). С. 70-74.

### ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

**Ященко О. В., Шарлай О. В.**

здобувачі ступеня PhD спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
*Полтавський державний аграрний університет*  
*м. Полтава, Україна*

В результаті процесу обробітку ґрунту відбувається зміна його фізико-механічних властивостей. За рахунок механічної дії дискових робочих органів ґрунтообробних машин на ґрунт можуть бути змінені функціонально зв'язані між собою щільність, пористість та питомий об'єм твердої фази.

Оцінювання надійності бурякозбиральних машин можна проводити за такими показниками: викопуваність коренеплодів буряка і ступінь їх пошкодження; напрацювання за сезон збирання; коефіцієнт технічного використання. Ці показники є важливими для оцінки працездатності бурякозбиральної техніки, надійна робота яких значною мірою визначається зносостійкістю дисків копачів.

В процесі роботи диски копачів, руйнуючи зчіплюваність коренеплоду з ґрунтом, створюють зусилля для його подальшого переміщення. Якість технологічного процесу викопування коренеплодів визначається значною мірою наступними параметрами: ступенем розпушування ґрунту в зоні кореня; матеріалу лез ножів дисків; частоти обертання активного і пасивного дисків. Ступінь розпушення ґрунту впливає на процес сепарації коренеплодів, втрати цукрової маси в кореневих рештках, пошкодження плодів.

Диски копача знаходяться під кутом до вертикальної площини і до напрямку руху так, щоб передні кромки дисків були віддалені одна від одної, а

задні кромки зближені між собою. Активний диск примусово обертається з певною кутовою швидкістю, а пасивний диск обертається вільно.

Бурякозбиральні машини повинні забезпечити підкопування і вивільнення з ґрунту 98,5% коренеплодів, а кількість їх пошкоджень не має перевищувати 5-8% [1].

При викопуванні буряка дискові ножі, підрізаючи шар ґрунту з коренеплодами, руйнують його і затискають їх в самій вузькій частині між дисками (в руслі), де здійснюється активне руйнування внутрішніх зв'язків ґрунту з коренеплодами.

Збільшення ступеня затиснення дисковими копаками шару ґрунту з коренеплодами сприяє значному руйнуванню як внутрішньогрунтових зв'язків, так і зв'язків коренеплоду з ґрунтом, що забезпечує підвищення відсотку викопуваності і зниження ушкодження коренеплодів.

Надійність роботи дискових копачів зазначених варіантів може бути також оцінена напрацюванням комбайна, що припадає на одиницю зносу по радіусу леза ножа диска.

Важливим показником надійності бурякозбиральної техніки є коефіцієнт технічного використання, оскільки він слугує оціночним показником всього бурякозбирального комплексу. Він кількісно характеризує властивості як безвідмовності об'єкта, так і ремонтпридатності, і враховує як час перебування об'єкта в працездатному стані, так і час на технічне обслуговування і ремонт [2].

Надійність системи може бути визначена за даними її складових елементів, так як визначати цей показник деталі або складальної одиниці простіше, ніж всієї системи. Тому надійність роботи бурякозбирального комбайна потрібно оцінювали за показником надійності дискових копачів нових і відновлених за розробленою технологією.

Підвищення ефективності технологічного процесу викопування та сепарації коренеплодів може бути забезпечена при виконанні наступних критеріїв [3]:

1. Тиск ґрунту з коренеплодами на лезо ножа в самій вузькій частині русла викликає збільшення як пружної, так і пластичної деформації, що буде призводити до збільшення вузької частини русла. Це, в свою чергу, буде знижувати руйнування ґрунту і вивільнення коренеплодів буряка. Для підвищення жорсткості та зносостійкості робочої поверхні леза ножа необхідний наплавлений шар сормайт, що також сприятиме більшому руйнуванню ґрунту і, отже, створює умови для підвищення ефективності викопування.

2. Важливим фактом є наявність приварених ребер на поверхні пасивного диска, що знижує його деформованість при вільному перекочуванні в ґрунті і створює одночасно вібруючий ефект, який сприяє збільшенню руйнування внутрішніх зв'язків в ґрунті і зв'язків ґрунту з коренеплодами. При цьому відбувається процес більш повного розтирання здавленого шару ґрунту. Це

додатково покращує процес ліквідації внутрішніх взаємозв'язків ґрунту і коренеплоду і, в свою чергу, сприяє сепарації ґрунту і очищенню коренеплодів.

Таким чином, забезпечення вказаних рішень при роботі дискових робочих органів дозволить підвищити надійність технологічного процесу та ефективність викопування коренеплодів.

### **Список використаних джерел**

1. Дудников А. А., Беловод А. И., Пасюта А. Г., Ющенко С. В., Суржко Е. Взаимосвязь параметров вибрационной обработки с качеством поверхностного слоя. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2015. № 2 (38). С. 70-74.

2. Dudnikov A., Dudnik V., Kanivets A., Bilovod O., Burlaka A. Investigation of the influence of vibration oscillations in the processes of strengthening processing of machine parts. *TECHNOLOGY AUDIT AND PRODUCTION RESERVES*. 2019. № 1/1(45). Р. 4-9.

3. Пасюта А.Г., Біловод О.І., Келемеш А.О., Дудніков А.А. Вплив зміцнення на якість відновлення ріжучих елементів ґрунтообробних машин. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Харків. РВВ ХНТУСГ, 2015. Вип. 158. С. 51–55.

## **ПРАКТИЧНА ПІДГОТОВКА СТУДЕНТІВ: ДЛЯ ЧОГО; ЯК; ДЕ?**

**Горбенко О. В.**

к.т.н., завідувач кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет*  
м. Полтава, Україна

Ні для кого не є секретом, що практична підготовка студентів має важливе значення для підготовки висококваліфікованих кадрів. Але «важливість» кожен з нас розуміє по-різному. Тому завданням даного тексту є розгляд різних точок зору з даного питання для огляду, повідомлення, узагальнення та знаходження шляхів по покращенню практичної підготовки.

Практична підготовка (згідно Ст. 50, 51 ЗУ Про вищу освіту) є однією з форм організації освітнього процесу, яка здійснюється шляхом проходження практики на підприємствах, в установах, організаціях та структурних підрозділах закладу вищої освіти. При здобуванні інженерної (технічної) спеціальності практична підготовка є незамінною частиною навчання. Так як студент може мати відмінні теоретичні знання з усіх компонентів освітньої програми, але не пройшовши практику, він може досить довго потім адаптуватися до реальних виробничих умов.

Практична підготовка на інженерно-технологічному факультеті реалізується згідно представленої схеми (рис. 1).



Рис. 1 – Схема реалізації практичної підготовки здобувачів вищої освіти ступеня бакалавр спеціальності 208 Агроінженерія

Для ознайомлення з метою, завданнями, компетентностями та програмними результатами навчання по окремим видам практик слід скористатись посиланням  
(<https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/node/6000/naskriznaprogramapraktyky208agroinzheneriyabakalavr2020.pdf>). Для меншого заглиблення в академічний текст, представлю більш суб'єктивне бачення важливості певних компонентів практичної підготовки.

Навчальна практика з М і ТКМ є першою і найбільш важливою складовою практичної підготовки, яка проводиться на першому курсі. Це пов'язано з тим, що студент має змогу ознайомитися з реальними процесами, обладнанням, устаткуванням, інструментами, які часто використовуються в професійній діяльності. І дана практика дозволяє усвідомити студенту правильність обрання спеціальності (тобто відповісти для себе на питання: «моє це, чи не моє?»). Тому організація практики та використання сучасного обладнання має надважливе значення, так як впливає на перспективність подальшого навчання студентів.

Важливим елементом є самостійне виконання певних завдань із закінченим циклом (наприклад студент по кресленню виготовляє на токарно-гвинторізному верстаті петлі на ворота). На перший погляд просте завдання, але воно має на меті глибоке значення. По-перше, студент навчається читати технічне креслення і починає розуміти як помилки в кресленні впливатимуть на готовий виріб; по-друге – набуває поглиблених практичних знань щодо режимних параметрів технологічного процесу механічної обробки (а це студенту зробити не просто); по-третє – формується загальне уявлення виготовлення певного виробу «від креслення до готової деталі».

На кожній складовій проходження практики (слюсарна обробка, механічна обробка, виконання зварювальних операцій) в студентів проявляється зацікавленість самостійного виконання операцій, або зацікавленість в самому технологічному процесі – і це є ключовим фактором для отримання нових компетентностей і результатів навчання.

Стосовно навчальної практики з підготовки та роботи МТА, то тут слід відмітити роботу студентів на великій техніці, а саме досвід роботи на такій техніці. Адже якщо студент ще жодного разу не сідав за кермо трактора (а по ряду причин таких студентів є більшість) то перша емоція, що виникає є страх. І тільки досвід роботи на відповідній техніці може його перебороти. А якщо студент не отримає такого досвіду – це буде велика проблема і для нього, і для майбутнього роботодавця. І не пройшовши відповідної практики, в більшості випадків наступні виробничі практики теж будуть ігноруватися, тобто проходження практики може стати формальним.

Ще слід відмітити, що при проходженні навчальних практик в студентів формується загальне відношення до всіх подальших практик. Відповідно дані практики, на ряду з іншими освітніми компонентами, формують відповідальність студента до навчального процесу загалом. І обов'язковість їх проходження, а саме проходження в повному обсязі, належний контроль з боку керівників практики, відсутність корегувань з боку адміністрації, є запорука формування відповідних компетентностей та результатів навчання згідно освітньо-професійної програми, що в свою чергу надає здобувачам вищої освіти бути конкурентноздатними професійними фахівцями в обраній спеціальності.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ СПЕЦІАЛЬНОГО ЛЕГОВАНОГО ЧАВУНУ**

**Хомлюк В. О.**

здобувач вищої освіти СВО «Магістр» спеціальність 208 Агроінженерія

**Сівцов О. В.**

старший викладач кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва

*Полтавський державний аграрний університет  
м. Полтава, Україна*

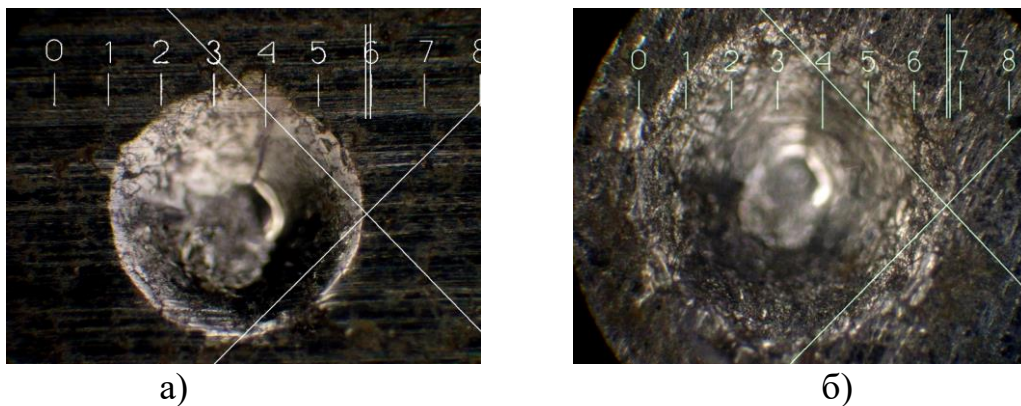
Найбільш важливими механічними властивостями поверхневих шарів матеріалів, є їх твердість і пластичність, оскільки вдале поєднання цих характеристик визначає зносостійкість [1, 2].

Визначення пластичності металів методом заглиблення індентора і утворення пластичного відбитку у відомих способах засновано на гіпотетичній однозначній зворотній залежності між величиною твердості і пластичності.



В результаті використання «Методу експериментальної оцінки пластичності поверхневих шарів деталей машин» [3], в ході досліджень заглиблювали стандартний наконечник з діамантовим конусом у випробовуваний зразок під дією попереднього і основного навантажень, що послідовно додавалися. Виконували вимірювання двох відносно незалежних параметрів пластичного відбитку – глибини  $t$  і діаметру по вершині напливу  $d$ , за отриманими значеннями яких робили висновок про відносне видовження при розтягуванні поверхневих шарів металів.

На рис. 1 і 2 представлені відбитки індентора на робочих поверхнях зразків, оброблених промисловим гартуванням ТВЧ і оброблених за технологією термомеханічного зміцнення.



а) термомеханічно зміцнених:  $T_{\text{деф}} = 870^{\circ}\text{C}$ ,  $\lambda = 17\%$ ,  $T_{\text{омн}} = 200^{\circ}\text{C}$  ( $\times 130$ , в зворотному світлі). б) зміцненого промисловим гартуванням ТВЧ ( $\times 130$ , в зворотному світлі).

Рисунок 1. – Характер відбитків на зразках

Характер відбитків (достатньо чіткий їх контур) свідчить про допустимість і прийнятність використання даного методу для досліджуваного матеріалу із використанням вказаних способів зміцнення. В результаті дослідження механічних властивостей поверхневого шару спеціального легованого чавуну, обробленого за технологією термомеханічного зміцнення, та в результаті опрацювання експериментальних даних, згідно прийнятим методикам, були отримані наступні значення твердості і параметра пластичності (табл. 1.).

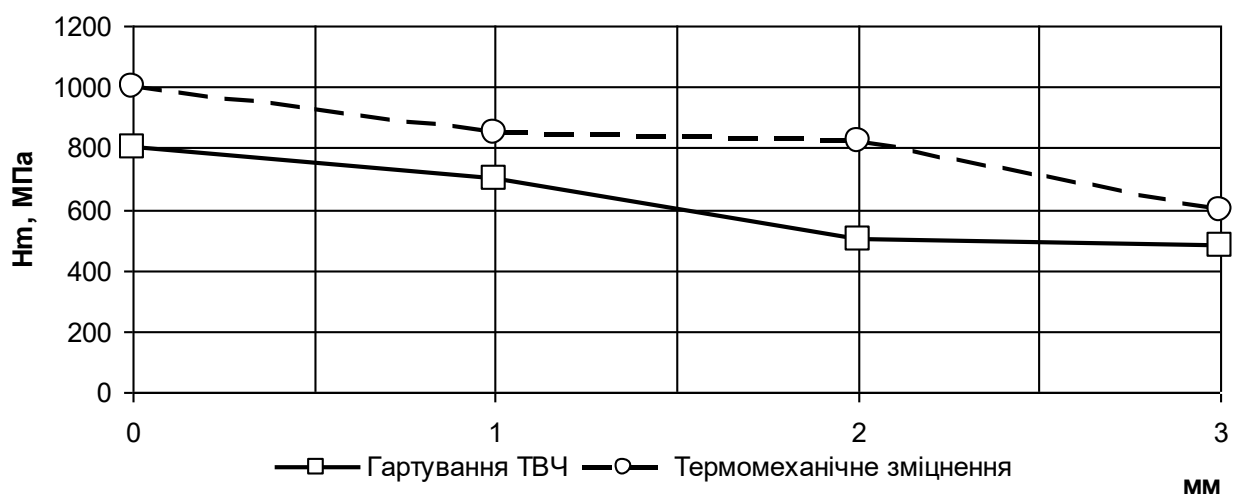
Таблиця 3.1 – Результати дослідження механічних властивостей

№ крапки на рис. 1.	Режим термомеханічного зміцнення			Твердість HRC	Параметр пластичності	
	$T_{\text{деф}}, ^{\circ}\text{C}$	$\lambda, \%$	$T_{\text{омн}}, ^{\circ}\text{C}$		$y=t/d$	$\delta 5B \%$
1	830	17	б/о	47,3	0,18064	6,50
2	830	17	200	44,6	0,18725	9,43
3	830	17	350	44,8	0,18400	7,90
4	870	17	б/о	47,8	0,18247	7,27

5	870	17	200	45,1	0,18785	9,73
6	870	17	350	45,6	0,18516	8,38
7	910	17	б/о	48,9	0,17765	5,51
8	910	17	200	45,5	0,18614	8,83
9	910	17	350	45,7	0,18256	7,30
10	830	9	200	44,4	0,18128	6,77
11	830	21	200	46,2	0,18440	8,06
12	870	9	200	45,3	0,18424	7,85
13	870	21	200	46,5	0,18501	8,30
14	910	9	200	45,7	0,18131	6,78
15	910	21	200	47,0	0,18198	7,09
16	Промисловий зразок			47,4	0,16432	2,65

Результати досліджень механічних властивостей показують, що твердість поверхневого шару зразків, термомеханічно зміцнених, знаходиться в межах 42-50 HRC, що відповідає технічним умовам на виготовлення гільз циліндрів двигунів Д-243. Крім того, при приблизно однаковій твердості (одного порядку) для всіх варіантів термомеханічно зміцнених зразків спостерігається значне підвищення (у 2,0 – 3,6 рази) параметра пластичності в порівнянні із зразками виготовлених з промислових гільз, загартованих ТВЧ. Останнє є наслідком сприятливого впливу особливостей термомеханічного зміцнення на досліджуваний матеріал.

Особливий інтерес в дослідженнях, що проводилися, представляє зміна глибини зміцненого шару зразків, за технологією термомеханічного зміцнення. Даний показник для гільз циліндрів, що промислово виготовляються, згідно технічним умовам на виготовлення деталі регламентується в межах 1,00-1,25 мм – для гільз двигуна Д-243 (рис. 2.). При такій величині зміцненого шару гільзи двигуна Д-243 ремонт передбачається згідно ТУ два рази [4 і ін.].



1 – гартування ТВЧ; 2 – термомеханічне зміцнення.

Рисунок 3.3. – Залежність мікротвердості  $H_m$  від глибини зміцненого шару після різних варіантів зміцнювальних технологій

Вимірювання мікротвердості в поверхневому шарі зразків після термомеханічного зміцнення показало, що її значення відповідають мікротвердості мартенситу. По всій глибині мікротвердість  $H_m$  знаходиться на достатньо високому рівні з незначним зниженням, що ілюструється кривою 2 на рис. 2, а також розмірами відбитків діамантової пірамідки на рис. 1.а. При цьому лише на глибині більше 2,5 мм настає помітне зниження мікротвердості. Глибина (до 2,5 мм) зміцненого шару дозволяє передбачати відновлення деталі методом ремонтних розмірів.

### **Список використаних джерел**

1. Цыбульский В.А., Савченков Б.В., Дудукалов Ю.В. К выбору критерия износостойкости при испытаниях материалов на трение и изнашивание // Вестник ХГАДТУ. – Харьков: Изд-во ХГАДТУ, 2000. – № 12-13. – С.79-81.
2. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Колокольников М.Г. Абразивное изнашивание. – М.: Машиностроение, 1990. – 24 с.
3. Южаков И.В., Ямпольский Г.Я., Калугин Ю.К. Метод определения пластичности поверхностных слоев материалов // Всесоюз. конф. «Стандартизация и унификация средств и методов испытаний на трение и износостойкость». – М.: Изд-во ВСНТО, 1975. – Сб. 3 – С. 120-124.
4. Капитальный ремонт автомобилей: Справочник / Под ред. Р.Е. Есенберлина. – М.: Транспорт, 1989. – 335 с.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ НА СВИНОФЕРМАХ З ВИКОРИСТАННЯМ КОРМОРОЗДАВАЧА - ЗМІШУВАЧА**

**Велит І.А.**

к.т.н., доцент кафедри технології та засоби  
механізації аграрного виробництва, доцент

**Безуглий А. Е., Кваша А. В.**

здобувачі вищої освіти СВО «Бакалавр» спеціальності 208 Агроінженерія  
*Полтавський державний аграрний університет,  
м. Полтава, Україна*

Одне з основних завдань галузі тваринництва є забезпечення населення м'ясними продуктами високої якості відповідно до науково-обґрунтованих норм.

Успішний розвиток галузі тваринництва можливий при забезпеченні високоякісними кормами та грамотним їх використанням при згодовуванні тваринам [1]. Це можливо за рахунок модернізації технологій приготування збалансованих кормових сумішей, збільшення їх поїдання і засвоюваності.

Застарілі технології та технічні засоби для приготування кормів до згодовування створюють умови для зниження їх поживної цінності на 25 ... 30%, а при нерівномірній роздачі - до 24% [2].

Кормоцехи для приготування кормів через високі енерговитрати використовують вже рідше. З метою підвищення ефективності операцій приготування та роздавання кормів, зниження енергоємності на одиницю виробленої продукції необхідно удосконалювати обладнання для приготування і роздачі кормових сумішей [3].

Удосконалення технологічних і технічних рішень машинних технологій приготування кормових сумішей і застосування кормороздавачів удосконаленої конструкції, оснащених перспективними робочими органами, дозволить поліпшити показники якості і витрати енергії в лініях годування та роздавання кормів на свинарських фермах.

Важливе значення мають зоотехнічні вимоги до машин та обладнання про неприпустимість травмування тварин, зниження якості і псування кормів або продукції в процесі їх обробки.

Фізико-механічні властивості готової кормової суміші (об'ємна маса, липкість і ін.) дають можливість налаштовувати дозуючі органи кормороздавача на задану дозу в залежності від маси тварин та їх продуктивності із заданою точністю.

В роботі проаналізовано машини та обладнання для приготування та роздавання кормових сумішей на свинарських фермах. На свинофермах широко використовуються мобільні кормороздавачі з електроприводом. Електромобільні кормороздавачі оснащуються шнековими або барабанними дозаторами. Кормороздавачі типу РС-5,0А, КС-1,5 та КСП-0,8 переміщаються по рейкового шляху, укладеному у кормовому проході. Вивантажувальний орган корму шнекового типу [4].

Кормороздавачі КС-1,5 можна використовувати для приготування і роздачі як вологих мішалок, так і напіврідких і сухих кормів. Кормороздавач КСП-0,8 – багато ємнісний. Він призначений для нормованої роздачі мішанок вологістю 65-75% для свиноматок, а також сухого комбікорму і відвійок для поросят-сосунків в свинарниках-маточниках. Кормороздавач-змішувач має основний бункер з мішалкою, два додаткових бункера для сухих кормів і дві фляги для відвійок із зливним пристроєм.

Запропоновано удосконалити конструкцію кормороздавача-змішувача КСП-0,8 заміною металевих коліс на пневматичні. Це підвищує маневреність обладнання і зменшує витрати електроенергії.

Кормороздавачі запропонованої конструкції працездатні, прості в виготовленні, надійні в роботі, відповідають зоотехнічним вимогам.

Результати досліджень кормороздавачів-змішувачів при видачі корму в індивідуальні та групові годівниці приведено в таблиці 1.

	
<p>Рисунок 1- Кормороздавач КСП-0,8 на металевих колесах</p>	<p>1 - бункер, 2 - пневматичні шини, 3 - місце для оператора, 4 - електромотор, 5 - рама, 6 - шнековий дозатор Рисунок 2- Удосконалена конструкція кормороздавача КСП-0,8 на пневматичних колесах</p>

Таблиця 1 – Результати досліджень кормороздавачів-змішувачів при видачі корму в індивідуальні та групові годівниці

Показники	Норма корму, кг	Нерівномірність дозування, %	Питомі витрати енергії, Вт с/кг
Кормороздавач на рельсовому візку зі шнековим дозатором			
Вологі мішанки (W=66%)	5,2	2,75	0,093
Суха кормова суміш (W=12%)	4,9	1,5	0,096
Кормороздавач на рельсовому візку з барабаним дозатором			
Вологі мішанки (W=66%)	5,75	2,41	0,092
Суха кормова суміш (W=12%)	3,3	1,78	0,07
Кормороздавач на пневматичних колесах зі шнековим дозатором			
Вологі мішанки (W=66%)	5,59	2,82	0,09
Суха кормова суміш (W=12%)	5,17	1,55	0,085

Аналіз результатів показує, що кормороздавачі можуть видавати сухі розсипні кормові суміші і вологі мішанки в групові та індивідуальні годівниці. Межі регулювання подачі забезпечують необхідну норму видачі свиням відповідно до зоотехнічних вимог.

Застосування електромобільних кормороздавачів з удосконаленими конструктивними параметрами ходової частини на пневматичні колеса дозволяє знизити витрата електроенергії на процес роздавання кормової суміші на 3,3% порівняно з кормороздавачем на рельсовому візку зі шнековим дозатором, зменшити собівартість виробництва свинини в фермерських господарствах.



### **Список використаних джерел**

1. Сторожук Л.О. Історія розвитку в Україні техніки для переробки зернового корму в індивідуальних підсобних господарствах / Л.О. Сторожук // Історія науки і біографістика. 2007. №1. С.42–50.
2. Резник Е.И. Малым фермам – современную кормоприготовительную технику / Е.И. Резник // Тракторы и сельскохозяйственное машиностроение. 1985. №6. С. 51-57.
3. Велит І.А., Неділько Я.В. Дорохін Р.С. Зернодробарки для малих свиновідгодівельних ферм. / Велит І.А., Неділько Я.В., Дорохін Р.С. // Центрально український науковий вісник. Технічні науки. Випуск 2 (33) Кропивницький 2019р. С 17-25.
4. Велит І.А., Іванкова О.В., Бовсуновський В.М., Бурлака О.А. /Машини та обладнання для кормоприготування на малих фермах. Навчальний посібник. – Полтава. Cory-Print 2019.–91с.

## **ІННОВАЦІЙНІ АГРОІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОЛОЧНОМУ СКОТАРСТВІ**

**Воскобійник Р. О.**

здобувач вищої освіти СВО «Магістр» спеціальності 208 Агроінженерія  
*Полтавський державний аграрний університет*

**Яценко Ю. В.**

к.т.н., начальник відділу

*Головне управління Держпродспоживслужби в Полтавській області  
м. Полтава, Україна*

Вітчизняне молочне скотарство має реальний шанс вирішення усіх накопичених за минулі роки проблем, які заважають стати йому справді конкурентоспроможною галуззю тваринництва та одним із найбільш прибуткових видів агробізнесу. Потрібні лише воля, бажання і фінансові можливості, щоб зробити досить розумний інвестиційний крок – впровадити інноваційну систему роботизованого добровільного доїння.

У світі сьогодні налічується, за різними експертними оцінками, вже понад 6000 ферм із системами автоматичного доїння. Найбільш поширене роботизоване доїння корів у країнах Європи. Зокрема, значна кількість роботів-доярів зосереджена в Данії, Нідерландах, Німеччині, Швеції, Великобританії та Франції.

Основна перевага доїльних роботів порівняно із традиційними системами – можливість цілодобової роботи впродовж 24 годин, з яких 21 година відводиться на процес добровільного доїння, а 3 години необхідні для двох циклів миття та очищення лазерного сенсора. Один робот здатний обслуговувати в середньому 50–70 корів.

На ринку сьогодні представлений досить широкий асортимент обладнання технології роботизованого доїння корів від різних компаній. Їх об'єднує спільна мета – ефективне управління конкурентоспроможним виробництвом продукції.

Всі роботизовані доїльні системи можна умовно розділити на три групи: один доїльний бокс із роботом-маніпулятором; роботизована система складається з декількох доїльних боксів, що обслуговуються одним роботом, та система, яка оснащена двома і більше роботами, кожен з яких обслуговує кілька доїльних боксів.

Найбільш відомими сьогодні є роботи-дояри компанії Lely і DeLaval. В Україні є представництва цих компаній, налагоджена робота сервісних служб. Короткий огляд їх пропозицій досить переконливо свідчить на користь необхідності широкого впровадження цих технологій у нашої країні.

Так, компанія Lely пропонує новий доїльний робот Lely Astronaut A4, унікальною особливістю якого є спеціальна конструкція боксу, що забезпечує зручне проходження корів. Ця конструкція реалізує концепцію вільного потоку. Конструкція виконана з урахуванням особливостей утримання корів.

Компанія DeLaval пропонує цілісну систему добровільного доїння VMS, що включає швидкий, гнучкий і безшумний гідравлічний маніпулятор, керований подвійними лазерами і оптичною камерою. Відкрита конструкція роботизованої станції забезпечує вільний доступ до корови, даючи можливість при необхідності надягати доїльні стакани вручну. VMS забезпечує чудову гігієну доїння завдяки повністю автоматизованій попередньої його підготовки.

Крім обладнання вище перелічених компаній, певний інтерес представляють технології одного зі світових лідерів доїльних систем для молочного скотарства – GEA Farm Technologies. Компанія пропонує мультибоксіві доїльні системи MOne. При розробці MOne була використана концепція доїльного центру. Всі необхідні функції і обладнання сконцентровані в одному місці. Основна ідея доїльного центру – це впровадження зони очікування з попереднім відбором, а також можливістю відбору після доїння. Це забезпечує кращий огляд і доступ для оператора до техніки і корів, і як наслідок – високий рівень ефективності технологічного процесу доїння.

Однією з головних перешкод, що стримує в Україні впровадження проєктів роботизованого доїння корів у вітчизняних господарствах, є його висока вартість. За критерієм співставлення відношення вартості одного умовного місця в тваринницьких приміщеннях із розрахунку на корову роботизовані станції добровільного доїння набагато поступаються аналогічному за функцією сучасному автоматизованому доїльному залу навіть у лінійці обладнання однієї і тієї ж самої компанії.

Дозволити собі сьогодні придбати роботизовану систему добровільного доїння можуть поки що лише агрохолдинги або ж великі сільськогосподарські підприємства. Адже вартість обладнання досить суттєво зросла за останній рік, проте не є абсолютно непід'ємною для інвестора, який має бажання займатися виробництвом високоякісного молока.

Проте без впровадження таких технологій вітчизняній галузі молочного скотарства буде досить складно конкурувати не лише за можливість експорту молочної продукції на ринки інших країн, де діють досить жорсткі критерії її якості та харчової безпеки, але й зберегти позиції на внутрішньому ринку.

До переліку економічних переваг використання технологій роботизованого доїння передусім слід віднести:

- суттєве підвищення якості отриманого молока, що відповідає усім екологічним вимогам безпечного виробництва продукції, а відповідно, її ціна завжди є вищою;
- покращення умов утримання тварин, зниження захворювань і подовження господарського їх використання;
- підвищення молочної продуктивності дійного стада, що в цілому забезпечує одержання більшого обсягу доходу на корову;
- економія на необхідності будівництва доїльної зали, оскільки цю технологію можна впровадити шляхом реконструкції наявних тваринницьких приміщень;
- ефективне і гнучке використання робочого часу та зменшення фактору трудомісткості у собівартості виробництва продукції;
- приносити користь споживачам і суспільству в цілому.

Якість молока – це передусім вища ціна реалізації, а отже, і прибутковість виробництва. Саме це дає найбільшу економічну перевагу, що поряд з високою продуктивністю корів та низькою трудомісткістю виробництва молока забезпечує конкурентоспроможність продукції на будь-якому ринку.

## **СОНЯЧНА ТЕПЛОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА**

**Каліч В. М.**

к.т.н., професор кафедри автоматизації виробничих процесів, професор

**Плешков П. Г.**

к.т.н., професор, завідувач кафедри електротехнічних систем та

енергетичного менеджменту, професор

**Солдатенко В. П.**

к.т.н., старший викладач кафедри електротехнічних систем

та енергетичного менеджменту

**Нгені С. Л.**

студент бакалаврату, спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

*Центральноукраїнський національний технічний університет  
м. Кропивницький, Україна*

Електроенергетика в Україні на сучасному етапі розвивається в напрямку зростання частки виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), а також впровадження конкурентоздатних технологій акумулювання

електричної енергії, зростання обсягу акумульованої енергії в піки її виробництва та мінімуму споживання.

Науковцями кафедри електротехнічних систем та енергетичного менеджменту, а також кафедри автоматизації виробничих процесів Центральноукраїнського національного технічного університету було виконано аналізування використання відновлюваних джерел енергії в системах електропостачання України за матеріалами [1, 2].

Встановлено, що найбільшого розповсюдження отримали:

- сонячні електростанції (СЕС);
- вітрові електростанції (ВЕС);
- малі гідроелектростанції (МГЕС);
- біогазові електростанції (БГЕ).

Результати аналізу приведені на рисунку 1.

Як видно з рисунка 1 найбільш динамічно впроваджуються СЕС. В переважній більшості в установках для СЕС використовують технологію перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну за допомогою фотоелектричних панелей (ФЕП). Це спричинюється значним зниженням вартості обладнання для сонячної фотоенергетики, яке відбулося за останні роки. Разом з тим все більше питань до фотоелектричної технології постає з точки зору екологічності виробництва кремнієвих панелей, їх подальшої утилізації та енергетичної ефективності з огляду на термін служби обладнання і стрімкою деградацію фотоелектричних панелей.

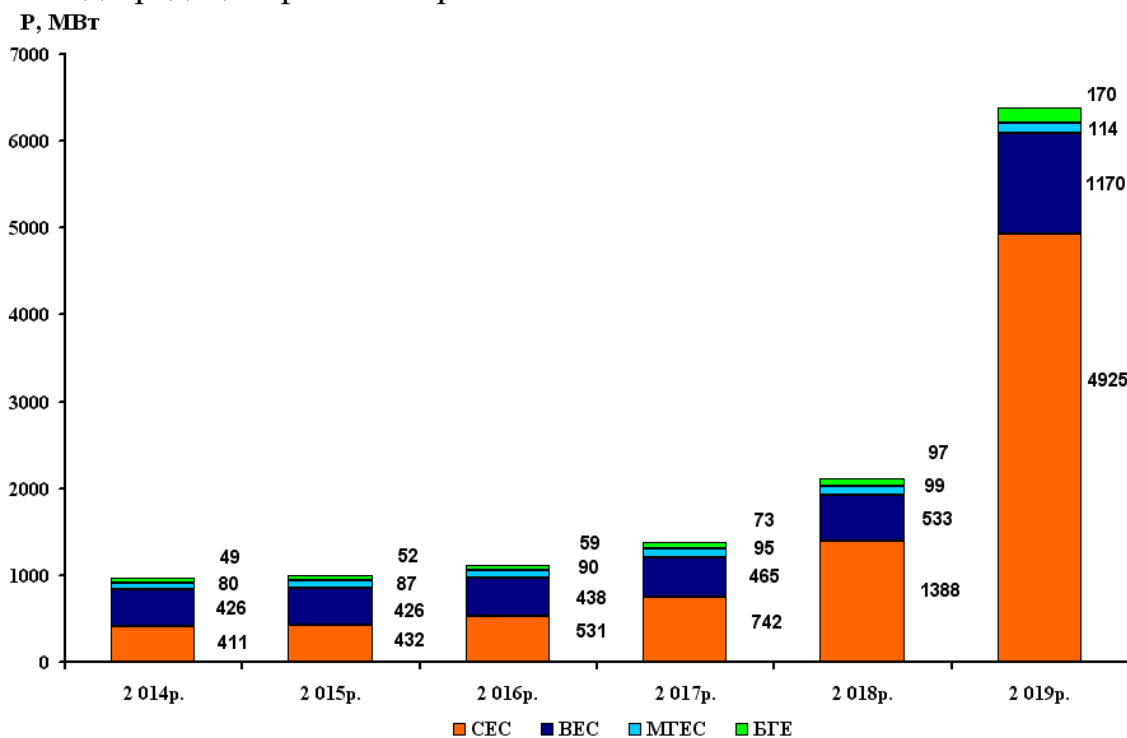


Рисунок 1. Стан розвитку відновлюваної електроенергетики в Україні.

Виробництво сонячних фотоелектричних панелей вимагає значних затрат енергії, що пов'язано із переробкою корисних копалин (кремній, метали,

полімери тощо). Затрати енергії та викиди парникових газів, які невідворотно супроводжують процес виробництва фотоелектричних панелей, будуть компенсовані за рахунок чистої енергії сонця лише через кілька років роботи сонячних електростанцій з ФЕП.

Зважаючи на викладене вище, представляють інтерес енергетичні установки малої потужності, що працюють по технології перетворення сонячної енергії в електричну з використанням сонячних концентраторів для нагрівання робочого тіла, що використовується для приводу мікротурбіни з електрогенератором. Одна із можливих реалізацій установки малої потужності за такою технологією приведена на рисунку 2.

Система функціонує наступним чином. Сонячна енергія перетворюється на теплову за допомогою сонячних концентраторів 5. Нагрітий теплоносієм надходить в сепаратор, де відділяється його рідка фаза. Перегріта пара подається в мікротурбіну 2, на спільному валу з якою закріплений синхронний електрогенератор 3. Відпрацьований теплоносієм подається в конденсатор 6 та після конденсації подається насосом 12 назад до сонячних колекторів. Вироблена електрогенератором 3 електрична енергія з нестабільними параметрами напруги та частоти через мережу 7 подається на вхід перетворювача частоти 8. Після перетворення електроенергія подається споживачам електричної енергії 11 або через лічильник 9 в загальну електричну мережу 4. Відведена в конденсаторі теплота передається холодній воді з трубопроводу 13 і передається споживачам теплоти через трубопровід 10, де циркулює гаряча вода.

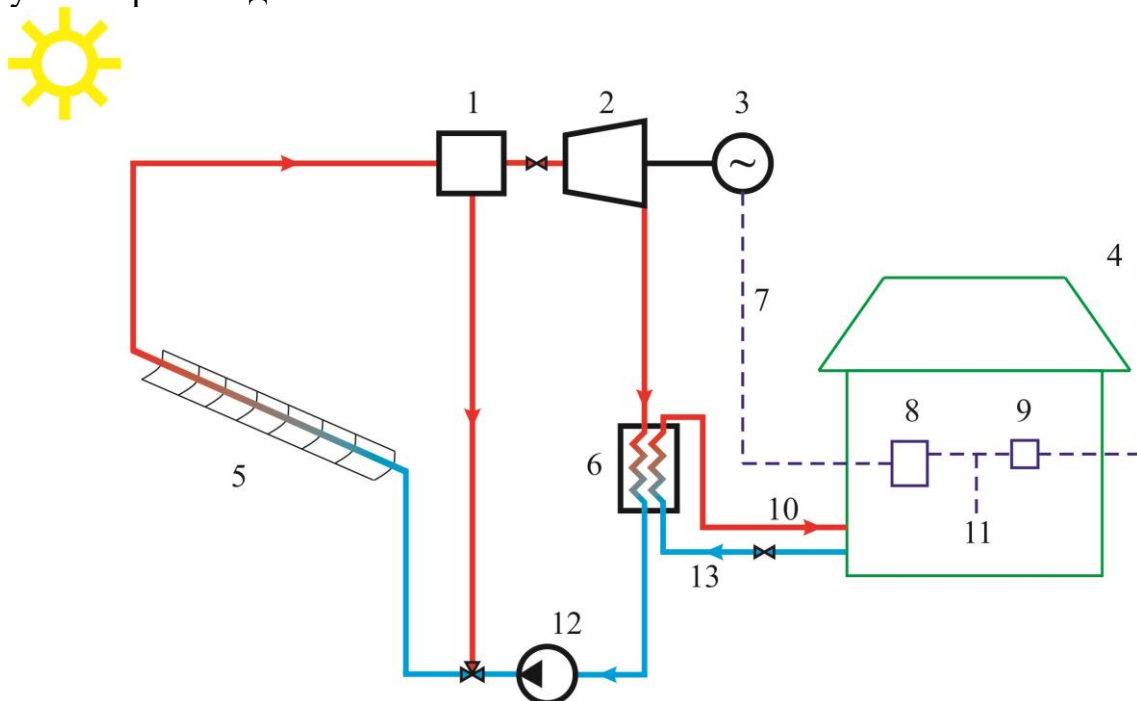


Рисунок 2. Стан розвитку відновлюваної електроенергетики в Україні.

Як показують дослідження [3], такі системи можуть бути конкурентними із фотоелектричними панелями в якості перетворювачів електричної енергії.



Окрім того матеріали, що використовуються в таких системах піддаються повторній переробці та створюють менші екологічні навантаження на довкілля порівняно із кремнієвими фотопанелями. Відтак розробка таких систем є досить перспективною.

Найближчими роками системи, які використовують лише фотоелектричне або лише теплове перетворення сонячної енергії досягнуть своїх граничних характеристик. Саме тому нові системи, які використовують одночасно обидва типи перетворення, як альтернатива традиційним установкам, представляють все більший інтерес для розробників нових технологій.

### **Список використаних джерел**

1. Державне агенство з енергоефективності та енергозбереження України. Офіційний сайт. Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/news/2450>
2. Національна енергетична компанія Укренерго. Офіційний сайт. Режим доступу: <https://ua.energy>.
3. Paul Koltun<sup>1</sup>, Vasyi Klymenko, Valentyn Soldatenko, Serhii Kononchuk, Ruslan Teliuta (2021) Environmental assessment of small scale solar thermal electricity generation. Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1021, International Scientific Conference Energy Efficiency in Transport (EET 2020) 18th-20th November, Kharkiv, Ukraine Citation Paul Koltun et al 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1021 012015.

**UDC 573.036**

### **THE USE OF HEAT PUMPS FOR HEAT SUPPLY OF BUILDINGS AND AGRICULTURAL STRUCTURES**

**Davlonov Kh. A.**

Ph.d ., associate professor of the department of alternative energy,

**Dusyarov A. S.**

Ph.d ., associate professor of the department of alternative energy,

**Yakhshibaev Sh. K.**

senior lecturer of the department of heat power engineering,

**Pardaev Z. E.**

lecturer of the department of heat power engineering,

**Toshbaev A. R.**

lecturer of the department of heat alternative energy

*Karshi engineering and economic institute*

*Karshi, Uzbekistan*

The problem of heat supply of agricultural structures is one of the most acute in the energy sector. Currently, energy saving and rational use of energy resources in agriculture is an urgent problem for many industries.

The heat pump is a device for transferring thermal energy from the source to the consumer. According to forecasts of the World Energy Committee, until 2020 in advanced countries, heating and hot water supply using a heat pump will be 75% [1, 2]. This forecast is successfully confirmed and at present there are about 30 million thermal pump of various unit power - from several kilowatts to hundreds of megawatt.

The source of low potential warmth can be warm both natural and artificial origin. Industrial discharges can act as artificial sources of low potential heat:

- tell technological processes;
- bead heat dissipation.

The ideal source of heat should give a stable temperature and have favorable thermophysical characteristics. In most cases, the existing heat source is a key factor determining the operational characteristics of the thermal pump.

With the help of thermal pumping installations, it is possible to reliably solve the levels of heat supply of agricultural facilities located away from thermal communications - farms. In general, the schemes with thermal pumps are universal and applicable both in civil, industrial, agriculture and in private construction. As the most important areas of the use of heat pumps in agriculture, we can specify the following: the ultimate heat, air conditioning and ventilation of the premises.

Therefore, there are large potential use of low potential heat and heat pump to implement this potential. The heat of increased potential obtained in thermal pumps has wider areas of use, it can also be used for heating and hot water supply.

In addition, thermal pumps have other advantages:

- ecology, i.e. no emission of harmful substances;
- operation of operation;
- reliability, practically no service required;
- comfort, heat pump is working silently;
- flexibility, thermal pump is compatible with any circulating heating system;
- universality in relation to the type of energy used (electrical or thermal);

The main advantage of the heat pump is economy: for transmission to the heating system 1 kW · h thermal energy, it is necessary to spend only 0.2-0.35 kW · h of electricity. In addition, it is reduced to a minimum of CO<sub>2</sub> emissions into the environment.

Another advantage is universality: the heat pump can be switched from the heating mode to the air conditioning mode in the summer.

Currently, more than 18 million large thermal pumps are operated in the world in heat supply systems. In the US, about 30% of residential buildings are equipped with thermal pumps [1]. More than 60 firms are engaged in research and production of heat pumps.

On the effectiveness of heat pumps, factors as small temperature differences between the source and the heat receiver are favorable, as well as the high degree of heat pump loading.

The effectiveness of the heat pump is significantly dependent on the characteristics of the low potential heat source. The ideal source of heat should maintain a steady temperature during the heating season.

It is known that the effectiveness of the heat pump is estimated by the value of the heating coefficient, which is the ratio of the amount of heat of  $Q_1$ , reported by the heated volume, to the value of  $N$ , which was in the cycle:

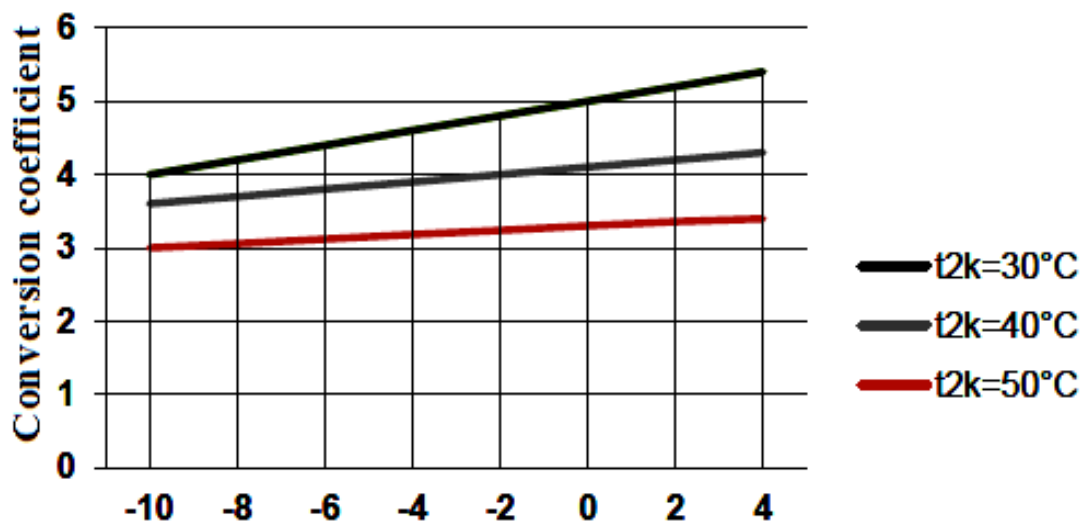
$$\varepsilon = Q / N. \quad (1)$$

where -  $Q$  heat selected from the cold source, and heat equivalent to the operation of  $N$ , from the outside to implement the reverse cycle.

The greater the heating coefficient, the more efficient the thermal pump.

The value of  $\varepsilon$  depends on the temperatures of a low potential heat source and consumer of heat. In real conditions, the heating coefficient lies in the range of 3.5-5. The heat pump, working with the heating coefficient 3 and below, is considered ineffective, and such work, if there is a need for this, permissible only for a relatively short period of time, despite the fact that it is three times more heat obtained than the electric energy [3]

Figure 1 [4] shows a graph based on the analysis of the catalog characteristics of one of the serial models of the heat pump. The graph shows the dependence of the heating coefficient on the temperature of the coolants at the outlet of the evaporator and the condenser.



The temperature of the coolant at the exit of the evaporator

Figure 1. The dependence of the coefficient of conversion of the heat pump from the temperature at the outlet of the condenser and the evaporator.

Thus, the effectiveness of the parocompressor thermal pump is output based on the heating coefficient. The greater the heating coefficient, the more efficient the thermal pump.

The coefficient itself, in turn, depends on the temperature of the coolant, i.e. The higher it is, the more effective will be a heat pump.

The use of the heat pump in the heat supply systems of agricultural structures is one of the most important intersections of low-temperature techniques with thermal power, which leads to savings and energy saving of fuel and energy resources. Therefore, the thermal pump has the prospect of heat supply of buildings and agricultural structures.

#### **List of sources used**

1. Овчаренко С.В., Овчаренко А.В. Використання теплових насосів. // Холод, № 2, 2006. – С. 34–36.
2. Бутузов В.А. Перспективы применения тепловых насосов // Промышленная энергетика, № 10, 2005. – С. 5–7.
3. Петраков Г.Н. [и др.] Применение тепловых насосов в теплоснабжении. Воронеж: Воронежский гос. технический ун-т, 2007. 19 с.
4. Шураваина Н.Б и др. Парокомпрессорные тепловые насосы как энергоэффективные устройства преобразования теплоты. Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 10 (15). 2013. 62-76

**UDC 662. 997**

#### **AUTOMATIC CONTROL AND REGULATION TEMPERATURE-HUMID REGIME OF SOLAR GREENHOUSE**

**Faysiev T. A.**

Ph.d ., associate professor of the department of heat power engineering,

**Sadykov Zh. D.**

senior lecturer of the department of heat power engineering,

**Fayzullaev I. M.**

senior lecturer of the department of heat power engineering,

**Khidirov M. M.**

lecturer of the department of heat power engineering,

**Ruzikulov G. Yu.**

lecturer of the department of heat power engineering,

*Karshi engineering and economic institute*

*Karshi, Uzbekistan*

As is known that the solar greenhouse is a complex object with distributed parameters, in which heat exchanged and mass transfer processes simultaneously proceed [1].

The creation and implementation of effective automatic control systems and control of the temperature and humidity regime of solar greenhouse requires solving the issue of developing a mathematical model of the heat-process process of mass transfer occurring in the construction as an automatic control object.

The definition of the dynamic characteristics of the object can be achieved either experimental or by the analytical method, we have chosen an analytical method based on the following considerations:

a) None of the functioning and recommended greenhouses still do not even have non-automatic devices to maintain the necessary microclimate, forced heating ventilation;

b) the number of types of greenhouse buildings is very large, and the typical project is missing (it is built mainly by individual order) and buildings have substantial differences (according to the designs, according to the used batteries of heat and t.d.). These differences largely determine the dynamics of the regulatory object; c) Analytical method allows to obtain dynamic characteristics of the developed, but not yet constructed heat, and therefore, a microclimate controller can be constructed simultaneously with the design of the structure.

Dynamic characteristics of the greenhouses will be found in the form of gear ratios. Such a task is for the first time applied to the solar greenhouse was solved in [3]. However, in this work, there are no such important parameter of the microclimate as humidity, in which to simplify the output and lowering the degree of the differential equation describing the thermo-exchange processes of the greenhouse, is considered as a two-axis temperature control object. The greenhouses are not taken into account as:

1. Solar greenhouse is a construction with intense release of water vapor, it depends on the internal temperature;

2. The construction has a large surface of the evaporation of water from the soil coming in relation to the microclimate from the outside (watering and others.);

3. In the analysis of the dynamics of the temperature regime of the greenhouse, it is not enough to take into account only the heat accumulating properties of the rod battery and inner air, as is administered in [2].

In view of the fact that the order of the differential equation describing the air temperature in the structure is determined by the number of heat accumulating substances, the order of the equation for the greenhouse of this design of our case should be equal to six (if we take into account the heat capacity of the inner air, the water and reinforcement battery, the soil, vegetable  $\rightarrow$  Wheel and translucent fence).

In the output of the differential equations of the regulatory object, we will take the following simplifications:

a) Solar greenhouse is an object with distributed parameters. But, as the analysis showed, it can be described by differential equations in ordinary derivatives in articulation with the link of pure delay. Since the time in comparing the transition process time of the object is an insignificant share, it can be neglected ( $\tau_i = 5 \div 10$  min.,  $t_p = 100 \div 120$  min.). It is possible (without prejudice to the calculation). In addition, the air inside the solar greenhouse is well mixed, i.e. the difference between temperatures and relative moisture contents at various points with a generous (object with concentrated parameters;



b) With heat exchange, the magnitude of the relative moisture content of the inner air is permanent (this corresponds to the case when the relative moisture content of air operates in the greenhouse). In the mass transfer process, the internal air temperature is received unchanged, which will correspond to the operation of the temperature controller. As a result of such a single approach of the temperature-wet mode of paragasic mixture, we obtain the processes of temperature change and relative humidity, independent of each other, for which transfer functions are located.

As noted above, there are six tanks capable of accumulating thermal energy. But in many practical calculations of the energy regime of the heat and heat-accumulating abilities of the translucency, the fencing is adapted due to its relatively insignificance compared to other constructions of the structure. We will also hold this point of view, and we exclude from consideration the absorption capacity of heat of translucent fences, then in our case there will be five containers of the thermal energy, and, accordingly, in the preparation of the differential equation of structures (greenhouses), in each of them, the equations are compiled heat exchange. In this case, we take into account the following factors:

- availability of heat due to radiation;
- proving soil;
- propotieri through translucent fences;
- propotier with recycled air;
- the heat of heat to evaporate moisture from the soil and vegetation.

There is also a thermal balance of each heat accumulating element. It includes the flow of heat from internal air, heat loss in the process of heat transfer and heat accumulation by water and subsoil batteries.

#### **List of sources used**

1. Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Б. Микроклимат теплиц на солнечном обогреве. Ашхабад, 1983 г., 85 с.
2. Исаев С.М. К вопросу аналитического определения удельного влагосодержания воздуха гелиотеплицы. Сб.научно-теоретической конференции в честь 600-летия Мирзо Улугбека. Карши., 1994 г. Т.4., 28-32 с.
3. Хайриддинов Б.Э., Исаев С.М., Аширбаев М.У. Математическая модель блочной гелиотеплицы-сушилки с подпочвенным аккумулятором тепла. // Гелиотехника. 1990. №5. 80-83 с.

**UDC 378**

## **ON THE ROLE OF PROFESSIONAL PEDAGOGY IN THE PROFESSIONAL EDUCATION OF TECHNICAL UNIVERSITIES**

**Ishmuradova G. I**

Ph.d ., associate professor of the department of training and drawing,

**Mirzaeva G. M.**

lecturer of the department of training and drawing,

**Ganieva Sh. A.**

senior lecturer of the department of training and drawing,

**Daminova Yu. S.**

lecturer of the department of training and drawing,

**Abdullayeva K. T.**

lecturer of the department of training and drawing,

*Karshi state university*

*Karshi, Uzbekistan*

Currently, much attention is paid to professional pedagogy as a component of general pedagogy. Why exactly professional pedagogy? Here the answer is appropriate - a personally professional pedagogy lays the foundations of the professionalism of future specialists of technical universities.

The identity of the modern teacher currently imposes a lot of requirements related to both the educational resources themselves and with the general requirements for the modern employee. The definition of professional pedagogy as science is today an important theoretical and practical problem, since it acts as a basis, methodology for the implementation of the practical program - the formation of a modern proofly competent personality [1].

Methods of vocational training - Assistrate of professional pedagogy, exploring the patterns of training to certain subjects and production training and on this basis revealing ways, ways and means of implementing the content of training subjects and production training in training centers of the employment service and other educational institutions leading vocational training. In our opinion, as in any direction of pedagogy in professional pedagogy, much attention should be paid to pedagogical professionalism.

Under pedagogical professionalism, it is necessary to understand the perfect possession of the teacher by psychological and pedagogical knowledge and skills, which should be combined with good knowledge of the essence of the subject, knowledge and ability to apply innovative pedagogical technologies, with a moral-eesthetic attitude of the teacher to life, its ability to understand pedagogical goals, to carry out their practical attainment.

Professional Being a person in time determines the public and personal trajectory of professional development, discusses the content, identifies the specifics of the personality of the personality in society. As you know, the subject of studying professional pedagogy is a person in the system of professional-educational community relations. Professional pedagogy is this aspect pays great attention.

The role of vocational education in the life of every young man every year more and more increases. Many appreciated the convenience of such a way to acquire knowledge, skills and skills. Obtaining vocational education is the least costly time and more efficient than suppose a higher education.

In professional pedagogy, a primary training method is occupied, from which much depends on. Based on psychology, physiology, professional pedagogy, drawing from them the scientific substantiation of ways of training and education, the methodology of vocational training special attention is paid to the study and generalization of the advanced pedagogical experience of the best teachers and workshops of industrial training and in general educational institutions. The main methods of scientific research in the methodology of vocational training are observation, theoretical study, experiment, study and generalization of advanced pedagogical experience.

In our conviction, the foundations of vocational education are laid in the pre-descriptive education, which needs to be concentrated in order to improve the results in vocational education. It is possible to distinguish the following interconnected stages of requestofessional imaging:

1. Preschool - children have a positive attitude towards people's labor and their classes, initiate labor skills are beginning to be formed in the activities available to the child.

2. The elementary school - through participation in various types of cognitive, game, labor activity among younger students there is an understanding of the role of labor in the life of a person and society, the interest in the professions of parents, etc. has been manifested.

3. The first stage of the primary school (5-7 - E Clasts) - participation in various types of practical defenses, among which are cognitive and labor, adolescents are gradual aware of their interests, abilities and costs associated with With the choice of pro-fass.

4. Next stage of the main school (8-9 - e classes) - the beginning of the formation of professional self-consciousness. Schoolchildren correlate their ideals and real opportunities with society, the objectives of choosing the sphere of future activities. At this stage, they are involved in the active introductory and labor activity, but at the same time they are assisted in mastering the diagnostic methods in the interests of choosing the proxion.

5. Full secondary education institution is a professional orientation based on the database of in-depth study of individual training items.

It should be noted that it is to vocational education that is a solid foundation for professional education as a whole.

In conclusion, I would like to note that the main purpose of vocational education - preparation of a quadaled specialist of the appropriate level and the profile, competitive in the labor market, competent, responsible, fluently owning his profession and oriented in related areas of activity and satisfaction of personal needs in obtaining appropriate imaging.

Vocational education does not determine outside the context of events that occur

in the walls of educational institutions. As the main factor of updating vocational education, the development of the economy and social sphere, science, technology, technologies, regional and territorial labor markets, as well as the per spectral needs of their development. And that is why the system of vocational education of Uzbekistan is in constant development, it develops depending on the requirements of society, socio-economic conditions, as a result of which responds in a timely manner to the procedure for modern personnel requirements.

### **List of sources used**

1. Гершунский Б. С. Профессиональная педагогика [Текст] / под ред. Батышева С.Я и Новикова А.М. – Москва : Издательство Эгвес, 2009. С. 184.

**UDC 662. 997**

### **MATHEMATICAL MODEL OF ACCUMULATION HEAT IN SOLAR INSTALLATIONS**

**Khalimov G. G.**

Ph.d ., associate professor of the department of training and drawing,  
*Karshi state university*  
*Karshi, Uzbekistan*

**Sadykov Zh. D.**

senior lecturer of the department of heat power engineering,  
*Karshi engineering and economic institute*  
*Karshi, Uzbekistan*

**Tilavov Yu. S.**

Ph.d ., associate professor of the department of training and drawing,  
*Karshi state university*  
*Karshi, Uzbekistan*

**Urakov K. Kh.**

lecturer of the department of training and drawing,  
*Karshi state university*  
*Karshi, Uzbekistan*

It is known that any energy supply system consists of a source of primary energy, the energy conversion subsystem and converted energy consumers. The system may not match the correspondence both in time and in the space between the supply of energy and needs. Overcoming these inconsistencies is the main goal of energy accumulation [1-2].

In the thermal power and energy-saving heat accumulation processes is the most important form of energy accumulation [2, 3]. Heat accumulating systems are integral components in low-temperature solar installations. In particular, in solar systems of heat supply, solar greenhouses and dryers [2].

Consider the model of the process of thermal accumulation in solar greenhouses.

The heat accumulation processes in the solar greenhouses are based on indirect methods - heat transfer heat accumulating medium by means of a heat exchange medium. Heat accumulating medium - mass - there may be water, nozzle, soil. The heat exchange medium - the coolant - is air. Circulation - coolant forced. The mode of operation of the heat accumulator is regenerative.

Traditionally, thermal batteries are placed in the volume or ground greenhouse and, as a result, thermal losses through the sheath of the heat battery will ultimately return to the greenhouse. Therefore, when calculating the heat of loss in the heat of the battery is not taken into account.

In compiling the mathematical model of the dynamic thermal battery mode, the following assumptions are accepted:

- the thermophysical parameters of the coolant - air and the thermal battery material are accepted by constant;
- the air temperature along the length of the thermal battery changes linearly;
- heat loss through the sheath of the heat battery is not taken into account.

The system of equations of the mathematical model of the dynamic heat exchange mode to the heat of the battery has the form:

$$\frac{dQ_a}{d\tau} = m_a C_a (t_{a1} - t_{a2}), \quad (1)$$

$$\frac{dQ_g}{d\tau} = m_g C_g (t_{g1} - t_{g2}), \quad (2)$$

$$\frac{dQ_g}{d\tau} = A_g F (t_a - t_g), \quad (3)$$

$$\frac{dQ_a}{d\tau} = \frac{dQ_g}{d\tau}, \quad (4)$$

Where:  $m_a$  and  $m_g$  - the mass of the heat accumulator and air passing through the thermal battery, kg;

$C_a$ ,  $C_g$  - specific heat capacity of thermal battery and air, J / (kg K);

$t_{a1}$  and  $t_{a2}$  - the initial and final average temperature of the thermal battery, °C;

$t_{g1}$  and  $t_{g2}$  - medium mass air temperature at the inlet and outlet of the thermal battery, °C;

$F$  -plification of the heat exchange surface of the heat exchanger of the thermal battery-the follows, m<sup>2</sup>;

$$t_a = (t_{a1} + t_{a2})/2; \quad t_g = (t_{g1} + t_{g2})/2; \quad \tau - \text{time, s.}$$

With a solid battery (ground, gravel), the  $A_g$  coefficient is the heat transfer coefficient  $a_g$  on the air border - the heat of the accumulating mass; With a water battery, it is a coefficient of heat transfer  $K_g$  on the air-water boundary, W / (m<sup>2</sup> K).

The boundary conditions for equations (1) - (4) are the heat balance equations at the air border - the mass of the battery heat:

- with the heat of the battery from the nozzle

$$-\lambda_a \frac{dt_z}{dr} = \alpha_g (t_g - t_z) \quad \text{with } r = R_H; \quad -\lambda \frac{dt_z}{dr} = 0 \quad \text{with } r = 0 \quad (5)$$



-the heat of the accumulatory pipe in the soil

$$-\lambda_a \frac{dt_z}{dr} = \frac{\alpha_s}{2\pi R_m} (t_s - t_z) \quad \text{with } r = R_m; \quad -\lambda_a \frac{dt_z}{dr} = 0 \quad \text{with } r = \infty; \quad (6)$$

- water accumulator

$$\alpha_s (t_s - t_z) = \alpha_a (t_z - t_a); \quad (7)$$

where

$\lambda_a$  - coefficient thermal conductivity of material heat of the battery, W/(m K);

$t_z$  - temperature on the border of the air-mass of the heat of the battery, °C;

$R_H R_m$  - nozzle radii and heat of accumulating pipe, m;

$\alpha_a$  - the heat transfer coefficient on the border of the pipe-water, W/ (m<sup>2</sup> K).

Equation (3) can be represented in the following form

$$\frac{dQ_s}{d\tau} = f \cdot A_s F(t_a - t_s), \quad (8)$$

where  $f$  - is the control function, when the fan is operation  $f = 1$ , in other cases  $f = 0$ .

The control function  $f$  is the function on and off the fan when  $t_a < t_s$  is the charging mode of the battery, when  $t_a > t_s$  is a discharge mode.

### List of sources used

1. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулярование энергии. М.: Мир, 1987.271с.
2. Хайриддинов Б.Э., Садыков Т.А. Комбинированные гелиотеплицы-сушилки. Ташкент; Фан, 1992.184 с.

UDC 631.363

### USING AND STORAGE OF OILSEED SEEDS

**Muradov I.**

Ph.d ., associate professor of the department of heat power engineering,

**Mamedova D. N.**

senior lecturer of the department of heat power engineering,

**Samatov Zh. Sh.**

magistr department of heat power engineering,

**Husenov A. A.**

lecturer of the department of heat power engineering,

**Mikhliev Sh. Sh.**

magistr department of heat power engineering,

*Karshi engineering and economic institute*

*Karshi, Uzbekistan*

One of the most important prerequisites for the development of production of oilseeds is a steady increase in demand for vegetable oils, which are simultaneously a

food product, and raw materials for various industries. An additional stimulating increase in the production of vegetable oils, and accordingly, oilseeds are associated with their use as a raw material for the production of environmentally friendly biodiesel fuel.

Rapese - the fruit is a narrow straight straight or slightly bent pod. In the pod 25-30 seeds rounded the spherical shape, slightly cellular, grayish-black, black and nursing or dark brown color. The seeds are very small, the seed diameter is 0.9-2.2 mm, the mass of 1000 seeds is 2.5-5 g in the rape of spring and 4-7 g in winter. It is preferable to yellow seeds, as they differ in high oil and protein content and low-fiber. Yellow seeds have a thinner shell than in dark painted. The difference between the varieties of the food direction is the absence of an erotic acid in oil. For varieties of the edible direction, it is desirable high oleic content (up to 70%) and a linelen (up to 25%) acids [1]. Used to produce oil. Rapeseed oil is used as other oils in the preparation of dishes, for the preparation of margarine, in the metallurgical, soap, leather and textile industry. Cake contains (%); Protein about 32, fat 9, without nitrous extractive substances 30; valuable concentrated feed for livestock after removing harmful glycosides.

In connection with the trend of rising prices for fossil fuel, the production of biodiesel based on vegetable oil (including rapeseed) is becoming increasingly attractive. Despite the fact that the use of rapeseed oil as a substitute for diesel fuel has a long history, the problem of optimizing the composition of fuel mixtures containing rapeseed oil remains relevant. This is mainly due to the negative effect of the increased viscosity of the rapeseed oil on the motor properties of mixed fuel. Rapeseed oil refers to weakly polar fluids: its dielectric constant is  $\epsilon_{ro} = 2.84$ , which is noticeably above the dielectric constant ( $\epsilon_{df} = 2.0$ ) of pure diesel fuel.

In the feeding of animals, both the seeds of rapeseed and their products are produced - cake, meal and vegetable oil. Rapeseed seeds have the greatest energy value, since it contains 40-48% fat and 21-33% of crude protein at sufficiently high digestibility coefficients (84.4-93.4%). The energy value of the cake is significantly lower than seeds. After pressing it remains 7-12% fat and 37-38% of raw protein. The meter contains 1-5% fat and up to 42% protein, but its energy value is reduced compared to seeds. Rapeseed meals and meals for energy value (11.3 and 10.4 MJ of exchange energy) are not inferior to sunflowers (11.4 and 10.6 MJ). The protein is 35-43% of the cake and shroves. Rapeseed seeds contain natural antioxidants - tocopherol (vitamin E), phenolic compounds and tannes.

Schuput is one of the best food and taste; Higher grade is replaced by olive oil in the food industry and cooking. Excellent margarine is obtained from it. In the canning industry, it is suitable for the highest grades of Sardin, Ivasi, etc. It even without deodorization is devoid of smell and has, after refining, straw color and excellent taste. Widely applied in the confectionery industry. It is also used as a solvent for an anflerage. The oil of the second extraction goes to the manufacture of tachinda halva and soap. From the soot of burning oil make a Chinese mascara. Seeds of sesame in general are widely used to sprinkle the bull, for cooking - in a mixture with honey - "Eastern sweets". Seeds contain 50.0-52.3% greasy low-drying oil, 16,25-18.93%

protein, 15.69-17.50% soluble carbohydrates, 52.6% of oleic acid glycerides, 36.6% of linolenic acid glycerides, 7.0% palmitic acid and 3.4% of the glycerides of stearic acids.

Flax is one of the most ancient cultivated plants, with whom a person does not part for many centuries. This unique plant has been widely used for use as fiber and oil [1,2]. In addition to valuable fiber, Flax gives another most important product for humans - seeds. Flax seeds contain up to 45% oil and 23% protein. Flax seeds serve both for the reproduction of this plant and to extract oils. The color of the flax seed is usually brown with various shades - from yellow-brown to brownish. The surface of healthy seeds is brilliant and very smooth.

The shape of the flaxseed seed is egg-shaped, on the narrow pointed end of the seed is the embryo. Seed sizes are determined by the variety, cultivation conditions and the degree of maturity. The thickness of the seed varies in the range of 0.60-1.15 mm, the length is 3.7-5.75 mm, the width is 1.8-3.2 mm. The physical properties of seeds include the aerodynamic properties of seeds. Depending on the form, absolute mass, the relative density of oilseed seeds is changing their aerodynamic properties. When air moves through the oil seed layer, the state of the seed is determined by the air velocity. At low speeds, the seeds are stationary - the air is filtered through the seed layer. An increase in air velocity leads to the fact that the seeds, remaining in the layer, begin to move relative to each other, the volume of the layer increases.

Flax is a renewable source of unique natural, environmentally friendly raw materials for the production of a wide range of technical and domestic goods.

Sunflower - a plant annually tall up to 2.5 m. In sunflower seeds, contains:

- 23.5-46.4% oily oil, 57.5% linolenic acid;
- 33.4% oleic acid;
- 3.5% palmitic acid;
- 2.9% stearic acid;
- 0.7% arachic acid, etc.

Sunflower seed kernel contains:

- 15-32.4% albumin;
- 45.7-47.9% of globulin;
- 7.7-19.0% protein type glutamine, not dissolved in water. Unwanted proteins 8-14% and 0.95% - phosphoric substances with comparison of  $P_2O_5$ .

Currently, in Uzbekistan, almost all the sunflower oil consumed from other countries. The established setting can be changed by replacing the import of sunflower oil with domestic products. Sunflower seeds are currently growing in the fields of our republic, and equipment for oil production can be developed in design institutes and produce in domestic enterprises.

The process of production of sunflower oil can be divided into the following steps: ripening seeds on the field, cleaning, sorting, drying, storage, seed collapse, separation, spin, or oil extraction. We have chosen the stage of drying sunflower seeds. Drying provides a rapid decline in moisture oil seeds up to magnitude, which provides secure storage.

Drying is the necessary technological operation in the preparation of oilseeds of both storage and processing, since their processing efficiency is also directly dependent on the optimal ultimate moisture content of oilseeds. When storing oilseeds with high humidity, the intensity of biochemical processes is rapidly enhanced, especially breathing both the seeds themselves and those on the seeds of microorganisms. Intensive breathing causes a further increase in the humidity and temperature of the seed and thus speeds up their self-heating and damage. Drying oilseeds to moisture, safe for storage, reliably provides their long-term quantitative and high-quality safety. So, for seeds high oil sunflower, the value safe for storing humidity should be within 6-7%. Freshly lubricated seeds are distinguished by very low storage resistance, especially with high humidity, clogs. When storing seeds, protein substances are primarily subjected to chemical changes.

Seeds highly oil sunflower are reliably stored if their moisture is not more than 6-7%, and the temperature is reduced to 10 ° C and below. With humidity above the critical and temperature of 20-25 ° C for the freshly formed batches of sunflower seeds, the fermentation of microorganisms begins, hydrolytic and oxidative processes are intensively underway, which leads to a deterioration in the quality of sunflower seeds as oilseeds [3].

For long-term storage to recycling, sunflower seeds with humidity above 2%, dried to critical humidity (6-7%) and cooled to low temperatures.

In the coming years, there is a significant increase in the production of vegetable oils and protein products obtained from oilseeds, determines the need to further improve the methods of technological processing.

#### **List of sources used**

1. Гинзбург, А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов [Текст] / А.С. Гинзбург, М.А. Громов. – М.: Агропромиздат, 1990.
2. Соловьев А.Я. Льноводство. Агропромиздат, М.: 1989-320с.
3. Демченко, П.П. Теплофизические характеристики масличных семян и продуктов их переработки. /П.П. Демченко, Ю.В. Левочкин //Пищевая промышленность, 1991.

**UDC 631.363**

## **DRYING SUNFLOWER SEEDS**

**Muradov I.**

Ph.d ., associate professor of the department of heat power engineering,

**Fayzullaev I.M.**

senior lecturer of the department of heat power engineering,

**Samatov Zh.Sh.**

magistr department of heat power engineering,

**Samatova Sh.Yu.**

senior lecturer of the department of heat power engineering,

**Ergashev Sh.H.**

lecturer of the department of heat power engineering,

*Karshi engineering and economic institute*

*Karshi, Uzbekistan*

Drying is a necessary technological operation in the preparation of oilseeds of both storage and processing. The processing efficiency is also directly dependent on the optimal ultimate moisture content of oilseeds. Drying oilseeds to moisture, safe for storage, reliably provides their long-lasting quantitative and high-quality safety.

Freshly cleaned sunflower seeds are distinguished by very low storage resistance, especially with high humidity, temperature and clogging. When storing seeds, chemical changes primarily undergo fats, and then protein substances.

Seeds highly oil sunflower are securely stored if their humidity does not exceed 7%, and the temperature is reduced to 10 ° C and below. With humidity above the critical and temperature of 20 ... 25 ° C, characteristic of the freshly formed batches of sunflower seeds, in the embankment of seeds begins the rapid development of microorganisms, intensively go hydrolytic and oxidative processes, which leads to a rapid deterioration of the quality of sunflower seeds as oilseeds. Even a few hours of storage of freshly lubricated seeds of high-power sunflower with humidity above critical leads to mass self-heating and damage, which makes it impossible to obtain high grades oil.

Sunflower self-heating develops very quickly and leads to complete seed spurrel, an increase in the acidic number of oil to 30 ... 35 mg of CON by 1 g of fat. Among the causes of self-heating are a clogging (when stored in the same conditions, the humidity of the organic impurity is almost 2 times higher than the humidity of the seeds), as well as the presence of microorganisms in the seed mass, mainly non-sporing epiphytic bacteria and mold fungi [1, 3].

Upon admission to a short time of a large number of wet and raw sunflower, it is not always possible to dry it in the stream. In this regard, it is advisable to apply various ways to increase the resistance of freshly detachable sunflower seeds, among them - active ventilation. Terms of temporary storage and ventilation modes are set by the relevant instructions. In the presence of sunflower seeds, differing in oils, form parties of seeds by groups of oils. Approximate deadlines for the resistant storage of



seeds of high-solid sunflower, depending on their humidity and temperature, proposed by the [2], are shown in table 1.

Table 1.  
Terms of resistant storage of high-solid sunflower seeds depending on their humidity and temperature

Approximate deadlines for the resistance of sunflower seeds, months				
Humidity seeds, %	Air temperature, °C			
	20	10	1	-10
8	1,5	4,5	More than 6	More than 6
10	0	3,0	The same	The same
12	0	1,5	5	The same
14	0	0,5	3,3	The same
16	0	0	2	The same
18	0	0	1,3	6
20	0	0	0,5	4,5
22	0	0	0	3
24	0	0	0	2

For long-term storage to recycling, the seeds of sunflower with clogs are not above 2%, dried to critical humidity (6 ... 7%) and cooled to low positive temperatures. The duration of storage under such conditions is 3 ... 6 months, if the temperature of the dried seeds before laying for storage or during the first 15 days of storage is reduced to 0 ... 10 ° C. Sunflower seeds with humidity below 12%, waiting for drying, can be temporarily accommodated in warehouses equipped with installations for active ventilation, and with humidity above 12% need to be dried immediately.

Sunflower seeds, which are recycling, dried, as a rule, to a humidity of 7-8%, and intended for long-term storage - up to 6-7%. Before serving seeds in the dryer, they need to be cleaned of large impurities in the steam cleaning or in the separator with the next set of SIT: the receiving - with the holes Ø16 ... 20 mm, sorting - with holes Ø10 ... 12 mm, discharge - with holes 0 10. ..12 mm and dried-with 2,5x20 mm holes. Light impurities are separated in the pneumatic airflying channels at a speed of 4 ... 6 m / s.

The technological value of sunflower seeds is determined by its oil. Therefore, it is important to maintain the amount and quality of the oil. In the process of drying, it can occur either synthesis or disintegration of fat components. The direction of these transformations depends on the humidity of seeds, on temperature and duration of their heating. With optimal drying modes, the oil content in sunflower seeds increases. The substances contained in the seeds are transmitted to the oil: phosphatis, carotenoids, sterols, wax substances. These are also related to the change in the substances of oil-containing seeds in the drying process.

Since with the specified modes of seeds [3], sunflower can be dried in the dryers of various types, consider briefly their features.

### **List of sources used**

1. Гафуров К.Х. Совершенствование и интенсификация процесса сушки ядер плодовых косточек. Дис. канд. тех. наук. Т. 1994.
2. Демченко П.П., Левочкин Ю.В. Теплофизические характеристики масличных семян и продуктов их переработки. Пищевая промышленность. 1991.
3. Муродов И. Моделирование и экспериментальные исследования гидродинамики подсолнечника в сушильной установке с фонтанирующим слоем. «Фан ва ишлаб чикариш интеграциясини жадаллаштириш муаммолари» республика илмий-амалий анжуман. Бухоро. 2007. 67-68 с.

### **UDC 662**

#### **ENERGY SAVING IN BUILDINGS AND STRUCTURES USING ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES**

**Sadykov Zh. D.**

senior lecturer of the department of heat power engineering

**Davlonov Kh. A.**

Ph.d ., associate professor of the department of alternative energy

**Khamraev T. A.**

senior lecturer of the department of heat power engineering

**Shamuratova S. M.**

lecturer of the department of heat power engineering

**Nazullayev Yu. G.**

lecturer of the department of alternative energy,

*Karshi engineering and economic institute*

*Karshi, Uzbekistan*

Currently, the use of alternative and renewable energy sources is paid to serious attention. These energy sources should be considered as a substantial means of energy saving in a number of other energy-saving measures.

Energy saving is called such a structure that uses design and technical solutions that allow it to exploit it with a small energy consumption, while maintaining comfortable sanitary and hygienic conditions.

Energy saving in buildings and structures is built on saving heat in heating, ventilation and air conditioning systems, and includes various devices: ventilated outer walls, ventilated windows, two-layer or heat transferring (in nframny radiation) glazing, additional insulation of outdoor fences, floor, ceiling , heat insulation of walls behind the heating device, glazed loggias.

Solar radiation can be converted to useful energy using the so-called active and passive solar systems. Passive systems are obtained by designing buildings and selection of building materials in such a way as to maximize the energy of the Sun.

Passive solar systems are those whose project is designed with the maximum consideration of local climatic conditions, and where appropriate technologies and materials for heating, cooling and illumination of the building are used due to the energy of the Sun. Passive solar systems are environmentally friendly, they contribute to the creation of energy independence and an energetically balanced future. In well-isolated buildings up to 50% of the need for warmth can be satisfied due to solar radiation. When using additional heat from the environment, this indicator may increase to 90% depending on the building location [1].

In recent years, many developments have been made to create new and improved materials used in the construction of materials, structures and products. The use in the construction of polymer, composite and porous materials ensures savings of building materials, a decrease in the mass of enclosing structures and labor-intensity of work. The experience of developed foreign countries shows that the use of polymer, composite and porous materials significantly increases the technical level of construction.

Methods of calculation and theoretical studies of passive systems are very complex, which makes it difficult to reasonable design of structures with such systems. In this regard, the task of creating simple approximation methods for calculating the integral characteristics of passive solar heating systems for the heating season as a whole, for example, such a characteristic as a heating load coefficient, which defines both technical and economic indicators of such systems.

The program used for calculations was based on a number of developments of foreign authors and presented in [1-5].

Its main advantages are that it is: -Stvutan on the use of averaged average monthly meaning of meteorological conditions published by relevant services for various areas;

- is universal;
- can be applied to calculate various passive systems (for an example of direct heating or a heat accumulating wall structure);
- there is a direct or indirect connection, both with the design features of the system itself and with architectural and construction changes in the entire structure.

Processing the results of calculations made on the basis of [2,6-8] for various items with the observance of the condition and for different thickness of the heat-accumulating wall allowed us to establish an empirical dependence of the increase in the substitution coefficient with an increase in the wall thickness. Applying the calculation method described above has determined the effective thermal conductivity of composite material with metal fiber.

In conclusion, you can draw the following conclusions:

- effective is the use of reflection and shielding systems, which in summer reduce the flow of solar radiation into the structure; In winter - in the daytime increase the flow of solar radiation, and at night reduce heat loss;
- it is advisable to use indirect or isolated heating methods, with massive heat accumulators. With an increase in the thickness of the heat accumulating wall, the temperature of the inner surface of the wall will decrease. In this case, it will be possible to

make sense to intensify the heat transfer from the inside of the heat accumulating wall in any way (for example, an increase in the surface of the heat and finish - fins);

-the determined by the calculation of the currently averaged long-term values of the entire consumption of the heat of the object turns out to be beneficial to use the heat-conducting material for the heat accumulating wall. In this case, the exemplary heat transfer coefficient is reduced and the average temperature of the outer surface of the wall is reduced, which reduces the loss into the environment.

#### **List of sources used**

1. Энергоактивные здания. Под ред. Э.В.Сарнацкого и Н.П.Селиванова.- М.: Стройиздат, 1988.-376 с.
2. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии.-М.: Мир. 1977.-420с.
3. Садыков Ж.Д., Ким В.Д., Садыков Ж.Ж. //Гелиотехника. 2003. №3. С. 57-61.
4. Тарнижевский Б.В., Чакалев К.Н., Левинский Б.М. //Гелиотехника. 1989. №4. С. 54.
5. Тарнижевский Б.В., Смирнов С.И., Гухман Г.А. [и др.] //Промышленность строительных материалов. М.: ВНИИЭСМ. 1991. Вып.1. С. 1-56.
6. Чакалев К.Н., Садыков Ж.Д. // Гелиотехника. 1992. №4. С. 54-56.
7. Васильев Л.Л., Фрайман Ю.Е. Теплофизические свойства плохих проводников тепла. - Минск: Наука и техника, 1967. -176 с.
8. Чакалев К.Н., Лунева И.О. Определение теплопроводности пористых материалов. Строительная теплофизика. - Минск, 1973.

### **ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ ЯК ДІЄВИЙ ФАКТОР ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

**Клевцова Н. В.**

аспірант кафедри публічного управління та права,  
*Дніпровська академія неперервної освіти  
м. Дніпро, Україна*

Метою національної екологічної політики є стабілізація й поліпшення стану навколишнього середовища, гарантування екологічно безпечного природного середовища для життя (а це означає не тільки наявність у громадян житла, але задоволення потреби населення в повітрі, воді та їжі належної якості) і відповідно здоров'я населення, впровадження екологічно збалансованої системи природокористування та збереження природних систем [1].

Для України вкрай важливою є регламентація сільськогосподарської діяльності для забезпечення екологічної безпеки аграрного виробництва і

зменшення техногенно-аграрного навантаження на довкілля. Автор згоден, що є доцільним:

- Оптимізувати співвідношення земельних угідь; якісного стану ґрунтів; гранично припустимого забруднення та деградації земель;
- На державному рівні розробити і запровадити комплекс правил сільськогосподарської практики;
- Надання державної підтримки суб'єктам господарювання, що виконують ці правила;
- Сприяти на всіх рівнях збереженню наявних досягнень та впровадженню нових технологій сільськогосподарського виробництва, які максимально включають природоохоронні вимоги та орієнтовані на досягнення екологічного балансу;
- Прогнозувати майбутні харчові потреби і коригувати об'єми вирощування тих чи інших сільськогосподарських культур;
- Державні харчові запаси мають бути на тому рівні, щоб контролювати і регулювати ціноутворення і наявність необхідних позицій продуктів харчування для населення.

Вдосконалення агроекологічних умов функціонування сільськогосподарського господарства в Україні дозволить задовольнити окремі економічні, соціальні, екологічні інтереси держави і суспільства: на національному рівні це означає поліпшення стану природних ресурсів, зростання експортного потенціалу екологічно чистої продукції [2]. В Україні фінансове забезпечення екологізації агропромислового виробництва може здійснюватися за рахунок бюджету, але можливими є також позабюджетні активи: добровільні внески, гранти міжнародних організацій. “Екологічно чиста” продукція має відповідати встановленим вимогам щодо безпеки, тобто продукти мають бути вироблені з натуральної виробничої сировини. З метою виділення певних екологічних релевантних якостей продуктів були розроблені екологічні позначення такої продукції. Але неможливо охопити єдиним поняттям та загальними підходами щодо всіх видів продукції, яка випускається в сільському господарстві. Правовий статус екологічно чистої продукції визначається відповідними нормами, стандартами, технічними умовами, а сучасним дієвим фактором в цьому процесі виступає використання ресурсозберігаючих технологій [3]. Стандарти оновленого світового органічного виробництва в той же час виступають стандартами у сфері захисту прав людини на харчування та гідний рівень життя. Слід зазначити, що органічне виробництво сільськогосподарської продукції є також інструментом стратегічного управління ринком, спрямованим на розвиток конкурентоздатного екологічного сільського господарства. Виробництво сільськогосподарської продукції спрямоване на організацію виробничого процесу з метою отримання якісної сільськогосподарської продукції, але сталий розвиток неможливий без підтримання якості середовища, охорони земель, застосування новітніх технологій, які забезпечують відтворення довкілля та активізують природні процеси і механізми саморегуляції.



Правове регулювання органічного виробництва з застосуванням ресурсозберігаючих технологій пов'язане з відповідальністю за здоров'я і безпеку населення, охороною прав споживачів та охороною навколишнього середовища. Екологічне сільськогосподарське виробництво охоплює весь безперервний технологічний цикл від виробництва, транспортування, переробки, зберігання і розподілу до реалізації продукції.

#### **Список використаних джерел**

1. Ресурсозберігаючі та екологічні технології/ уклад. О.Ф. Протасенко, А.А. Івашура. Харків, ХНЕУ ім. С. Кузнеця. 2018. 51с. URL: <http://repositori.hneu.edu.ua> (дата звернення: 30.05.2021).
2. Щодо вдосконалення агроекологічних умов функціонування сільського господарства. Аналітична записка. URL: <http://niss.gov.ua> (дата звернення: 30.05.2021).
3. Мельник В.О. Право і громадянське суспільство. Електронний журнал. 2016. №1. С.148-153. URL: <http://lcslaw.knu.ua> (дата звернення: 30.05.2021).

### **СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИХІДНОЮ ПОТУЖНІСТЮ ВІТРОГЕНЕРАТОРА**

**Солдатенко В. П.**

к.т.н., старший викладач кафедри електротехнічних систем  
та енергетичного менеджменту, доцент

**Зінзура В. В.**

к.т.н., доцент кафедри електротехнічних  
систем та енергетичного менеджменту, доцент

**Одарченко В. М.**

студент бакалаврату, спеціальність 141  
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Далданов О. О.**

студент бакалаврату, спеціальність  
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
*Центральноукраїнський національний технічний університет  
м. Кропивницький, Україна*

Одним із видів відновлюваних джерел енергії, що застосовуються для живлення промислових підприємств та приватних домоволодінь є вітроустановки з електрогенератором – вітроелектростанції (ВЕС). Мета встановлення цих установок є зменшення плати за електроенергію за рахунок виробництва її власними установками. На додачу продаж генерованої електроенергії за «зеленим» тарифом значно скорочує термін окупності установок.

Як показано в [1, 2] у випадку підключення вітроелектроенергетичних установок до мережі живлення в безпосередній близькості до точки приєднання електроспоживачів виникають понаднормові значення усталеного відхилення напруги в точці її приєднання, що приводить до значних економічних збитків.

У роботі [2] було запропоновано підхід до вдосконалювання систем автоматичного керування електроенергетичними установками з метою нормалізації усталеного відхилення напруги на затискачах споживачів електричної енергії за рахунок впливу на вихідну потужність установки і, таким чином, на електричний режим точки приєднання споживачів.

Для вітроелектричних установок малої потужності найбільш доцільно застосовувати схему приєднання синхронного генератора, яка передбачає перетворення частоти вихідної напруги. Дана схема включає в себе керований випрямляч та інвертор. Керований випрямляч призначений не лише для перетворення змінного струму в постійний, але і виконує функції регулювання параметрів електрогенератора ВЕС та захисту його від перенапруг.

Спрощена принципова схема керованого випрямляча ВЕС наведена на рисунку 1.

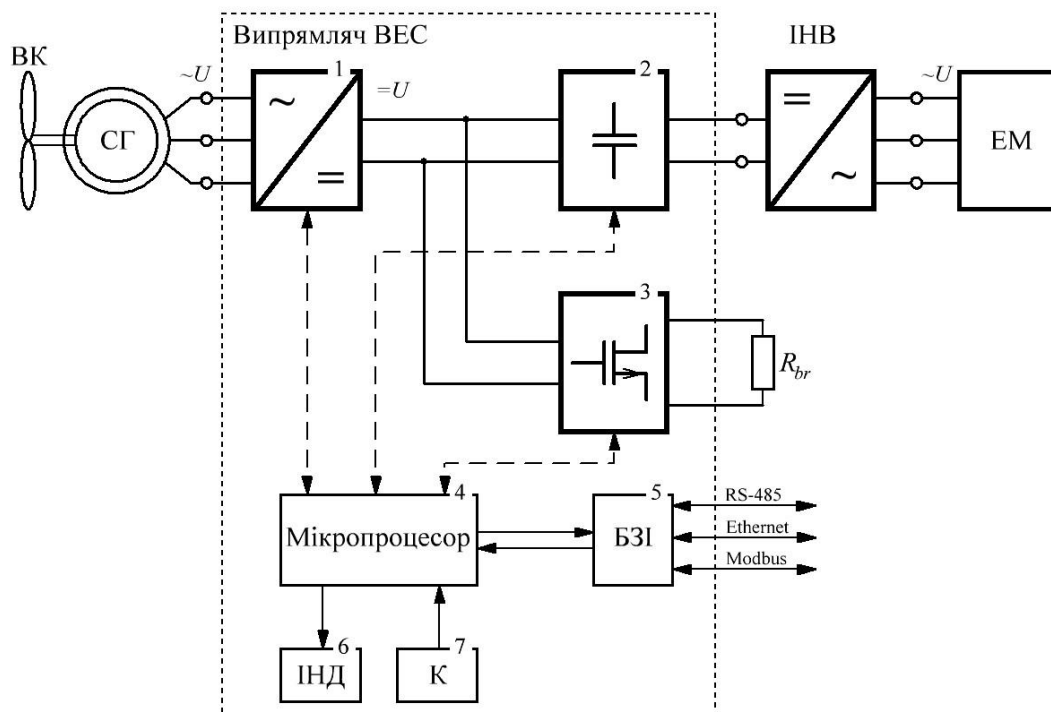


Рисунок 1. Спрощена схема керованого випрямляча вітроелектростанції

На рисунку 1: ВК та СГ – вітроколесо та синхронний генератор ВЕС;

ІНВ – мережевий інвертор; ЕМ – електрична мережа;  $R_{br}$  – баластний резистор; 1 – випрямляч; 2 – фільтр; 3 – блок керованих напівпровідникових ключів; 4 – мікропроцесорний пристрій, в якому реалізована система автоматичного керування (САК) випрямляча; 5 – блок зовнішніх інтерфейсів; 6 – блок індикації; 7 – клавіатура.

Таким чином приведена схема в залежності від алгоритму, покладеного в основу роботи САК генерацією активної потужності ВЕС, з допомогою додаткового навантажувального резистора  $R_{br}$  може виконувати такі функції:

- обмеження (регулювання) потужності, що генерується ВЕС в мережу (через ланцюг інвертора);
- захисту інвертора ВЕС від перенапруги по стороні постійної напруги.

Це дозволяє досягти мети нормалізації усталеного відхилення напруги на затискачах споживачів електричної енергії в системі з ВЕС.

### **Список використаних джерел**

1. Plieshkov, P., Soldatenko, V., Zinzura, V., Plieshkov, S. (2020). Determining weight coefficients for an optimal system of control over electric energy generation in a combined electric power system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 103, No 1/2020. – P. 77 – 82.

2. Плешков П. Г. Оптимальне керування режимом роботи комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії / П.Г. Плешков, Н.Ю. Гарасьова, В.П. Солдатенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – №32 (1308). – С. 64-70

**УДК 631.365.22**

## **ТЕПЛОВИЙ АНАЛІЗ ВАКУУМНОГО СУШІННЯ НАСІННЯ**

**Швидя В. О.**

К. Т. Н.,

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства»,  
смт. Глеваха, Україна*

При виробництві насіння деяких сільськогосподарських культур (кукурудзи, сої, соняшника), а також при несприятливих погодних умовах під час збирання необхідне його сушіння. Для цього у насінництві використовують шахтні, конвеєрні, бункерні, карусельні сушарки [1]. Насіння у даних сушарках піддається негативному впливу температури, що знижує його посівні властивості після сушіння. Тому важливою науково-технічною задачею являється зменшення негативного термічного впливу сушарок на насіння.

Для зниження негативного впливу температури у сушарках застосовують м'які температурні режими [2]. Проте, із нерівномірності протікання процесу сушіння у товстому шарі відбувається перегрівання та недосушування окремих шарів. Перспективним способом зменшення негативної дії сушарки на насіння та підвищення рівномірності сушіння являється застосування вакууму в сушильній камері [3-4]. Але теплоенергетичний аналіз вакуумного сушіння насіння проведений в неповному обсязі.

Метою даної роботи було проведення теплового аналізу вакуумного сушіння насіння теоретичним шляхом.

У загальному вигляді процес вакуумного сушіння насіння за умови, що вся тепла енергія поглинається насінням і витрачається на його нагрівання й випаровування води та відбувається постійний забір і відсмоктування повітря із сушильної камери описується системою диференціальних рівнянь [1]:

$$\begin{cases} \frac{dQ}{d\tau} = r_0 \cdot m_0 \cdot \frac{du}{d\tau} + M_M \cdot c_3 \cdot \frac{d\theta}{d\tau} \\ \frac{du}{d\tau} = V_3 \cdot f \cdot \beta_0 \cdot (a \cdot \theta(\tau) + c - b \cdot D) \cdot \frac{p_0}{p} \end{cases} \quad (1)$$

де  $Q$  — тепла енергія, що витрачається на сушіння, Дж;

$\tau$  — час сушіння, с;

$r_0$  — питома теплота пароутворення, Дж/кг;

$M_M, m_0$  — маса вологого і абсолютно сухого насіння, кг;

$u, \theta$  — вологовміст і температура насіння, %, °С;

$c_3$  — питома теплоємність насіння, Дж/кг °С;

$V_3$  — об'єм насіння, що сушиться, м<sup>3</sup>;

$f$  — питома поверхня зерна, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;

$\beta_0$  — коефіцієнт теплообміну масообміну, кг/Па·с·м<sup>2</sup>;

$a, b, c$  — емпіричні коефіцієнти;

$D$  — вологовміст повітряного середовища всередині сушильної камери, кг/м<sup>3</sup>;

$p_0, p$  — атмосферний тиск та тиск повітря в сушильній камері, Па.

Використовуючи критерій Ребіндера для вакуума [5]  $Rb = \frac{c_3 \cdot d\theta}{r_0 \cdot du}$ ,

виразимо  $du$  через  $d\theta$ .

Після алгебраїчних перетворень диференціальне рівняння 2 системи (1) набуває вигляду:

$$A1 \cdot \frac{d\theta}{d\tau} = \frac{A2}{p} \cdot \theta(\tau) + \frac{A3}{p}, \quad (2)$$

де  $A1 = \frac{c_3}{Rb \cdot r_0}$ ,  $A2 = V_3 \cdot f \cdot \beta_0 \cdot a \cdot p_0$ ,  $A3 = \frac{A2}{a} \cdot (c - b \cdot D)$ .

Рішення диференційного рівняння (2) при початковій умові  $\theta(0) = \theta_0$ , де  $\theta_0$  — початкова температура насіння, °С:

$$\theta(\tau) = \left[ \theta_0 + \frac{A3}{A2} \right] \cdot e^{\frac{A2}{A1 \cdot p} \cdot \tau} - \frac{A3}{A2}. \quad (3)$$

Знайшовши похідну  $\frac{d\theta}{d\tau}$ , підставивши її у перше диференціальне рівняння системи (1) з використанням заміни  $du = \frac{c_3 \cdot d\theta}{r_0 \cdot Rb}$ , одержимо:

$$\frac{dQ}{d\tau} = A4 \cdot \left( \theta_0 + \frac{A3}{A2} \right) \cdot e^{\frac{A2}{A1 \cdot p} \tau}, \quad (4)$$

$$\text{де } A4 = \frac{A2}{A1} \cdot c_3 \cdot \left[ \frac{m_0}{Rb} + M_M \right].$$

Рішення диференційного рівняння (4) при початковій умові  $Q(0) = 0$ :

$$Q(\tau) = p \cdot \frac{A1}{A2} \cdot A4 \cdot \left( \theta_0 + \frac{A3}{A2} \right) \cdot \left[ e^{\frac{A2}{A1 \cdot p} \tau} - 1 \right]. \quad (5)$$

Залежність (5) описує використання теплової енергії при вакуумному сушінні насіння. Як видно з формули (5) використання теплової енергії під час сушіння залежить не тільки від початкової температури насіння  $\theta_0$ , теплофізичних властивостей насіння ( $c_3$ ,  $\beta_0$ ,  $f$ ), його кількості, а й від тиску в сушильній камері  $p$ . Для виявлення характеру впливу тиску в сушильній камері на споживання теплової енергії  $Q$  побудовано графічні залежності динаміки споживання теплової енергії при різному значенні тиску в сушильній камері на прикладі насіння сої при таких параметрах ( $M_M = 100$  кг,  $m_0 = 96$  кг,  $c_3 = 2300$  Дж/кг °С;  $V_3 = 0,139$  м<sup>3</sup>;  $f = 3.484$  м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>,  $\beta_0 = 2.49$  кг/Па·с·м<sup>2</sup>;  $D = 0.411$  кг/м<sup>3</sup>;  $a = 2,15$ ;  $b = 1,14$ ;  $c = 25$ )

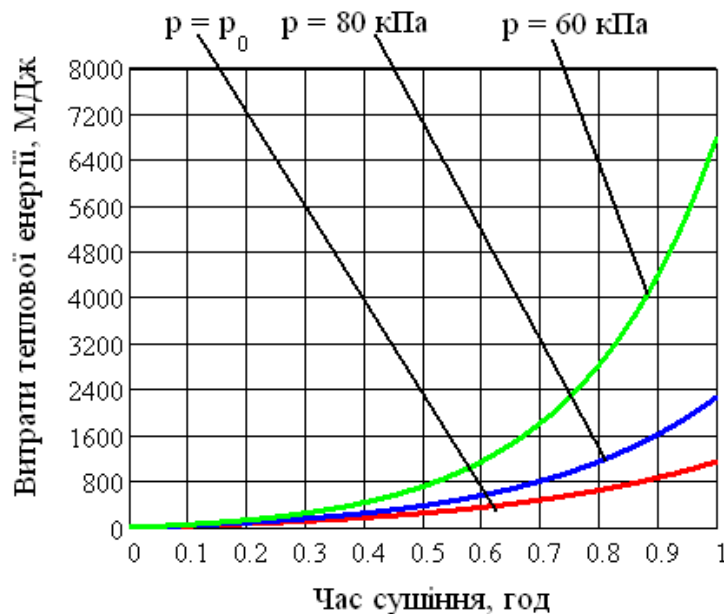


Рис. 1 –Графічні залежності витрат теплової енергії вакуумного сушіння насіння сої при різному тиску у сушильній камері

З рисунку видно, що зі зменшення тиску всередині сушильної камери, інтенсивність використання теплової енергії при сушінні збільшується, це пов'язано з тим, що швидкість випаровування збільшується (друге рівняння системи (1) на що теж витрачається більше енергії.



Таким чином, зменшення тиску у сушильній камері збільшується витрата теплової енергії сушаркою, що пов'язано зі збільшенням інтенсивності випаровування.

### Список використаних джерел

1. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилування, охолодження): монографія / Б. І. Котов, Р. А. Калініченко, С. П. Степаненко, В. О. Швидя, В. О. Лісецький. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. 552 с.
2. Кирпа М. Я. Травмирование семян: как это предотвратить. *Пропозиция*. 2017. № 1. С. 152–155.
3. Теоретичне обґрунтування використання контактного нагріву для сушіння насіння у вакуумі. / В. О. Швидя // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. – Глеваха. – 2019- Вип. № 10 (109) - С. 67-74.
4. Обґрунтування форми перерізу вакуумної сушильної камери з контактним нагрівом зерна / В.О. Швидя, С. П. Степаненко, М. М. Анеляк // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. – Глеваха. – 2018- Вип. № 7 (106) - С. 73-81.
5. Гинзбург А. С. Расчёт и проектирование сушильных установок пищевой промышленности / А.С. Гинзбург — М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.

### ОГЛЯД МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК

**Костенко О. М.**  
д.т.н., професор кафедри безпеки життєдіяльності, професор,  
**Дрожжана О. У.**  
старший викладач кафедри безпеки життєдіяльності,  
**Рибальченко В. Д.**  
здобувач вищої освіти ступеня доктор філософії  
кафедри безпеки життєдіяльності  
зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
*Полтавський державний аграрний університет*  
*м. Полтава, Україна*

Однією з важливих і самих енергоємних операцій у технології кормоприготування є подрібнення. Для подрібнення зерна застосовують різні типи подрібнювачів. Найбільшого розповсюдження отримали молоткові дробарки, які мають цілий ряд переваг у порівнянні з іншими машинами того ж призначення.

Розглянемо типові молоткові дробарки сільськогосподарського призначення.

Молоткові дробарки закритого типу з горизонтальною віссю ротора найбільш широко застосовуються для подрібнення зернофуражу в сільськогосподарському та комбікормовому виробництві. У таблиці 1 наведені характеристики молоткових дробарок, що застосовуються при виробництві комбікормів [1]. Ступінь подрібнення регулюється діаметром отворів в решетах, які огинають камеру дробарки. Кут обхвату решіт значною мірою визначає продуктивність дробарки і досягає  $360^{\circ}$ . Зерно в дробарках цього типу подрібнюється вільним ударом молотка і виводиться через решета з камери дроблення. Висока енергоємність подрібнення в даному типі дробарок, як і в інших молоткових дробарках, обумовлена витратами енергії на багаторазові удари по зерну (до 40 разів), значна частина кінетичної енергії витрачається на надання зерну обертального і поступального руху за рахунок непрямого удару, а також на тертя об поверхню решета та зіткнення між частинками [2].

Аналогічні конструкції молоткових решітних дробарок застосовуються за кордоном (таблиця 1). Відомі конструкції молоткових дробарок зі зустрічно обертовими роторами, наприклад, фірми «Бауерт Хаземаг» (Німеччина) продуктивністю 35 т/год. [1].

Продуктивність молоткових дробарок в загальному випадку регламентується площею поверхні решіт, швидкістю обертання ротора і його розмірами. Оцінюються параметри ротора дробарки через показник питомого навантаження  $q$  (кг/с·м<sup>2</sup>), який визначається за формулою [1]:

$$\dot{q} = \frac{q_p}{D \cdot L}, \quad (1)$$

де  $q_p$  - секундна продуктивність, кг/с;

$D \cdot L$  – площа діаметральної проекції барабана, м<sup>2</sup>.

Технічні характеристики молоткових дробарок наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики молоткових дробарок

Показники	КДУ-2	КДМ	ДДМ	А1-ДДП	А1-ДМР-12	А1-ДМР-20	ЧД-5 (Болгарія)	ЧД-15 (Болгарія)	М4-20
Продуктивність, т/год.	до 2	до 3	5-6	7	12	20	5	15	25
Діаметр ротора мм	-	-	980	630	646	646	-	-	-
Потужність електродвигуна, кВт	28	28	55	40	110	100	55	110	132
Швидкість обертання ротора, хв.-1	2725	2725	1470	2940	2960	2960	3000	3000	2975

Питома металоємність, кг/т	650	333	320	214	196	155	-	-	-
----------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	---	---

В існуючих дробарках величина питомого навантаження  $\dot{q} = 2...3$  кг/см<sup>2</sup> при окружній швидкості молотків 45...55 м/с і решеті з отворами 6 мм [3]. Отже, збільшення продуктивності молоткових дробарок пов'язане зі збільшенням габаритних розмірів їх робочих органів.

Великий вплив на роботу молоткової дробарки має вихідна міцність зерна, що подрібнюється, яка в більшості випадків залежить від наявності в ньому тріщин.

В останні роки промисловістю випускається безрешітна молоткова дробарка ДБ-5 (рис.1) [1].

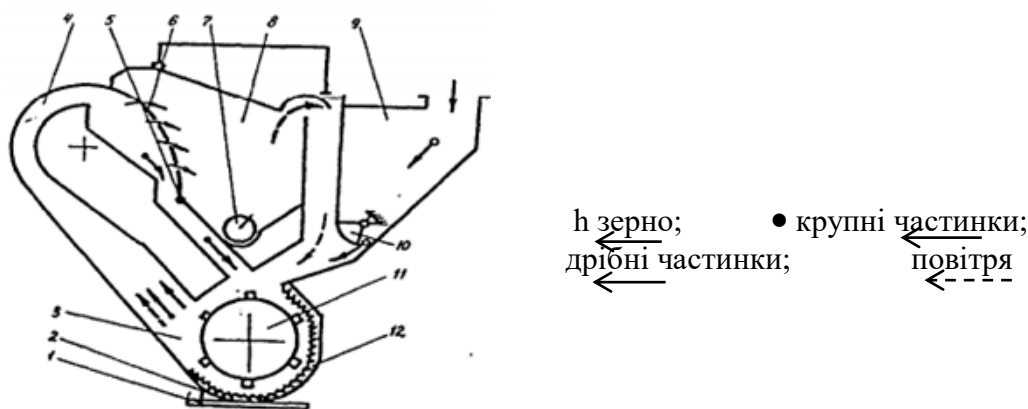


Рисунок 1 – Схема безрешітної дробарки ДБ-5

Дробарка має продуктивність 4...6 т/год., потужність приводу ротора – 30кВт, частота обертання ротора – 2960 хв<sup>-1</sup>, питома металоємність – 228кг/т.

Особливістю даної дробарки є роздільне виконання подрібнюючого та сепаруючого органів, що дозволяє окремо удосконалювати процес подрібнення та сепарації готового продукту [1]. Аналіз роботи дробарки ДБ-5 показав, що дробарка має ряд недоліків, а саме незадовільна робота засобів автоматичного регулювання при подрібненні зерна різної вологості, труднощі в налаштуванні сепаруючого органу на необхідну ступінь подрібнення.

До робочих органів дробарки відносяться молотки, решета та деки, які змінюють якісний стан перероблюваного матеріалу. Відомо, що ступінь розмелу залежить від граней молотків [1], термін служби молотка залежить від перероблюваного продукту. Таким чином, головним робочим органом у дробарці є молоток. Підвищення надійності роботи молотків у поєднанні з простотою та надійністю дробарки в цілому зробило б цей тип подрібнювачів одним з досконалих.

Аналіз робіт, присвячених дослідженням молоткових дробарок показав, що питанням взаємодії молотка та зерна не приділялося достатньої уваги. Тому проектування молотків навіть в теперішній час ведеться емпірично, звідси

велике різноманіття їх форм та розмірів. Це різноманіття пояснюється необхідністю мати гострі грані для інтенсифікації руйнування кормів. Найбільш широке розповсюдження отримали пластинчасті молотки прямокутної форми, у яких використовується чотири робочі грані. Вирішальним фактором для обґрунтування тієї чи іншої форми молотка є простота та економічність виготовлення, а також критерій якості готового продукту.

Конструктивні параметри існуючих молотків, як правило, близькі до оптимальних, що знижує резерв підвищення ефективності роботи дробарок за рахунок зміни конструкції їх робочих органів. Тому постає питання про створення моделі взаємодії молотка із зерном, яка враховувала б геометричні параметри молотків, властивості кормів.

Отже, подрібнення – енергоємний процес, зниження його може бути досягнуто шляхом удосконалення конструктивно-режимних параметрів молоткової дробарки.

#### **Список використаних джерел**

1. Борщев В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы. Тамбов: Тамбовский гос. техн. ун-т, 2004. 92 с.
2. Колобов М.Ю., Сахаров С.Е. Зернодробилки центробежно-ударного действия. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2012. №4. С.17-18.
3. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Чубов Д. С. Машины та обладнання переробних виробництв: навчальний посібник. Київ: Вища освіта, 2005. 159с.

### **МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ АГРОІНЖЕНЕРІЇ**

**Келемеш А. О.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів  
механізації аграрного виробництва, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет  
м. Полтава, Україна*

Останнім часом досить широкого застосування набув метод обробки металів та їх сплавів на основі використання механічних коливань (вібрацій). Вібрація пов'язана з поняттям вимушених коливань, яка періодично може змінюватися як за величиною, так і за напрямком.

Вібраційна обробка супроводжується послідовним нанесенням на оброблювану поверхню деталі великого числа мікроударів з частотою коливань обробного інструменту від 15 до 100 Гц [1]. При цьому забезпечується пластичне деформування поверхневого шару, наслідком чого є утворення

стискаючих напружень, підвищення мікротвердості, зменшення шорсткості оброблюваної поверхні.

Пластична деформація по дислокаційній теорії є не тільки результатом переміщення під навантаженням різних дефектів (дислокацій) кристалічної решітки оброблюваного матеріалу, а й способом зміни його форми і властивостей.

Методи вібраційної обробки та відповідні машини і обладнання використовуються в різних галузях промисловості. Їх застосовують для інтенсифікації різних процесів, що підвищують рівень механізації та автоматизації багатьох трудомістких робіт, а також для розробки і удосконалення нових технологічних процесів, які підвищують економічну ефективність і продуктивність праці [2].

Технологічні можливості цього методу досить великі: оздоблювальні, шліфувально-полірувальні, зміцнюючі операції. Тому даний метод є одним з найбільш актуальних і перспективних способів обробки та зміцнення деталей машин.

Інтенсивність вібраційної обробки залежить від цілого ряду чинників: режимів і тривалості обробки, фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, виду мастила, швидкості руху обробного інструменту та ін. Із зазначених параметрів основними є: збурююча сила, амплітуда, частота коливань і швидкість руху робочого органу, а також питомий тиск.

При обробці обробний інструмент або відновлювана деталь робить коливання певної частоти. При цьому періодично відбувається відрив поверхні робочої частини інструменту від оброблюваної поверхні деталі, в результаті чого здійснюється мікропроцес розвантаження контактних поверхонь інструменту і деталі.

При вібраційному деформуванні в результаті навантаження пульсуючим навантаженням відбувається дроблення зерна оброблюваного матеріалу і забезпечується його орієнтованість відносно напрямку прикладеного зусилля. При цьому відбувається збільшення зерна, площини ковзання якого розташовані під кутом  $45^\circ$  до напрямку зусилля. У них створюються умови для пластичної деформації ковзання, так як дотичні напруження досягають найбільшого значення.

Залишкові напруження в поверхневих шарах металу істотно впливають на експлуатаційні властивості деталей і, перш за все, на їх динамічну міцність, так як є резервом підвищення міцності деталей, а напруження розтягнення їх знижують, викликають виникнення тріщин, що призводять до руйнувань.

Динамічний вплив зростає зі збільшенням амплітуди і частоти коливань [3]. Під впливом механічних коливань виникає динамічний тиск на поверхню оброблюваної деталі у вигляді сумарної дії безлічі мікроударів. Найбільша інтенсивність обробки спостерігається в приконттактних шарах оброблюваної поверхні. В результаті відбувається формування поверхневого шару. Визначення форми і розмірів обробного інструменту вимагає проведення самостійних досліджень.



В даний час в машинобудуванні створені нові види вібраційної обробки: шпиндельна вібраційна, віброабразивна електрохімічна, магнітновібраційна та ін.

Шпиндельна вібраційна обробка є процесом оздоблювальної обробки поверхні деталі і здійснюється внаслідок знімання найдрібніших частинок металу в результаті ковзання і зіткнення з високою швидкістю оброблюваної поверхні та частинок робочого середовища. При цьому частота коливань –  $1500...2000 \text{ хв}^{-1}$ , амплітуда –  $1...5 \text{ мм}$ .

Віброабразивна електрохімічна обробка полягає в тому, що деталь занурюється у вібруюче абразивне середовище, зволене електролітом необхідного складу. Інтенсивність знімання металу зростає в  $5...7$  разів у порівнянні з обробкою деталей на обертових шпинделях.

Магнітновібраційна обробка полягає в тому, що на робочій зоні вібраційної установки створюється магнітне поле. Оброблювані деталі орієнтуються уздовж магнітних силових ліній. Швидкість переміщення деталі навколо загального центру циркулюючого середовища регулюють величиною магнітного поля.

В даний час фахівцями різних галузей господарства ведуться дослідження в цій області, спільно з підприємствами проводяться роботи по освоєнню віброобробки на різних операціях як в машинобудуванні, так і ремонтному виробництві.

Доведено, що при вібраційному шліфуванні циліндрів двигунів продуктивність праці зростає в два рази і підвищується якість обробки [4].

Автором [5] встановлено, що розроблена ним технологія зміцнення дисків копачів бурякозбиральних машин забезпечує зниження швидкості зношування по радіусу активних дисків в  $1,8$  рази і зменшення затуплення лез ножів в  $1,5$  рази в порівнянні з новими деталями.

Підвищення зносостійкості дисків, відновлених приварюванням сегментних шин зі сталі 45 з автоматичною наплавкою сормайтотом і зміцнених вібраційних деформацією, пояснюється зміцненням поверхні ножа диска при вібраційному навантаженні. В результаті вібраційного деформування навантажена поверхня леза ножа диска має більш дрібнозернисту структуру, підвищену мікротвердість, що сприяє підвищенню довговічності дисків копачів бурякозбирального комбайна.

Процес зміцнення оброблюваної поверхні вібраційним деформуванням недостатньо вивчений. В літературі наводяться часом суперечливі дані про вплив вібраційної обробки на структуру поверхневого шару. Немає конкретних рекомендацій про форму обробного інструменту, оптимальних розмірах і їх співвідношеннях. Не виявлені закономірності щодо визначення зусилля обробки в залежності від таких параметрів, як геометрія оброблюваних деталей і інструменту, режимів обробки.

Проведення всебічних досліджень з вібраційного деформування деталей з різних матеріалів з метою застосування отриманих даних при розробці

технології відновлення зношених деталей машин представляє теоретичний і практичний інтерес.

### Список використаних джерел

1. Бабичев А. П., Бабичев И. А. Основы вибрационной технологии. Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2008. 694 с.
2. Дудніков А. А., Дудник В. В., Горбенко О. В., Келемеш А. О. Вібраційні технології при відновленні робочих органів сільськогосподарських машин. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2021. № 1 (100). С. 14–20.
3. Дудніков А. А., Келемеш А. О. Забезпечення якості поверхні деталей при обробці тиском. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2013. Вип.98. Т.2. С. 374-378.
4. Dudnikov A., Dudnikov I., Kelemesh A., Gorbenko O. Influence of the hardening treatment of a machine parts' material on wear-resistance. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 3/1(93). P. 6–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.130999>
5. Беловод А. И. Особенности экспериментальных исследований рабочих органов свеклоуборочных машин. *Зб. наук. праць КНТУ. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2007. Вип. 19. С. 70-71.

## ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ЗМІЦНЮЮЧОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИСКОМ

**Литвиненко В. В.**

здобувач ступеня PhD спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
*Полтавський державний аграрний університет*  
*м. Полтава, Україна*

Підвищення надійності деталей машин є однією з найважливіших задач, як в машинобудуванні так і в ремонтному виробництві. Для вирішення зазначеної проблеми є цілий арсенал сучасних способів: традиційні конструктивні методи вдосконалення форми деталей; застосування високоміцних матеріалів; методи хіміко-термічної обробки. Серед цих методів особливе місце займає поверхневе пластичне деформування (ППД), яке є завершальною операцією в технологічному циклі виготовлення або відновлення деталей і вельми ефективним засобом підвищення їх міцності і експлуатаційних характеристик.

Зміцнення оброблюваного матеріалу є ефективним, оскільки дозволяє значно збільшити межі витривалості широкої номенклатури деталей машин. Завдяки обробці ППД в поверхневих шарах відбуваються сприятливі зміни, що підвищують опір втоми матеріалу деталей.

У більшості випадків застосування ППД дозволяє досягти значно більшого ефекту, ніж конструктивна зміна форми оброблюваних деталей.

До числа найважливіших досягнень технічної науки відноситься розробка вчення про якість поверхневого шару і створення наукового і практичного напрямку, спрямованого на підвищення експлуатаційних якостей деталей машин технологічними методами.

Вибір тих чи інших методів ППД для їх реалізації обумовлюється в основному рівнем фізико-механічних властивостей, формою, розмірами і станом поверхні оброблюваних деталей, а також технологічними міркуваннями [1].

У багатьох галузях машинобудування набула поширення обкатка роликami (кульками), що дозволяє підвищити міцність від втоми і зносостійкість [2]. Поряд з нею використовуються в промисловості і інші методи ППД: алмазне вигладжування, розкочування отворів, дробообробка, зміцнення карбуванням.

Останнім часом велика увага приділяється різним комбінованим методам, що поєднує в собі традиційне ППД з деякими іншими видами теплового і силового впливу на обробний інструмент. Серед них слід відзначити електромеханічну обробку, віброобкочування і вібровигладжування, вібраційно-відцентрову зміцнюючу обробку [1-3].

Ефективність того чи іншого методу обробки, тобто досягнення необхідного рівня втомної міцності деталей визначається цілим комплексом фізичних факторів і, в першу чергу, величиною та розподілом залишкових напружень в деталі після ППД, глибиною пластично деформованого шару і фізичним зміцненням матеріалу. Тому для управління зазначеними фізичними факторами необхідно забезпечити раціональне поєднання цих параметрів режиму обробки.

Пошук оптимальних режимів ППД ведеться як в нашій країні, так і за кордоном. В літературі наводяться певні дані про вплив основних параметрів ППД на ефективність зміцнення.

Теоретичні та експериментальні дослідження, проведені А.П. Бабічевим, М.С. Дроздом, А.А. Дудніковим та іншими вченими та спрямовані на дослідження методів і засобів реалізації резервів підвищення втомної міцності деталей, дозволили розробити матеріали по керівництву щодо вибору ефективних режимів ППД для широкої номенклатури деталей.

Встановлено, що підвищення опору втоми за рахунок ППД обумовлено, перш за все, сприятливою дією стискаючих залишкових напружень в поверхневому шарі зміцнених деталей. Режим зміцнення буде вважатися ефективним, якщо він забезпечує достатній рівень цих напружень.

Залишкові стискаючі напруження уповільнюють процеси зародження і розвитку мікропошкодження, знижують чутливість зміцненого поверхневого шару деталей до локалізації напружень від зовнішніх навантажень поблизу конструктивних і технологічних концентраторів, а також нейтралізують негативний вплив на опір втоми розтягуючих залишкових напружень.

Слід зазначити, що при деформації необхідної системи залишкових стискаючих напружень в деталях необхідно враховувати величину і знак

технологічних початкових напружень, які можуть залишатися в них від попередньої обробки, та які можуть істотно впливати на підсумковий залишковий напружено-деформований стан поверхневого шару зміцнюючих деталей. Особливо це відноситься до деталей зі зниженою жорсткістю, де роль поверхневого шару досить велика. На нашу думку при підвищенні міцності оброблюваного матеріалу деталей відносна товщина зміцненого шару буде зменшуватися.

Рішення проблеми зміцнення може бути знайдено в зміні геометрії обробного інструменту (пуансона), зокрема, необхідності зміни кута нахилу пуансона, калібруючої висоти, що дозволить змінювати ступінь наклепу поверхневого шару деталі і тим самим компенсувати відносне зменшення зусилля обробки.

При виборі основних параметрів режиму обробки пустотілих деталей рекомендується варіювання їх значеннями в достатньо широких для потреб практики інтервалах. Зміна зазначених параметрів, а також режимів обробки (амплітуда коливань обробного інструменту, частота коливань віброзбудника, час обробки) слід вважати важливим резервом підвищення ефективності вібродеформування при відновленні (виготовленні) деталей типу «втулка».

Величину зусилля обробки рекомендується призначати в залежності від припуску на обробку та від межі текучості матеріалу оброблюваної деталі і стану її поверхні до обробки.

Як критерій при виборі оптимальних режимів зміцнюючої обробки деталей з м'яких матеріалів (мідь, бронза, латунь та ін.) для отримання шорсткості близької до мінімальної, а також найбільшого зміцнення і оптимального рівня залишкових напружень в поверхневому шарі можна рекомендувати використовувати середній тиск  $p_{cp}$  в контактній зоні обробного інструменту з оброблюваною деталлю [3]:

$$p_{cp} = \frac{P}{F_{\phi}}, \quad (1)$$

де  $P$  – зусилля обробки;  $F_{\phi}$  – фактична площа поверхневого контакту.

Так при обробці деталей з бронзи  $p_{cp}$  призначається в межах 400...450 МПа. Визначення робочого навантаження слід проводити в залежності від розмірів обробного інструменту і режиму віброобробки.

При виборі режимів зміцнюючої обробки слід враховувати також параметри, що характеризують фізико-механічні властивості матеріалу оброблюваної деталі, її форму і розміри.

Існуючі підходи не вирішують в цілому розглянуті завдання зміцнення матеріалу оброблюваних деталей, оскільки розкривають проблему прогнозування можливих руйнувань поверхні деталей при ППД лише на емпіричному рівні. Запропоновані в літературі критерії і залежності визначають тільки критичні (граничні) режими обробки, при яких відбувається руйнування поверхневого шару деталей, і тому не дозволяють в повній мірі оцінити фізичний стан цього шару після обробки.

Згідно механічної теорії формування поверхневого шару, розробленої В.М. Смілянським [4], ППД розглядається як процес пластичної течії металу, а властивості поверхневого шару – як результат його деформування. Ця теорія враховує як закономірності пластичного накопичення деформацій, так і особливості кінематики взаємодії інструмента із заготівкою. В якості критерію оцінки фізичного стану поверхневого шару деталі, прийнята безрозмірна величина  $\Psi$ , що відображає ступінь пошкоджуваності матеріалу при ППД і визначається інтенсивністю швидкості деформації та граничним ступенем деформації зсуву матеріалу поверхневого шару. Для обчислення  $\Psi$  використовується реальний профіль осередку деформації, форма і розміри якого залежать від режимів обробки.

На ефективність застосування зміцнюючої технології впливає і структура матеріалу; від неї залежить ступінь деформаційного зміцнення матеріалів. Найменший приріст твердості поверхневого шару деталей при однаковій деформації надають сталі із сорбітною структурою. Наявність в структурі мартенситу забезпечує підвищення ефекту деформаційного зміцнення в результаті часткового перетворення залишкового аустеніту в мартенсит. На низьковуглецевих сталях з мартенситною структурою можна повніше використовувати резерви зміцнення, ніж на високоміцних сталях з тією ж структурою, незважаючи на більш значний приріст твердості.

Це положення обумовлено тим, що на низьковуглецевих сталях, підданих ППД, осередок руйнування зароджується під поверхнею, тобто в зоні менших робочих напружень, і тому втомні тріщини в основному поширюються в зміцненому шарі, внаслідок чого реалізується ефект зміцнення.

В останні роки проведена певна робота в області аналізу процесу теплоутворення в зоні контакту обробного інструменту з деталлю при ППД різних матеріалів, що представляє великий інтерес у зв'язку з проблемою підвищення стійкості зміцнюючого інструменту, з'ясуванням природи виникнення залишкових напружень і, в кінцевому підсумку, вибором оптимальних режимів ППД.

Серед завдань, що виникають при ППД, важливе місце займає пошук оптимальних режимів деформування деталей машин з метою максимального підвищення їх опору втоми і найбільш повного використання резервів зміцнення матеріалів.

Параметри режиму обробки вибираються зазвичай на підставі експериментальних даних і емпіричних залежностей, одержуваних з випробувань зразків або, рідше, натурних деталей, підданих ППД при різних режимах. При цьому оптимальними слід вважати ті із застосованих в досліді режимів, які забезпечують найбільший приріст межі витривалості деталі.

Така методика не може вважатися цілком досконалою, оскільки: а) варіюючи в досліді робоче навантаження при даній формі робочого інструмента або геометрію інструменту при постійному навантаженні, змінюють одночасно як глибину наклепу, так і інтенсивність деформації поверхневого шару; б) число поєднань значень робочого навантаження і



геометричних параметрів пуансонів може бути нескінченно великим і тому навіть самий великий експеримент не може охопити всі можливі варіанти. У цих умовах обраний з дослідів оптимальний варіант є необ'єктивно найкращим з усіх можливих, а лише найбільш раціональним з тих, які були реалізовані у випробуваннях.

Зазначені недосконалості можуть бути усунені, якщо в якості об'єктивного критерію оцінки процесу ППД використовувати узагальнений фізичний параметр, який в рівній мірі буде враховувати різні зміни режиму зміцнюючої обробки.

### **Список використаних джерел**

1. Бабичев А. П., Бабичев И. А. Основы вибрационной технологии. Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2008. 694 с.
2. Дудников А. А., Беловод А. И., Келемеш А. А. К вопросу выбора режимов упрочняющей обработки. *Вопросы вибрационной технологии: Межвуз. сб. науч. статей*. Ростов-на-Дону, 2012. С. 45-51.
3. Келемеш А. А. Особенности методов обработки деталей поверхностным пластическим деформированием. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. Харків, 2012. № 6/1 (60). С. 18–20.
4. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. Москва : Машиностроение, 2002. 300 с.

## **АНАЛІЗ СПОСОБУ ДЕАКТИВАЦІЇ ЧАСТИНИ ЦИЛІНДРІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**Красюк Д. О., Тристан В. О.**

здобувачі вищої освіти СВО «Магістр» спеціальності 208 Агроінженерія

**Келемеш А. О.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів

механізації аграрного виробництва, доцент

*Полтавський державний аграрний університет*

*м. Полтава, Україна*

Основною рушійною силою агропромислового комплексу є дизельний двигун внутрішнього згорання. Паливна система Common rail дозволяє суттєво знизити витрату палива за рахунок оптимального дозування порції впорскуваного пального. Комплексне застосування системи керування двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) дозволяє забезпечити раціональність вибору режимів автотракторних засобів, значно збільшити швидкодію виконавчих елементів, покращити паливну економічність, знизити викиди відпрацьованих газів [1].

В Україні до 70% автотракторних засобів не досягають навіть норми Stage-2. При цьому, що на сьогодні в розвинутих країнах світу діють норми Stage-6.

Враховуючи високий знос машино-тракторного парку особливо актуальним є проведення заходів по зниженню токсичності та підвищенню паливної економічності двигунів з низькими нормами екологічності Stage (для ЄС) і Tier (для США).

Одним з таких рішень є застосування комплексного методу повної або часткової деактивації частини циліндрів при експлуатації ДВЗ на холостому ході та малих навантаженнях.

Представлений метод широко відомий та застосовується такими фірмами як Cummins, Deutz AG, Iveco, Volvo, Perkins та ін. Проте складність застосування даного методу полягає в особливостях режимів роботи автотракторних засобів [2]. Тому метою дослідження є зниження токсичності відпрацьованих газів та підвищення паливної економічності дизельного двигуна Д-240 трактора МТЗ-80 шляхом деактивації частини його циліндрів.

Розрахунок ґрунтується на основі дослідження взаємозв'язку трьох складових [3]: 1) коефіцієнту надлишку повітря; 2) коефіцієнту, що враховує конструктивні відмінності двигуна; 3) сажовміст при суттєвій варіації режимі роботи двигуна.

Для проведення експериментальних досліджень застосовували гальмівний стенд КИ-5543 з вимірювальними приладами. На експериментальному стенді встановлений двигун Д-240 трактора МТЗ-80. Експериментальний стенд дозволяє проводити дослідження в широкому діапазоні навантажень 0 – 370 Нм та швидкісних режимів 1100...2800 хв<sup>-1</sup>. Окрім того, в паливній магістралі системи живлення двигуна Д-240 були встановлені електромагнітні клапани процесу керування відсіканням пального.

Для проведення експериментальних досліджень окрім вимірювальних стендових приладів застосовували: димомір «Інфракар Д1» та газоаналізатор «Інфралайт 11Р». Димоміром контролювали параметри димності при забезпеченні широкого діапазону швидкостей колінчастого валу двигуна 1100-2400 хв<sup>-1</sup>. За відомою методикою проводили перерахунок в одиниці сажовмісту. За допомогою газоаналізатора проводили вимірювання вмісту оксидів азоту, вуглеводнів, коефіцієнту надлишку повітря в робочому діапазоні швидкостей колінчастого валу двигуна 1100-2400 хв<sup>-1</sup>.

При експериментальній роботі вибрані три характерних режими роботи двигуна Д-240: 1) типовий режим роботи усіх 4 циліндрів; 2) штучний режим роботи при відключенні подачі палива в 2 циліндрах; 3) штучний режим роботи при відключенні подачі палива та газорозподільчого механізму (ГРМ) в 2 циліндрах 4-циліндрового двигуна.

Аналіз даних в результаті досліджень показав незначне зменшення витрати повітря між першим і другим режимами випробувань. А для третього режиму спостерігається різке зниження витрати повітря, так як клапани двох циліндрів фактично закриті і впуск повітря не відбувається.

На другому етапі експериментальних досліджень була поставлена основна задача, яка полягає у виявленні взаємозв'язку параметрів токсичності дизельного ДВЗ зі ступенем відключення циліндрів під навантаженням. В

результаті проведення досліджень на випробувальному стенді отримані результати: 1) залежності димності відпрацьованих газів та годинної витрати палива від ефективної потужності двигуна при  $n = 2200 \text{ хв}^{-1}$ ; 2) залежності витрати повітря та коефіцієнту надлишку повітря від ефективної потужності двигуна при  $n = 2200 \text{ хв}^{-1}$ . Експериментальні дослідження при більших частотах обертання не дають результатів економії палива та зниження токсичності вихлопних газів.

При відключенні паливоподачі в двох циліндрах ефект зниження витрати палива продовжується в межах зміни навантаження  $N_e = 0 \dots 8 \text{ кВт}$ . Подальше навантаження більше 8 кВт призводить до протилежного результату – витрата палива збільшується. Проте при третьому варіанті роботи ДВЗ ефект зниження витрати палива продовжується в більш широкому діапазоні зміни навантаження  $N_e = 0 \dots 22 \text{ кВт}$ . Хоча в межах  $N_e = 15 \dots 22 \text{ кВт}$  – прямує до нуля. Суттєвого зниження димності відпрацьованих газів при відключенні паливоподачі на другому варіанті роботи ДВЗ можна досягти у вузькому діапазоні навантажень  $N_e = 0 \dots 8 \text{ кВт}$  –  $0,87\text{-}1,55 \text{ м}^{-1}$ . Збільшення навантаження призводить до суттєвого збільшення димності і ефект відключення палива нівелюється. При третьому варіанті роботи ДВЗ зниження димності продовжується в більш широкому діапазоні  $N_e = 0 \dots 22 \text{ кВт}$ .

Аналіз даних досліджень свідчить про суттєве зниження витрати повітря та коефіцієнту надлишку повітря від ефективної потужності двигуна при третьому варіанті роботи ДВЗ. Це пояснюється відсутністю насосної дії двох циліндрів. З екологічної точки зору достатньо вигідне та ефективне зменшення кількості поданого повітря в діапазоні  $N_e = 0 \dots 22 \text{ кВт}$  з 300 до 150 кг/год. Так різниця витрати повітря 150 кг/год. не надійде в циліндр та не забрудниться відпрацьованими газами.

При порівняльній оцінці були обрані два характерних режими роботи двигуна Д-240: 1) типовий режим роботи всіх 4 циліндрів; 2) штучний режим роботи, що формується за допомогою відключення подачі палива в 2 циліндрах 4-циліндрового двигуна.

Аналіз залежності коефіцієнта надлишку повітря від частоти обертання колінчастого вала вказує на достатню подібність результатів. В діапазоні зміни частоти обертання колінчастого вала двигуна  $1200\text{-}1800 \text{ хв}^{-1}$  спостерігається найбільша розбіжність, яка не перевищує 7%. Порівняння даних показало розбіжність теоретичних і експериментальних даних в межах 1% [4].

На практиці експлуатації автотракторної техніки роботи, спрямовані на раціональний вибір вантажопідйомності автомобілів, тягового класу тракторів, не призводять до бажаного ефективного завантаження двигуна. В результаті при роботі на холостому ході і малих навантаженнях не забезпечується задана економічність. Крім того, показники токсичності перевищують допустимий поріг на 10-30%. Необхідні заходи щодо зниження токсичності та підвищення паливної економічності двигунів з низькими нормами Stage і Tier. Одним з найбільш ефективних заходів є використання комплексного методу повного і часткового відключення частини циліндрів при експлуатації ДВЗ на холостому

ходу і малих навантажень. Індивідуальна розробка заходів відключення подачі палива і приводу ГРМ, конкретно під кожну машину з урахуванням особливості режимів роботи автотракторних засобів і специфіки їх умов, є актуальним завданням.

### **Список використаних джерел**

1. Бешун О. А. Деактивація циліндрів у двигунах: історія розвитку, проблеми та перспективи застосування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Технічні науки. 2015. №15, т. 3. С. 310–318.
2. Firing only the cylinders you need: веб-сайт. URL: <https://www.delphi.com> (дата звернення: 20.11.2019).
3. Молодан А. О., Коробко А. І. Основні підходи до надійності автотракторного двигуна з вимкненням циліндрів як складної системи. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2018. Вип. 23. С. 52–60.
4. Романяк В. І., Келемеш А. О., Горбенко О. В. Дослідження токсичності відпрацьованих газів дизельних двигунів при деактивації частини циліндрів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 4. С. 241–249.

## **ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ СУЦІЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ**

**Баган В. В.**

здобувач ступеня PhD спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
*Полтавський державний аграрний університет*  
*м. Полтава, Україна*

Технологія суцільного обробітку ґрунту повинна забезпечити високу якість поверхні обробленого поля, що відповідає найкращим умовам для росту та розвитку рослин.

Результати досліджень, проведених науковцями з питань суцільного обробітку ґрунту, базуються на удосконаленні геометрії робочих органів, динаміки їх руху та якості виконання ними технологічного процесу.

Дослідження та проектування робочих органів для суцільного обробітку ґрунту поділяються на два основні напрямки. Перший – удосконалення параметрів та конструктивних характеристик стрілчастих симетричних різальних лап з визначенням геометричних та конструктивних параметрів різальних елементів, що є оптимальними для застосування в умовах України. Другий – дослідження конструктивних особливостей робочих органів, яким надано різноманітні рухи в різних напрямках та площинах.

До першої групи належать роботи академіка В. П. Горячкіна [1], який у своїх працях теоретично аргументував роботу тригранного клину в ґрунті, обґрунтував визначення сил, що діють на робочий орган в умовах кожного типу

ґрунтів. Теоретичним обґрунтуванням робочого процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом також займалися: В. О. Дубровін; Л. Ф. Бабицький; В. І. Ветохін, В. П. Ковбаса, В. В. Падалка та ін.

У роботі [2] наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень щодо створення культиваторних лап із криволінійним лезом, здатних до самоочищення від налипання ґрунту та бур'янів. Запропонований спосіб усунення пристінного ефекту шляхом виконання леза у вигляді кривої лінії. Результати порівняльних агротехнічних випробувань культиваторних лап з криволінійними лезами показали явну перевагу над прямолінійними.

Такий напрямок досліджень веде до удосконалення конструкцій робочих органів. Запропоновані розробки дозволяють виконувати технологічний процес суцільного обробітку ґрунту в більш широкому спектрі агротехнічних умов ґрунтів, проте загальний підхід до конструкції симетричних стрілчастих робочих органів змінився досить мало.

Слід звернути увагу також до другого напрямку, а саме дослідження та удосконалення активних робочих органів, які мають різноманітний рух в різних напрямках та площинах.

Особливу увагу спеціалісти приділяють активним робочим органам. У своїх роботах І. І. Артоболовський [3] відзначив необхідність розширення досліджень в галузі активної сільськогосподарської техніки, зокрема, ним підняті проблеми створення загальної теорії руйнування ґрунту, теорії переміщення активних робочих органів у суцільному середовищі.

Запропонований та досліджений О. В. Верняєвим [3] культиватор з коливальними робочими органами, підтвердив доцільність застосування активних робочих елементів з енергетичної та технологічної точок зору.

В результаті наукових досліджень була сконструйована нова активна лапа для одночасної культивації та внесення до ґрунту гербіцидів. Тяговий опір такої активної лапи, в порівнянні з пасивною, зменшився на 30%, проте відмічається збільшення енергетичних витрат на безпосередній привід активної лапи та необхідність пристосування її технічних параметрів до окремого типу ґрунтів.

На основі системного підходу до суцільного обробітку ґрунту Я. С. Гуковим [2] був розроблений комплекс ґрунтообробних знарядь, який дозволяє витрачати мінімальну кількість енергії під час доведення посівного шару ґрунту до стану, необхідного для вирощування культурних рослин. Обґрунтовано параметри робочих органів, технологічних і конструктивних схем ґрунтообробних знарядь. Визначено, що застосування запропонованого комплексу ґрунтообробних знарядь для суцільного обробітку ґрунту при однакових енергетичних показниках, в порівнянні з оранкою, покращує водноповітряний режим на 25...30% і більше. Витрати палива відповідним енергетичним засобом зменшується на 25...30% та на 15...40% підвищується продуктивність роботи агрегату, в порівнянні з орним.

При виконанні суцільної культивації ґрунту, слід дотримуватися таких агротехнічних вимог [4]:

- при суцільному обробітку поверхня поля має бути рівною;



- верхній шар ґрунту повинен бути дрібногрудкуватим (діаметр частинок ґрунту - 1...7 мм) без гребнів і борозн;
- нижні вологі прошарки ґрунту не повинні виноситися на поверхню поля;
- відхилення від заданої глибини обробітку ґрунту – не більше 1 см;
- робочі органи повинні знищувати не менше 98-99% бур'янів.

При цьому відхилення глибини від заданої величини повинне бути мінімальним. Ця вимога є особливо важливою в технологіях з мінімальним обробітком ґрунту і для сівби просапних культур у звичайних технологіях [4].

Висота гребнів після суцільного обробітку ґрунту не повинна перевищувати 3...4 см. Поле має бути обробленим без огріхів.

Суцільний обробіток ґрунту виконують спеціальними машинами. До цих машин та їх робочих органів існують наступні вимоги:

- забезпечення мінімальної потужності енергоносія на переміщення сільськогосподарської машини;
- простота конструкції та легкість її монтажу та демонтажу;
- стійкість до абразивного зносу та надійність їх у роботі;
- взаємна заміна існуючих робочих органів.

Робочі органи, які здійснюють культивуацію, можна поділити на дві групи – пасивні та активні [1].

Найпоширенішим робочим органом є лапа, тому що вона дозволяє, у порівнянні із зубом, краще дотримуватися зазначених вимог до виконання заданого технологічного процесу. Нерухома відносно рами машини робоча поверхня лапи має позитивну ознаку – простота конструкції.

Активні робочі органи, на думку багатьох дослідників [3], надають можливість більш якісного обробітку ґрунту. Рух робочим органам культиваторів надається двома способами:

1) від валу відбору потужності енергетичного засобу. Наведені активні робочі органи застосовують здебільшого при основному обробітку ґрунту. Вони, на думку авторів, мають кілька недоліків. Потребують застосування додаткової механічної енергії від енергетичного засобу. Мають обмеження щодо швидкості виконання робочого процесу. Конструктивно, зворотно-поступальний рух складно урівноважити динамічно. Виникають резонансні навантаження, що знижують надійність робочого органу.

2) від дії сили опору ґрунту на робочі органи внаслідок поступального руху машинно-тракторного агрегату. Підсумовуючи зазначене, приходимо до висновку, що робочий орган доцільно виготовити у вигляді лапи стрілкової форми; приєднуватися до рами вона повинна на жорсткому стояку; бути активною; рухатися з порівняно невеликою частотою у горизонтальній площині; мати можливість розпушування ґрунту, підрізати бур'яни та рослинні рештки; мати мінімальну здатність до накопичення на ній рослинних решток та налипання ґрунту і, відповідно, потребувати мінімум енергії для виконання технологічного процесу; мати технологічно просту та дешеву конструкцію. При цьому, характер руху різальної частини робочого органу може бути

поступовим, обертальним, зворотно-поступовим або зворотно-обертальним, що виконується з встановленою частотою руху.

Аналіз конструкцій робочих органів для суцільного обробітку та їх вплив на ґрунт показав, що найбільш прийнятним для подальшого дослідження є робочий орган з жорстко встановленим стояком та активною культиваторною лапою, що має можливість вільного обмеженого повороту в горизонтальній площині. Виникла необхідність створення удосконаленої конструкції ґрунтообробного робочого органу з існуючою культиваторною лапою і дослідження процесу його роботи, яка б мала менший тяговий опір, підвищила якість обробітку ґрунту з дотриманням агротехнічних вимог відносно глибини обробітку та мала кращі експлуатаційні показники при виконанні технологічного процесу.

#### **Список використаних джерел**

1. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : за ред. Д. Г. Войтюка. К. : Вища освіта, 2005. 464с.
2. Механічний обробіток ґрунту в землеробстві. І. Д. Примака, В. Г. Рошко, В. П. Гудзь та ін.; за ред. І. Д. Приймака. Біла Церква. 2002. 320 с.
3. Падалка В. В. Обґрунтування параметрів активної культиваторної лапи для поверхневого обробітку ґрунту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук : 05.05.11. Мелітополь, 2010. 20 с.
4. Падалка В. В. Від складного до простого за «Шишацькими технологіями». *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 1-2. С. 141–144.

#### **АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ПО ЗНИЖЕННЮ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ПРИ РОБОТІ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

**Орос В. В., Хватов О. О.**

здобувачі вищої освіти СВО «Магістр» спеціальності 208 Агроінженерія

**Келемеш А. О.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів

механізації аграрного виробництва, доцент

*Полтавський державний аграрний університет*

*м. Полтава, Україна*

На сьогоднішній день виробники техніки проводять дороговартісні дослідження та розробки для дотримання діючих та перспективних норм токсичності відпрацьованих газів (ВГ) двигунів внутрішнього згоряння. Чим жорсткіші стають вимоги законодавства, тим більше потрібно затратити (також технічних) на їх дотримання.

Санітарні вимоги щодо охорони атмосферного повітря населених місць від забруднення викидами транспортних засобів з двигунами внутрішнього

згоряння вказують на те, що обсяги та хімічний склад вихлопних газів автомобілів та інших транспортних засобів, у яких використовуються двигуни внутрішнього згоряння, повинні відповідати вимогам державних стандартів [1].

Досягнуті за останні роки успіхи були відмічені «легко» реалізованими можливостями. В майбутньому необхідно обирати нові шляхи, що також включає в себе розробку нових методів організації процесів згоряння та нові рішення в «старих» системах.

В таблиці 1 показані деякі технічні заходи по зниженню витрати палива та викидів шкідливих речовин для бензинових двигунів, що вже випускаються серійно або розробляються для серійного випуску. Найчастіше прогрес в зниженні витрати палива та викидів шкідливих речовин при роботі двигунів реалізується тільки комбінацією різноманітних заходів.

Таблиця 1. Заходи по зменшенню шкідливих викидів у бензинових двигунів [2, 3]

Можливість зменшення шкідливих викидів	Ефект, результат, примітка
Електронне впорскування бензину, адаптивні системи, регулювання крутного моменту двигуна	Найбільш точне дозування палива на усіх режимах та при будь-яких навантаженнях з дотриманням навколишніх умов (системи Motronic), системи OBD, системи E-Gas для двигунів з регулюванням крутного моменту
Безпосереднє впорскування бензину (по стінці, у повітряному потоці, струминне)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- можливі досить збіднені суміші в діапазоні часткових навантажень;</li> <li>- відсутність дросельної заслінки;</li> <li>- багата готова до спалаху суміш тільки на свічці;</li> <li>- загалом суміш в камері згоряння бідна (GDI, FSI)</li> </ul>
Конструкція камери згоряння	<ul style="list-style-type: none"> <li>- маленькі, компактні, куполоподібні камери згоряння;</li> <li>- через високу турбулентність можуть зрости компресія та тепловий ККД</li> </ul>
Розташування свічок запалювання	<ul style="list-style-type: none"> <li>- центральне розташування забезпечує короткий шлях полум'я;</li> <li>- компресія та тепловий ККД можуть збільшитися без небезпеки детонації</li> </ul>
Багатоклапанна техніка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- передбачає компактні камери згоряння та центральне розташування свічок запалювання;</li> <li>- через велику турбулентність досягається гарне змішування;</li> <li>- компресія та тепловий ККД можуть збільшитися без небезпеки детонації</li> </ul>
Оптимізована конструкція впускного колектору (регульовані системи всмоктування)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- застосування ефекту наддуву;</li> <li>- застосування повністю регульованих впускних колекторів (Multi Ram);</li> <li>- створення цілеспрямованої турбулентності повітря (завихрення)</li> </ul>
Регульована геометрія турбіни (VTG), регульована геометрія компресора,	<ul style="list-style-type: none"> <li>- незалежне від обертів регулювання тиску наддуву;</li> <li>- наддув високого тиску при безпосередньому</li> </ul>

ступінчастий наддув, реєстровий наддув, поєднання механічного наддуву та турбонаддуву	впорскуванні палива; - на сьогодні існують проблеми з матеріалом через високу температуру ВГ – до 1050°C; - можливі невеликі робочі об'єми з високими потужностями та моментами, зменшення розмірів (TSI концерну VW)
Регульовані фази газорозподілу (мета – відмовитись від розподільчого валу, на етапі розробки)	- розглядаються електричні, електрогідравлічні, електропневматичні клапанні приводи без розподільчого валу; - на низьких обертах паливо не потрапляє в систему випуску, тому знижується викид вуглеводнів; - на високих обертах ВГ можуть залишатися в циліндрі, через внутрішню рециркуляцію ВГ можуть знизитися викиди оксидів азоту; - можливе керування наповненням без дросельної заслінки з регулюванням ходу клапана (Valvetronic); - оптимальне наповнення у всіх діапазонах навантажень та обертів
Відключення циліндрів або регульоване стиснення	- підвищення ККД кожного циліндру; - більш оптимальна адаптація до поточних обертів та навантажень двигуна; - застосування ексцентрично розташованих колінвалів; - концепція зі ступнем стиснення 8:1 – 14:1
Подача повітря у ВГ незадовго до чи одразу після їх виходу з циліндру (системи впуску додаткового повітря)	- реалізація термічного доспалювання у вихлопній трубі; - СН та СО окислюються при температурах вище 600°C, в результаті виникають CO <sub>2</sub> та H <sub>2</sub> O; - у фазі холодного запуску каталізатор швидше прогрівається до робочої температури
Рециркуляція ВГ (внутрішня, зовнішня, з охолодженням)	- відпрацьовані гази відносяться до інертних (негорючих) газів; - знижується пікова температура в камері згоряння і, відповідно, умова утворення оксидів азоту; - знижується також заповнення циліндрів свіжою порцією суміші; - максимальний відсоток рециркуляції ВГ 10-15% у бензинових двигунів, до 30% у бензинових з безпосереднім впорскуванням бензину
Скорочення фази прогрівання, охолодження з програмним керуванням, термокеруванням	- запобігання масляного та водного охолодження у фазі прогріву; - зниження викидів СО, СН та витрата палива; - застосування насосів охолоджуючої рідини з електроприводом; - каталізатор швидше прогрівається до робочої температури; - електронний термостат та насос охолоджуючої рідини з електроприводом; - електронне термокерування охолодженням
Система запалювання з програмним керуванням, регулювання детонації,	- стабільно високий рівень енергії іскри при будь-яких навантаженнях та обертах;

регулювання кута випередження запалювання	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальний момент запалювання;</li> <li>- з регулюванням детонації компресія та ККД можуть підвищитись без ризику пошкодження двигуна;</li> <li>- зміщення кута запалювання у фазі прогріву в сторону більш «пізнього» для підвищення температури ВГ та нагріву каталізатора</li> </ul>
Зменшення внутрішнього тертя в двигуні та втрат у допоміжних агрегатах	нові матеріали – керамічні клапани, вуглецеві поршні, нові технології нанесення покриттів на гільзи циліндрів та ін.
Зниження обертів за рахунок 5- або 6-ступеневої КПП або АКПП (також безступінчастої АКПП)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- зниження тертя в двигуні;</li> <li>- споживання потужності допоміжними агрегатами зменшується;</li> <li>- досягнення однакового моменту при менших обертах</li> </ul>
Системи Start-Stop, система прямого запуску	<ul style="list-style-type: none"> <li>- переривання подачі палива при виключеному двигуні;</li> <li>- прямий запуск шляхом запалення суміші в камері згоряння та ощадливе застосування механічної та електричної систем запуску</li> </ul>
Різні системи каталізаторів	каталітичне доспалювання та перетворення шкідливих речовин у неотруйні компоненти

Основні проблеми викидів шкідливих речовин у дизельних двигунів є викиди оксидів азоту та твердих частинок (сажі). Ефективніше всього боротися з викидами сажі шляхом запобігання утворенню частинок сажі в камері згоряння. Це досягається оптимізацією процесів підготовки та організації згоряння суміші, тобто всередині двигуна. Подальше зниження викидів можна отримати за допомогою установки сажових фільтрів (DPF) та каталізаторів. Потенціал розвитку дизельних двигунів – в комбінації цих двох способів [4].

В таблиці 2 показані деякі технічні заходи по зменшенню викидів, які впроваджені в серійне виробництва або очікуються найближчим часом.

Таблиця 2. Заходи по зменшенню шкідливих викидів у дизельних двигунів [2, 3]

Можливість зменшення шкідливих викидів	Ефект, результат, примітка
Тиск впорскування 1500-2250 бар	<ul style="list-style-type: none"> <li>- необхідна кількість палива для даної робочої точки дуже швидко потрапляє в камеру згоряння;</li> <li>- дуже висока якість розпилення палива;</li> <li>- дуже маленькі краплі палива швидше прогріваються і тому швидше випаровуються</li> </ul>
Застосування багатоканальних сопел та варіосопел	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дуже дрібне розпилення окремих струминок палива;</li> <li>- точний розподіл палива в камері згоряння, більше отворів – краще розпилення;</li> <li>- обмеження встановлює технологія виготовлення</li> </ul>



Регульоване початкове впорскування	<ul style="list-style-type: none"> <li>- запобігання сильному зростанню тиску в камері згоряння;</li> <li>- для регенерації сажових фільтрів або каталізаторів SCR (сечовина AdBlue)</li> </ul>
Створення сильної турбулентності повітря у гвинтових каналах	<ul style="list-style-type: none"> <li>- створення сильного обертання повітря навколо осі циліндра завдяки геометричній формі впускного каналу;</li> <li>- цілеспрямоване створення завихрення в камері згоряння для підсилення обертання повітря;</li> <li>- інтенсивне та швидке змішування повітря та палива</li> </ul>
Покриття з благородних металів у фільтрах	<ul style="list-style-type: none"> <li>- нанесення на поверхню фільтра благородних металів, таких як платина, для зниження температури реагування частинок;</li> <li>- впорскування спеціальних добавок для подальшого зниження температури згоряння частинок</li> </ul>
Застосування в паливі спеціальних добавок або хімічних засобів запалювання	<ul style="list-style-type: none"> <li>- покращення спалаху дизельного палива шляхом підвищення цетанового числа;</li> <li>- застосування кисневмісних добавок в паливо;</li> <li>- застосування <math>\text{CeO}_2</math> (діоксид церію) або <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math> (оксид заліза) для зниження температури реагування частинок</li> </ul>
Дросельна заслінка у вакуумному трубопроводі	через короткочасне зниження подачі повітря в двигун підвищується температура ВГ для спалювання сажі
Регульована геометрія турбіни (VTG), регульована геометрія компресора, ступінчастий наддув, реєстровий наддув	<ul style="list-style-type: none"> <li>- незалежне від обертів регулювання тиску наддуву;</li> <li>- підтримання завихрень в нижньому діапазоні обертів;</li> <li>- в усіх діапазонах навантажень та обертів забезпечується достатній надлишок повітря</li> </ul>
Рециркуляція ВГ (внутрішня, зовнішня, з охолодженням)  Високий та низький тиск рециркуляції ВГ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- відпрацьовані гази відносяться до негорючих газів;</li> <li>- знижується пікова температура в камері згоряння, умова утворення оксидів азоту;</li> <li>- знижується також заповнення циліндрів свіжою порцією суміші;</li> <li>- максимальний відсоток рециркуляції ВГ 30-50% (проблема: великий відсоток рециркуляції ВГ сприяє утворенню сажі)</li> </ul>
Різні системи каталізаторів для відновлення оксидів азоту	<ul style="list-style-type: none"> <li>- каталітичне доспалювання та перетворення шкідливих речовин;</li> <li>- накопичувальні каталізatori або SCR-каталізatori</li> </ul>
Однорідне або напіводнорідне згоряння дизельного палива	однорідне самоспалахування суміші при лямбда 1 або в районі лямбда 1
Застосування нових видів синтетичного або напівсинтетичного палива	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знижена частка ароматизаторів та нульовий вміст сірки в паливі;</li> <li>- відсутнє спалювання викопних енергоносіїв (дизельне паливо);</li> <li>- адаптація параметрів палива до потреб двигуна</li> </ul>

### **Список використаних джерел**

1. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) : затв. наказом М-ва охорони здоров'я України від 9 лип. 1997 р. № 201. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97> (дата звернення: 20.05.2021).
2. Уве Рокош. Бортовая диагностика. Перевод с нем. ООО «СтарСПб». Москва : ООО «Издательство «За рулем», 2013. 224 с.
3. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей. Том 3. Практические основы диагностирования. Харьков : Майдан, 2014. 443 с.
4. Кульчицкий А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. Москва : Академический Проект, 2004. 400 с.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВ РОБОТИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ НА ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ**

**Могилевський О. М.**

менеджер з матеріально-технічного забезпечення

*ТОВ «Українське зерно»,*

*сmt. Диканька, Україна*

**Келемеш А. О.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та засобів

механізації аграрного виробництва, доцент

*Полтавський державний аграрний університет*

*м. Полтава, Україна*

Робота двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) автотракторної техніки в нестационарних (неусталених) режимах, які характеризуються постійними змінами частоти обертання колінчастого валу та навантаження, знижує в тричотири рази строк його служби до капітального ремонту. Аналіз впливу експлуатаційних умов роботи ДВЗ на зношування поверхонь деталей дозволить в подальшому вирішити проблеми підвищення надійності деталей та доремонтного ресурсу двигуна.

Аналіз літературних джерел дозволив встановити, що питанням дослідження впливу експлуатаційних умов роботи двигуна присвячені роботи В.І. Акатова, В.Я. Аніловича, С.Г. Гранкіна та інших авторів, в яких запропоновано пропозиції по визначенню величини та інтенсивності зношування поверхонь деталей [1].

Дослідженнями, приведеними в літературі, показано, що зношування деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ) і кривошипно-шатунного механізму (КШМ) двигуна, а також деталей трансмісії в режимі «розгін-накат» вище, чим при постійних режимах роботи.

При роботі ДВЗ в режимах постійної зміни частоти обертання колінчастого валу та навантаження інтенсивність зношування поршневих кілець збільшується до 3,5 разів, поршнів – до 2,5 разів, витрата палива збільшується на 15%. Перевищення допустимої частоти обертання призводить до руйнування деталей [2].

Несвоєчасна заміна та використання неякісної моторної оливи, яка не володіє усіма властивостями для нормального змащування пар тертя, не запобігає утворенню задирів та руйнуванню поверхонь високонавантажених поверхонь деталей, спричиняє прискорене зношування та швидкий вихід двигуна з ладу.

Незадовільний стан повітряного та паливного фільтрів (дефекти, механічні пошкодження) призводять до потрапляння абразивних частинок (пилу) в двигун, спричиняючи інтенсивне зношування гільз циліндрів та поршневих кілець. Несвоєчасне усунення несправностей в двигуні пришвидшує зношування деталей.

Приблизно 70% зносу деталей двигуна припадає на режими пуску та прогрівання, тому що поверхні деталей працюють в умовах недостатнього змащування, через необхідність деякого часу для того, щоб насос захопив оливу з картера і заповнив змащувальну систему [3].

Перевищення оптимальних показників температури охолоджуючої рідини та моторної оливи викликає пошкодження поверхонь теплонавантажених деталей (плавлення, коксування, лакові відкладення).

На зношування поверхонь деталей значний вплив мають швидкісний та навантажувальний режими роботи ДВЗ, які характеризуються змінами навантаження (подачі паливоповітряної суміші в циліндри) та частоти обертання колінчастого валу.

Зношування ЦПГ (знос циліндричних поверхонь блоку циліндрів чи гільз; поршня – по юбці, канавкам і під пальцем; поршневих кілець – компресійних та маслоснімних) є однією з основних причин підвищення вмісту токсичних та канцерогенних речовин у відпрацьованих газах, впливаючи тим самим на екологічні характеристики двигуна [4].

Криволінійні поверхні деталей ДВЗ в умовах експлуатації піддаються різним видам зношування в результаті нерівномірного розподілення контактного тиску і швидкості ковзання, багаторазового зміщення і проковзування спряжених поверхонь при циклічному характері прикладання зусилля.

Характер та величина зносу залежать від умов експлуатації автотракторної техніки, що призводить до значної зміни макрогеометрії криволінійних поверхонь деталей циліндро-поршневої групи в тому числі в результаті:

- гальмування двигуном (або примусового холостого ходу);
- відхилення показників температур охолоджуючої рідини і моторної оливи від оптимальних;
- запуск двигуна при низьких температурах навколишнього середовища;

- підвищених швидкісних і навантажувальних режимах.

Зношування ЦПГ значно впливає на екологічні характеристики двигунів внутрішнього згорання.

### Список використаних джерел

1. Анілович В. Я., Грінченко О. С., Карабін В. В. Міцність та надійність машин. Київ : Урожай, 1996. 288 с.
2. Хрулев А. Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Производственно-практическое издание. Москва : Издательство «За рулем», 1999. 440 с.
3. Балабанов В. И. Восстановление работоспособности ДВС в процессе их эксплуатации. *Автомобильная промышленность*, 1996. №8. С.16-18.
4. Сидоренко О. В., Чайка Д. О. Вплив експлуатаційних умов роботи на зношування поверхонь деталей двигунів внутрішнього згорання. *Матеріали студентської наукової конференції Полтавської державної аграрної академії*, м. Полтава, 16-17 квіт. 2020 р. Полтава, 2020. Том II. С. 199-201.

## НОВИЙ АВТОПІЛОТ AUTOPROSTEER RTK НА ТРАКТОРІ МТЗ 892. ВРАЖЕННЯ ВІД РОБОТИ

**Нескоромний О. П.**

голова фермерського господарства

ФГ «Григорівське»

с. Солошине, Полтавська обл., Україна

**Передмова.** Трактор, на який я встановив автопілот – це МТЗ-892 2010 року виробництва.

Із самого початку планував встановлювати автопілот, зокрема як для сівби, так і для решти операцій. В принципі сподобалось як він працює. Такі операції як боронування та обприскування теж проводив з автопілотом.

Довго шукав, їздив і на виставку, вибирав, обійшов усіх представників як і імпортерів компаній Trimble, John Deere багато хто їх рекомендував, так і вітчизняних. Ну для мого невеликого господарства це доволі таки значна сума була щоб придбати.

Вибір зупинив на моделі AutoProSteer RTK, бо в першу чергу привабила ціна. Нормальні хлопці (представники фірми) були, все доступно пояснили, проконсультували, тому вирішив обрати саме цю модель.

**Вибір автопілоту.** Виникла проблема, в першу чергу, якраз через сівбу, оскільки я людина, яка не може спокійно сіяти і дивитись за кермом трактора тільки вперед, назад не оглядатись, щоб рядки виходили рівними та красивими. А я не можу, я оглядаюся, потрібно розвернутися, подивитися, чи не забилося, чи нічого не горне. Отже, не виходило у мене зовсім рівно сіяти, постійно були

то зони пересіву, то пропуски. А було бажання добитися гарного результату. Тому для цього прийняв рішення купити автопілот.

**Економічне обґрунтування.** У моєму господарстві ФГ «Григорівське» близько 98 га землі. Розділено приблизно на 4 рівних частини: десть по 25 га соняшнику, 25 га кукурудзи, 25 га пшениці та 25 га сої. Тобто використовую 4-пільну сівозміну. В деякі роки на певних полях якоїсь культури більше, якоїсь менше.

Працюю я сам, найманих працівників немає. То в першу чергу, дуже багато техніки купується для себе, для своєї комфортної роботи, щоб полегшити свою працю. Працюю я вже 20 років в своєму фермерському господарстві. Як розумієте, ця праця не легка. Будь-яке капіталовкладення, усі новації, автопілоти, підрульовки, в кінцевому етапі рано чи пізно окупляться. Можливо у мене це буде і 10 років окупності, оскільки невеликий банк землі. А створити комфортні умови праці – це надважливо.

**Недоліки роботи без використання автопілоту.** В першу чергу, це втомлюваність. На початку дня і після обіду наче не заморився, але реакція уже не та, на поворотах уже важче розвертатись і вести трактор, одвернувся, відволікаєшся – втрачаєш прямолінійність. А з автопілотом потрібно тільки сидіти і контролювати роботу.

**Перша операція яку виконав з новим автопілотом.** Через три дні після встановлення я першим ділом поїхав підживляти пшеницю. Саме меню програмного забезпечення на базі Android усім, навіть дітям знайоме, нескладне в управлінні, освоїв за два-три дні. Можливо не з усіма функціями спочатку розібрався, були спочатку проблеми, непрямолінійний, а криволінійний рух встановив, методом спроб і помилок. Взагалі в керуванні дуже просте меню. Сіяв кукурудзу, потім соняшник і сою. Основні переваги, це прямолінійність руху, стикові проходи відмінні, немає ширшого чи вужчого, основне це якість сівби.

**Ключові переваги автопілоту.** Це простота, простота в меню керування і хороший електродвигун на кермі, що забезпечує достатнє зусилля, щоб керувати траєкторією руху трактора, прекрасно вистачає для МТЗ. Усі хто товаришує з технікою та має мобільний телефон зможуть вільно і просто управляти цим автопілотом, ніяких проблем не виникне.

Співпрацював я з компанією «AG Простір». Ми познайомилися з виставки. Коли потрібно звернутися за консультацією, телефоную було і в 9-10 годин вечора, то хлопці відповідали, не сердилися, нормально відзивалися, консультували, доволі ясно, доступно, нормально.

**Враження від придбання автопілоту.** Я дуже радий, що придбав цей автопілот. Думав, що в мене буде гірша обстановка, а тепер коли відпрацював уже посівну кампанію, то залишився дуже задоволеним. В поле прийдеш, коли посходили рядки, то любо подивитись. Максимально задоволений автопілотом.

**Бюджетна вартість автопілоту.** Під час пошуку автопілоту виявилось, що AutoProSteer RTK один із найдешевших автопілотів в Україні. Без прихованих підписок на рік, розблокування платного сигналу, потім на сигнал RTK ще одне



розблокування. Хто придбає станцію RTK, то взагалі сигнал буде прекрасної точності. А так прекрасно, мені сподобалось.

Сам купив та іншим рекомендую. Пробуйте. Потрібно користуватися інноваціями в агроінженерії.

#### **Список використаних джерел**

1. Враження фермера про бюджетний автопілот AutoProSteer RTK на тракторі МТЗ 892 : веб-сайт. URL: <https://www.youtube.com/> (дата звернення: 20.05.2021).

2. Автопілот AutoProsteer RTK : веб-сайт. URL: <https://www.agprosteer.com/> (дата звернення: 20.05.2021).

### **ОБГРУНТУВАННЯ КУТОВОГО РОЗТАШУВАННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ТА РОЗГІННОЇ ДІЛЯНКИ ГРАВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТЕРА**

**Іванов О. М.**

к.т.н., доцент кафедри технологій та обладнання  
переробних і харчових виробництв, доцент

**Арендаренко В. М.**

к.т.н., професор кафедри технологій та обладнання  
переробних і харчових виробництв, доцент

**Антонець А. В.**

к.пед.н., доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін, доцент

**Сімонов К. В.**

здобувач ступеня PhD спеціальності 133 Галузеве машинобудування

*Полтавський державний аграрний університет*

*м. Полтава, Україна*

Для реалізації процесу транспортування зернової маси між технологічними вузлами виробничого ланцюга для його переробки, обробки чи зберігання використовуються доволі велика кількість технічних засобів та устаткування. Найбільш поширеними варіантами це застосування норій чи транспортерів з великим різноманіття робочих органів. Незважаючи на достатню популярність даних підйомно-транспортних засобів усім їм притаманні дві недоліка. Одним недоліком – це є потреба залучення сторонніх зусиль для приведення їх в робочий рух, зокрема використання двигунів з електричною тягою чи інших генераторів механічної енергії. Тобто присутнє споживання вартісної зовнішньої енергії. Іншим недоліком – є доволі великий рівень пошкодження зерна при його взаємодії з робочими органами даних транспортуючих засобів [1,3].

Для уникнення даних недоліків раціонально здійснювати пересування зерна за рахунок використання гравітаційних транспортерів, технологічний процес якого передбачає використання сили тяжіння для пересування тіл при

умові наявності перепаду висоти між точками завантаження та вивантаження зернової сировини.

Однак, для даних типів транспортерів залишається важливим питанням контролю швидкості переміщення зернової маси, особливо в момент сходження її з транспортеру та спрямування в накопичувальний об'єм або силосні сховища для упередження розвитку надмірної швидкості, що може викликати надкритичне ударну взаємодію з елементами конструкції та руйнацію цілісності зерна [2,4]. Тому доцільно провести дослідження по пошуку впливу на зміну швидкісного режиму руху зернової маси при його русі у гравітаційному транспортері.

Був розроблений спеціальний лабораторний зразок гравітаційного транспортера, що складається із завантажувального бункера та двосекційного направляючого жолобу, по якому рухається зерно, що випало з бункера. Жолоб складається з ділянки (секції) розгону та гальмування.

Зміну швидкості руху зерна пропонується здійснювати зміною кута розташування кожної ділянки до горизонту. При чому розгінна секція повинна сприяти пришвидшенню руху, для забезпечення високої продуктивності транспортеру, а інша – сприяти формуванню необхідних темпів гальмування для задання вихідній масі зерна необхідної швидкості подальшого руху.

Для спрощення розрахунків по визначенню необхідних кутів нахилу припустимо, що рух зерна представляє собою ламінарну течію з різними швидкостями руху по всій ділянці жолобу. Будемо вважати, що потік на виході з жолобу витікає рівномірно з однаковою швидкістю, що характерно для стаціонарного потоку. Для уникнення виникнення ситуації згруження зерна по довжині жолобу прийемо, з умови нерозривності потоку, що швидкість завантаження та звільнення транспортеру відбувається при однаковій швидкості, тобто  $V_{поч}=V_{кін}$  [5].

Початкова швидкість зерна визначається із закону збереження енергії

$$V_{поч} = \sqrt{2gh_0}, \quad (1)$$

де  $V_{поч}$  – початкова швидкість руху, м/с;

$h_0$  – висота падіння зерна на жолоб, м;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

При переміщенні зерна масою  $m$  по похилій секції з певним кутом  $\alpha$  та довжиною  $\ell$  воно, з одного боку, набуває приросту кінематичної енергії  $E = mgl \sin \alpha$ , а з іншого – за рахунок сили тертя відбувається його гальмування з втратою частини енергії руху  $E = \mu mgl \cos \alpha$ , де  $\mu$  – коефіцієнт тертя зерна об поверхню руху.

Згідно закону збереження енергії для кожної окремої секції може бути сформоване рівняння енергетичного балансу:

$$\frac{mV_{поч}^2}{2} + mgl \sin \alpha - \mu mgl \cos \alpha = \frac{mV_{кін}^2}{2}. \quad (2)$$

Так як, жолоб складається з двох секцій довжиною  $\ell_1$  та  $\ell_2$ , то у загальному випадку формується система рівнянь:

$$\begin{cases} V_{поч} = \sqrt{2gh_0} \\ \frac{mV_{поч}^2}{2} + mgl_1 \sin \alpha - \mu mgl_1 \cos \alpha = \frac{mV_{max}^2}{2} \\ \frac{mV_{max}^2}{2} + mgl_2 \sin \beta - \mu mgl_2 \cos \beta = \frac{mV_{кін}^2}{2} \end{cases} \quad (3)$$

Після тригонометричних та алгебраїчних спрощень взаємозв'язок між кутами набуває наступного вигляду:

$$\beta = 2 \arctg \left( \frac{-1 + \sqrt{1 + (\mu^2 - (n(\mu \cos \alpha - \sin \alpha))^2)}}{\mu - n(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)} \right) + 2\pi k, \quad (4)$$

де  $n = \frac{\ell_1}{\ell_2}$  - співвідношення довжин секцій жолобу.

Проведемо дослідження по визначенню характеру зміни кутів при варіюванні факторів, що визначають їх величини.

У ході проведення аналізу приймалися наступні діапазони зміни факторів впливу:  $\alpha = 28 \dots 54^\circ$ ,  $\mu = 0,3 \dots 0,65$ ,  $n = 0,1 \dots 1$ .

На рис.1 приведені у вигляді просторових поверхонь результати теоретичних досліджень.

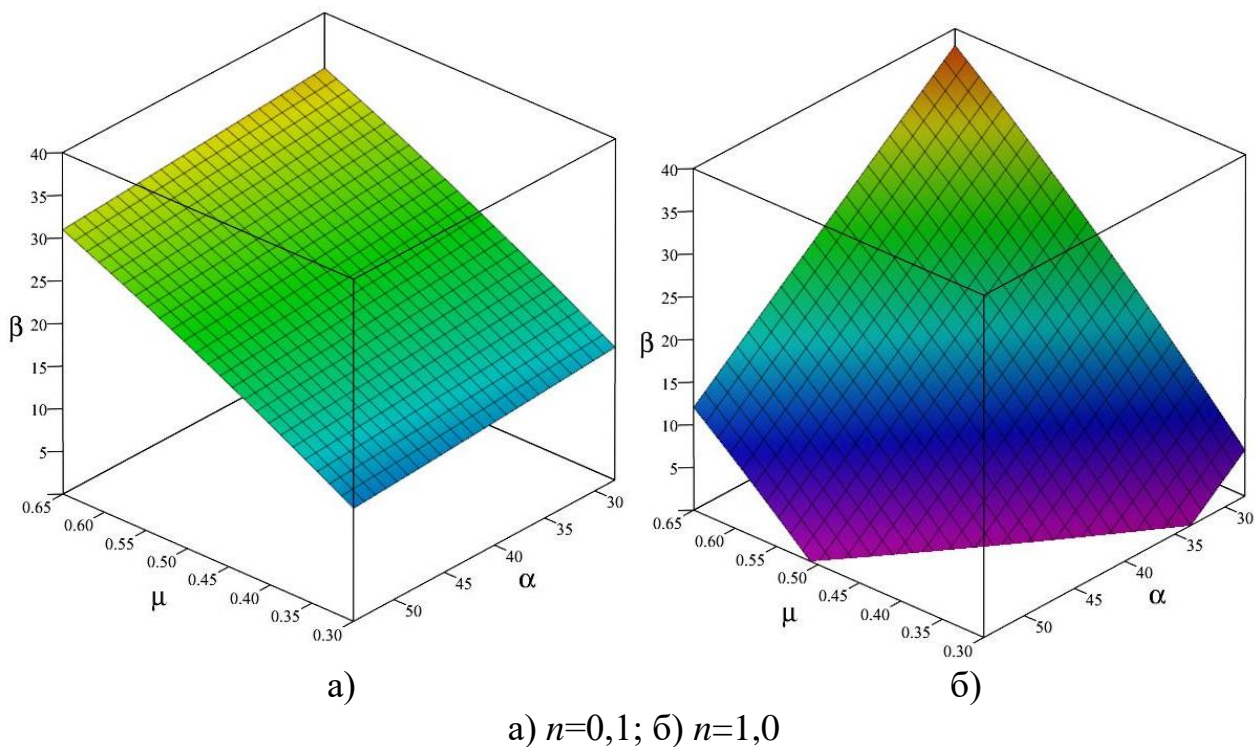


Рисунок 1 – Взаємозалежність кутів нахилу ділянок жолобу в залежності від коефіцієнту тертя  $\mu$  та співвідношення  $n$  довжини секцій

У відповідності до представлених результатів яскраво демонструється зменшення кута  $\beta$  зі зростанням кута нахилу  $\alpha$  розгінної ділянки жолобу та зменшенні коефіцієнту тертя  $\mu$ . Найбільші значення кут  $\beta$  набуває при симбіозі граничних значень кута  $\alpha=28^\circ$  та коефіцієнту тертя  $\mu=0,65$ . Так, при коефіцієнті  $n = 0.1$  куту нахилу  $\beta$  відповідає значення  $33,5^\circ$ , при  $n = 1$  – кут  $\beta = 38^\circ$ .

По мірі пересування в межах зміни кута  $\alpha$  та коефіцієнту тертя  $\mu$  в взаємно обернутих напрямках їх зміни – збільшення кута  $\alpha$  на фоні зменшення коефіцієнту тертя  $\mu$  – відбувається поступове відхилення від окресленого максимуму кута  $\beta$  в сторону його зменшення до досягнення мінімальних величин. Зокрема, при коефіцієнті  $n = 0.1$  кут  $\beta$  зменшується до  $13,2^\circ$  та  $n = 1.0$  кут  $\beta$  приймає навіть від'ємні значення  $-8,4^\circ$  та  $-20,6^\circ$  відповідно.

Якщо аналізувати вплив на формування кута нахилу гальмівного каналу іншого фактору впливу – коефіцієнту співвідношення  $n$  довжин каналів руху, то характер формування кута  $\beta$  від даного показника, при однакових умовах зміни інших двох факторів, є тотожним до принципу впливу кута  $\alpha$ .

На підставі теоретичних викладок було встановлений зв'язок між кутами розташування ключових ділянок жолобу з оформленням функціональної залежності між ними. Згідно отриманої залежності та орієнтуючись на результати теоретичних досліджень, для виконання умови ідентичності швидкостей потоку зерна на сході зі спускного жолобу та при русі зерна під час його завантаження у жолоб потрібно встановлювати гальмівну ділянку під іншим кутом, ніж попередню частину каналу. На це впливає кілька ключових факторів: кут нахилу розгінної ділянки жолобу, коефіцієнту тертя та співвідношенням довжин обох ділянок жолобу.

### Список використаних джерел

1. Самойленко Т. В., Мельник В. І., Арендаренко В. М. Теоретичне моделювання процесів гравітації заважання силосу зерна по відкритому гвинтовому каналу. *Інженерія Природокористування*. 2019. №2 (12). С. 73-78.
2. Самойленко Т. В., Арендаренко В. М., Антонець А. В. Кінематика руху зерна по спіральному пристрою зі змінним кутом спуску. *Вісник ПДАА*. 2020. №1. С. 267-274.
3. Севидж С. Гравитационное течение несвязанных гранулированных материалов. Теория быстрых движений. Москва, 1985. С. 86-146.
4. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов. Москва, 1994. 251 с.
5. Арендаренко В. М., Самойленко Т. В., Иванов О. М. Дослідження руху зернового матеріалу по лоткам гравітаційної установки. *Вісник ПДАА*. 2021. № 1. С. 302–309.

УДК 631.362.3

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ В КОМБІНОВАНОМУ СЕПАРАТОРІ ІЗ ЗАМКНЕНИМ ЦИКЛОМ ПОВІТРЯ

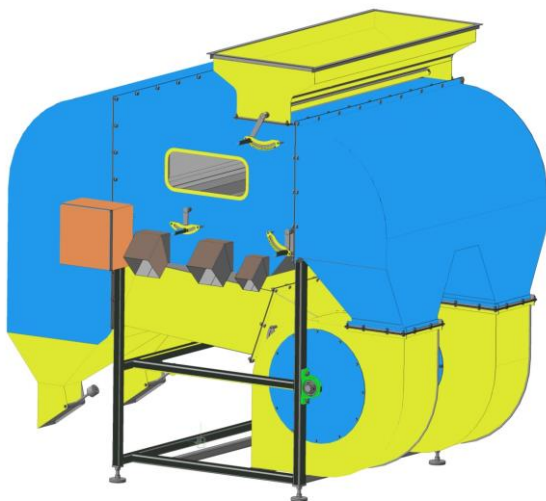
Степаненко С. П.

канд. техн. наук., с.н.с.

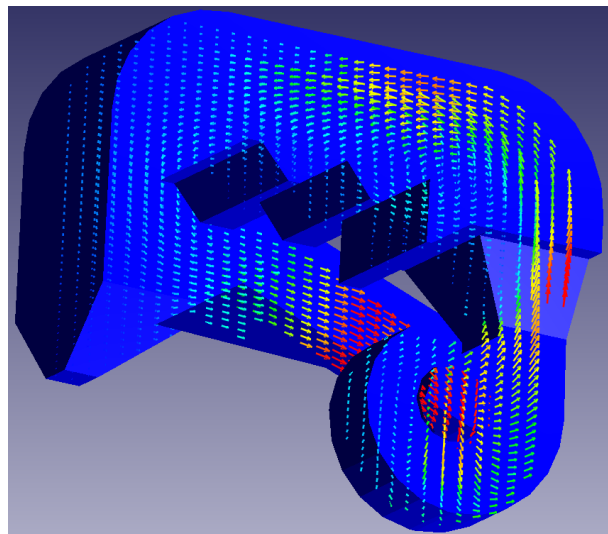
*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»,  
смт. Глеваха, Україна*

Дослідженням процесу фракціонування зернових матеріалів в аспіраційних каналах сепараторів приділено достатньо уваги [1-4], але треба відмітити, що у більшості випадків зерновий матеріал розглядають, як моношар зернівок [2], який потрапляє у пневмоканали сепаратора. За даних умов фракціонування на окремі фракції та подальше видалення домішок з шару зернового матеріалу відбувається за довжиною горизонтального пневмосепаруючого каналу [3], що значно погіршує якість. Тому виникла необхідність змоделювати процес фракціонування зернових матеріалів в аспіраційних каналах нового сепаратора із замкненим циклом повітря [4] та дослідити зміну поведінки руху повітряного середовища при штучному розпушенні зернових матеріалів за довжиною аспіраційного каналу сепаратора.

На базі розроблено комбінованого сепаратора зернових матеріалів із замкненим циклом повітря (рис. 1, а), було проведено математичне моделювання руху повітряного середовища при штучному розпушенні зернових матеріалів за довжиною аспіраційного каналу сепаратора (рис. 1, б).



а)



б)

а) – 3-D модель конструкції комбінованого сепаратора;

б) – модель руху повітряного середовища;

Рис. 1 – Комбінований сепаратор зернових матеріалів із замкненим циклом повітря СП-20 [4]



Сепаратор простий за будовою, не пилить, самоочищається і не травмує зерновий матеріал. Продуктивність при безперервному завантаженні 20 т/год.

Комбінований сепаратор зернових матеріалів із замкненим циклом повітря містить раму, робочий та повітряний канали, вентилятор, завантажувальний бункер, відстійну камеру, лотки для виходу фракцій очищеного зерна і повітровідокремлюваних відходів, заслінки, конфузори, оригінальністю конструкції [4] є те, що робочий повітряний канал виконаний прямокутного перерізу і під ним розташовані лотки з лускатими каналами нахиленими під певним кутом до напрямку вивантаження, а вхід повітря в пневмоканал і під лотки з лускатим каналом розділений регулювальним клапаном.

Утворенням пневмоканала у вигляді прямокутного перерізу, під яким розташовані лотки з лускатим каналом нахиленим під кутом до напрямку вивантаження, забезпечує рівномірно-прискорений рух повітря в робочому повітряному каналі, в бік його руху до відстійної камери. Внаслідок штучно утвореного фізичного явища досягається ефективне фракціонування зернових матеріалів, а також виділення домішок із зернової суміші та її поділ на фракції за аеродинамічними властивостями. Нахил лускатого каналу, під кутом значно меншим кута природнього відкосу, дозволяє ефективно транспортувати розділені фракції на вивантаження з комбінованого сепаратора через лотки при щадному русі зерна та істотно зменшити висоту сепаратора.

Встановлення лотків для фракцій із сукупною дією нагнітального повітряного потоку, який рівномірно виходить з робочого повітряного каналу від вентилятора, дозволяє розділити зернову суміш на декілька фракцій: виділення металевих і інших сторонніх домішок (камінці); зерно (насіння) основної культури; продовольчо-фуражне зерно; повітровідокремлювані відходи (легкі домішки), що сприяє зменшенню потрапляння неповноцінного зерна у основну культуру, а відповідно і підвищення якості продовольчого зерна чи насіння.

Дослідженнями процесу фракціонування зернових матеріалів в комбінованому сепараторі із замкненим циклом повітря та поділу зернового матеріалу за густиною у зерновому шарі було складено математичну модель (1), яка дозволила змодельовати процес руху повітряного середовища в аспіраційній системі комбінованого сепаратора зернових матеріалів.

$$\begin{cases} \left( \frac{d^2x}{dt^2} \right)_{\Pi} \Big|_{x=r+d} = \left( \frac{dx}{dt} \right)_k \cdot \left[ a - k_{V1} \cdot \sqrt{\left( \left( \frac{dx}{dt} \right)_k \right)^2 + \left( \left( \frac{dy}{dt} \right)_k \right)^2} \right], \\ \left( \frac{d^2y}{dt^2} \right)_{\Pi} \Big|_{x=r+d} = \left( \frac{dy}{dt} \right)_{\Pi} \cdot \left[ b - k_{V2} \cdot \frac{\left( \frac{dy}{dt} \right)_{\Pi}}{\sqrt{\left( \left( \frac{dx}{dt} \right)_k \right)^2 + \left( \left( \frac{dy}{dt} \right)_k \right)^2}} \right], \end{cases} \quad (1)$$

де  $\left( \frac{dx}{dt} \right)_k$ ,  $\left( \frac{dy}{dt} \right)_{\Pi}$  – складові швидкості руху зернівки в момент удару об стінку;  $k_{V1} = 0,0122, \text{м}^{-1}$ ;  $k_{V2} = 0,4 \text{с}^{-1}$ ;  $a = 0,067 \text{с}^{-1}$ ;  $b = 0,96 \text{с}^{-1}$ .

За результатами досліджень процесу фракціонування зернових матеріалів в комбінованому сепараторі із замкненим циклом повітря було встановлено раціональні конструкційні та режимні параметри сепаратора, а також встановлено координати положення поділяючого пристрою, які зумовили до необхідності зниження рівня лінії поділу і, відповідно, збільшення кількості зернівок основного компонента у повноцінній фракції.

Із урахуванням умов сумісної роботи пневмоканалів і осаджувальної камери для останньої також розроблено фізико-математичну модель взаємодії компонентів зернового матеріалу з повітряними потоками змінної структури.

При математичному моделювання руху зернівок у вертикальних та горизонтальних каналах та змінного характеру швидкості повітря, наявності вихрових складових і турбулентного режиму руху повітря, розподіл швидкості повітря в поперечному перетині не враховували.

Таким чином, досягається покращення якості очищення зерна від важковідокремлюваних домішок, покращення санітарних умов праці обслуговуючого персоналу, зменшення енерговитрат і висоти сепаратора [5].

### Список використаних джерел

1. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилування, охолодження): монографія / Б. І. Котов, Р. А. Калініченко, С. П. Степаненко, В. О. Швидя, В. О. Лісецький. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. 552 с.
2. Степаненко С.П., Котов Б.І. Основні теоретичні положення сепарації зернового матеріалу в повітряних каналах з нерівномірною швидкістю повітряного потоку / С. П. Степаненко, Б. І. Котов // *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник*. Вип. 50. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – С. 122-133.
3. Степаненко С.П., Котов Б.І. Математичне моделювання процесів поділу компонентів зернового матеріалу в комбінованому вібраційно-повітряному сепараторі / С. П. Степаненко, Б. І. Котов // *Вінницький національний аграрний університет. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях»*. Випуск № 2(97). - Вінниця, 2020. – С. 51-61.
4. Сепаратор пневматичний. Пат. № 118889 Україна (UA), МПК В07В 4/02 (2006.01). ННЦ"ІМЕСГ НААН. - № а 2017 02294, заявл. 13.03.2017. опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6.
5. Степаненко С.П. Механіко-технологічне обґрунтування процесів і обладнання безрешітного фракціонування зернових матеріалів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: 05.05.11 / С. П. Степаненко. – Глеваха, 2021. – 50 с.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБИРАННЯ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ СОНЯШНИКУ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ЦІЛІ**

**Кузьмич А. Я.,** к.т.н.,  
**Анеляк М. М.,** к.т.н., с.н.с.,  
**Грицака О. М.,** к.т.н.

відділ перспективних технологій та технічних засобів для збирання,  
обробки та зберігання врожаю зернових та олійних культур  
*Національний науковий центр «Інститут механізації та  
електрифікації сільського господарства»,  
смт. Глеваха, Україна*

Світова тенденція декарбонізації економіки та зменшення викидів парникових газів спонукає до пошуку альтернативних джерел енергії. Україна має великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. Економічно доцільний енергетичний потенціал біомаси в країні складає близько 20–25 млн т у.п./рік при загальному споживанні первинної енергії в розмірі 175 млн т у.п./рік [1].

Основними складовими потенціалу є побічна продукція сільськогосподарського виробництва рослинного походження, зокрема незернова частина урожаю кукурудзи і соняшнику. Одним із найбільш вагомих аргументів на користь використання цих культур на енергетичні цілі є посівні площі вирощування кукурудзи і соняшнику в Україні. Згідно даних Держкомстату площі вирощування соняшнику в Україні в 2020 році становили близько 6,4 млн га, що в структурі посівних площ складає 21,1%. За наявних посівних площ в Україні, із врахуванням науково обґрунтованої частки (30–40%) рослинних решток, яку можна використати для виробництва енергії, потенціал використання на енергетичні цілі незернової частини урожаю соняшнику складає до 8 млн т.

Аналіз останніх досліджень дозволяє стверджувати, що на сучасному етапі відсутні науково обґрунтовані технологічні процеси збирання та ефективні технічні засоби, що здатні забезпечувати отримання якісної сировини з НЧУ в необхідній кількості [2].

Аналіз технологій та технічних засобів, які можуть бути використані для збирання незернової побічної продукції соняшнику мають суттєві обмеження при їх використанні на збирані незернової частини врожаю цієї культури на енергетичні цілі.

Тому виникає необхідність проведення досліджень з пошуку шляхів підвищення ефективності процесу збирання та обґрунтування енергоефективних технологій і технічних засобів для збирання НЧУ соняшнику на енергетичні цілі.

Мета досліджень. Підвищення ефективності збирання незернової частини урожаю соняшнику на енергетичні цілі шляхом оцінювання можливих варіантів технологій його збирання.

Для порівняння ефективності різних способів були складені технологічні карти та розраховані значення приведених витрат на збирання 1 т НЧУ соняшнику в пресованому вигляді за трьох варіантів збирання (рис. 1).

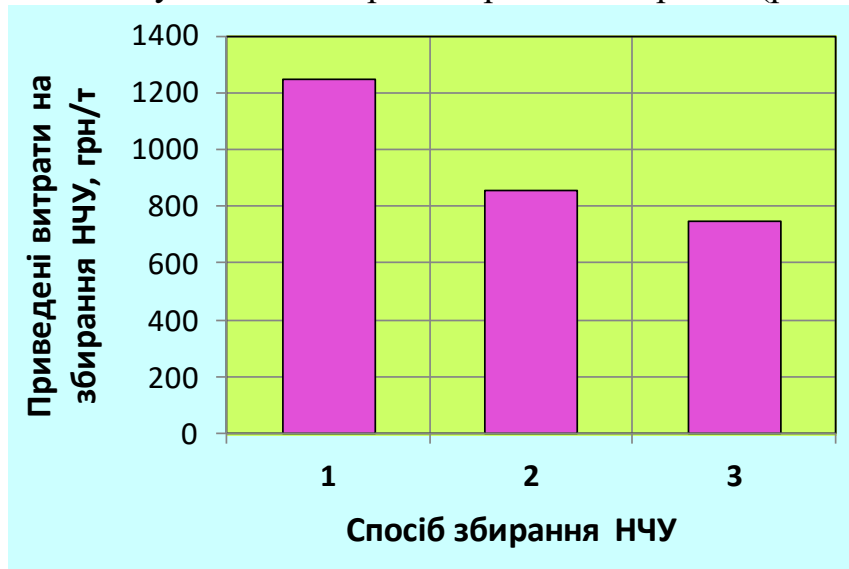


Рис. 1 – Приведені витрати на збирання НЧУ соняшнику за різних способів:  
1 – збирання НЧУ із формуванням валків за допомогою причіпних подрібнювачів-валкоутворювачів; 2 – збирання НЧУ зі збором подрібненої маси в причіпний копнувач та формуванням паків на краю поля; 3 – збирання НЧУ із формуванням валків за допомогою жниварки комбайна.

Аналіз отриманих залежностей свідчить про значне зростання приведених витрат за способу 1 збирання НЧУ соняшнику, що обумовлено багатократним проходженням збиральних агрегатів по полю. Після проходження зернозбирального комбайна частина рядів стебел соняшнику прикочується колесами до землі, що значно ускладнює їх скошування. Крім того за значного подрібнення стебел спостерігаються значні втрати маси при її підбиранні прес-підбирачами.

Зменшити приведені витрати на збирання побічної продукції соняшнику до 32 % можливо за способу 2. За цього варіанту зернозбиральний комбайн обладнується подрібнювачем з напрямним дефлектором та причіпним копнувачем [3]. Подрібнена маса збирається та вивантажується на краю поля. Пресування маси здійснюється за допомогою прес-підбирача, обладнаного дозувальним пристроєм. За даного способу зменшується кількість проходів збиральних агрегатів по полю. Використання способу 2 дозволить зібрати лише масу, що пройшла крізь молотарку комбайна, в обсягах 1,0–1,2 т/га.

Перспективним варіантом технології збирання стебел соняшнику на енергетичні цілі є скошування та укладання їх у валок жнивваркою зернозбирального комбайна одночасно з обмолочуванням, з наступним підбиранням і пресуванням. За даного способу відбувається розділення технологічних потоків матеріалів при збиранні соняшнику зернозбиральним

комбайном (рис. 2). При цьому обмолочені кошики та частина стебел, які пройшли через молотарку комбайна укладаються зверху на валок зі стебел, сформований жниваркою.

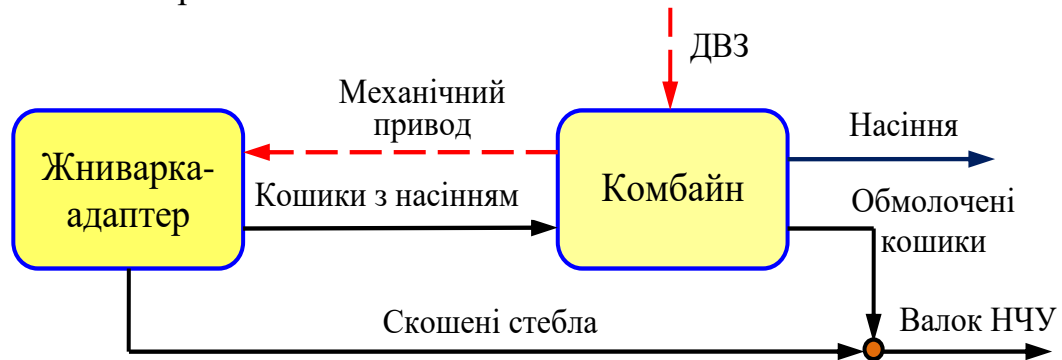


Рис. 2 – Структурна схема розділення потоків технологічних матеріалів при збиранні соняшнику зернозбиральним комбайном

Використання даного способу дозволить збирати до 2,0–2,5 т НЧУ соняшнику з гектара, та забезпечить підвищення ефективності збирання до 40% в порівнянні зі способом збирання НЧУ із формуванням валків за допомогою причіпних подрібнювачів-валкоутворювачів. Реалізація способу 3 потребує розроблення адаптера до жниварки для збирання соняшнику для додаткового скошування стебел та укладання їх у валок.

Висновки. Ефективність збирання НЧУ соняшнику на енергетичні цілі можна підвищити до 32% завдяки збору подрібненої маси, що пройшла через молотарку зернозбирального комбайна, в причіпний копнувач і формування тюків на краю поля прес-підбирачами обладнаними дозувальними пристроями.

Перспективним способом збирання стебел кукурудзи та соняшнику на енергетичні цілі є скошування та укладання їх у валок жниваркою зернозбирального комбайна одночасно з обмолочуванням. Використання даного способу дозволить збирати до 2,0–2,5 т НЧУ соняшнику з гектара, та забезпечить підвищення ефективності збирання до 40%

#### Список використаних джерел:

1. Гелетуша Г. Г., Железна Т. А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2013. № 7. 20 с.
2. Аспекти процесів збирання незернової частини врожаю кукурудзи та соняшнику як твердого біопалива / В. В. Адамчук та ін. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2019. Вип. 9 (108). С. 10–20. DOI:10.37204/0131-2189-2019-9-1
3. Кузьмич А.Я., Анеляк М.М., Грицака О.М. Збирання незернової частини врожаю соняшнику на енергетичні цілі. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*, 2020, Вип. 50. С. 69–78. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.69-78>



## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗЕРНОВОГО СЕПАРАТОРА НОЖИЧНОГО ТИПУ

**Ольховський В. О.**

аспірант, спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

**Дударєв І. М.**

д.т.н., професор кафедри технологій і обладнання  
переробних виробництв, професор

*Луцький національний технічний університет*

*м. Луцьк, Україна*

В агровиробництві широко поширені процеси очищення зерна різних сільськогосподарських культур від зернових та незернових домішок, а також розділення його на фракції [1–3]. Для виконання цих процесів пропонується конструкція зернового сепаратора ножичного типу [4]. Сепаратор містить нерухому раму, на якій на пружних опорах розміщена рухома рама (рис. 1, а). На рухомій рамі розташовано віброзбуджувач, механізм регулювання кута нахилу решіт та сепарувальні секції-важелі. Сепарувальні секції-важелі з'єднані хрестоподібно за допомогою шарнірів (по типу «ножиці») та обладнані пересипними поличками (рис. 1, б), що містять плоскі решета та піддони.

Віброзбуджувач містить два диски, які обертаються з постійною кутовою швидкістю  $\omega$  навколо горизонтальних осей  $O_1$  та  $O_2$  (рис. 2, а). Маса дисків  $m_\delta$  рівні та зосереджені в точках  $A$  та  $B$ . Диски обертаються у протилежні сторони і їх точки  $A$  та  $B$  у будь-який момент симетричні відносно вертикальної осі віброзбуджувача. Складемо рівняння руху центра ваги  $C$  рухомої рами (нехай, маса зерна на решетах сепаратора є постійною) вздовж вертикальної осі  $\eta$ , якщо у початковий момент точка  $C$  знаходиться в положенні статичної рівноваги, а її швидкість  $V_0$  спрямована вздовж вертикалі вниз. Розрахункова модель рухомої рами із секціями-важелями та зерном подана на рис. 2, б. У відповідності до принципу Даламбера матимемо [5]:

$$-F_1 + F_2 + G - F_3 = 0, \quad (1)$$

де  $F_1, F_2$  – сили інерції, які діють на точку  $C$ , Н;

$G$  – сила ваги рухомої рами з конструктивними елементами та зерном, Н;

$F_3$  – сила пружності, Н.

Для рівняння (1) сили визначаються із виразів:

$$F_1 = (2m_\delta + m_p + m_z)\ddot{\eta}, \quad F_2 = 2m_\delta\omega^2r \cos(\omega t),$$

$$G = 4c\Delta_{cm.} \text{ та } F_3 = 4c(\Delta_{cm.} + \eta),$$

де  $m_\delta, m_p, m_z$  – відповідно, маса диска, рухомої рами і зерна на решетах, кг;

$\omega$  – кутова швидкість обертання дисків, рад./с;

$r$  – довжина відрізків  $O_1A$  та  $O_2B$ , м;

$c$  – коефіцієнт жорсткості пружини (пружних опор), Н/м;

$\Delta_{cm.}$  – статична деформація пружини, м;

$\eta$  – переміщення точки  $C$  вздовж осі  $\eta$ , м;

$\ddot{\eta}$  – прискорення точки  $C$  вздовж осі  $\eta$ , м/с<sup>2</sup>;

$t$  – час, с.

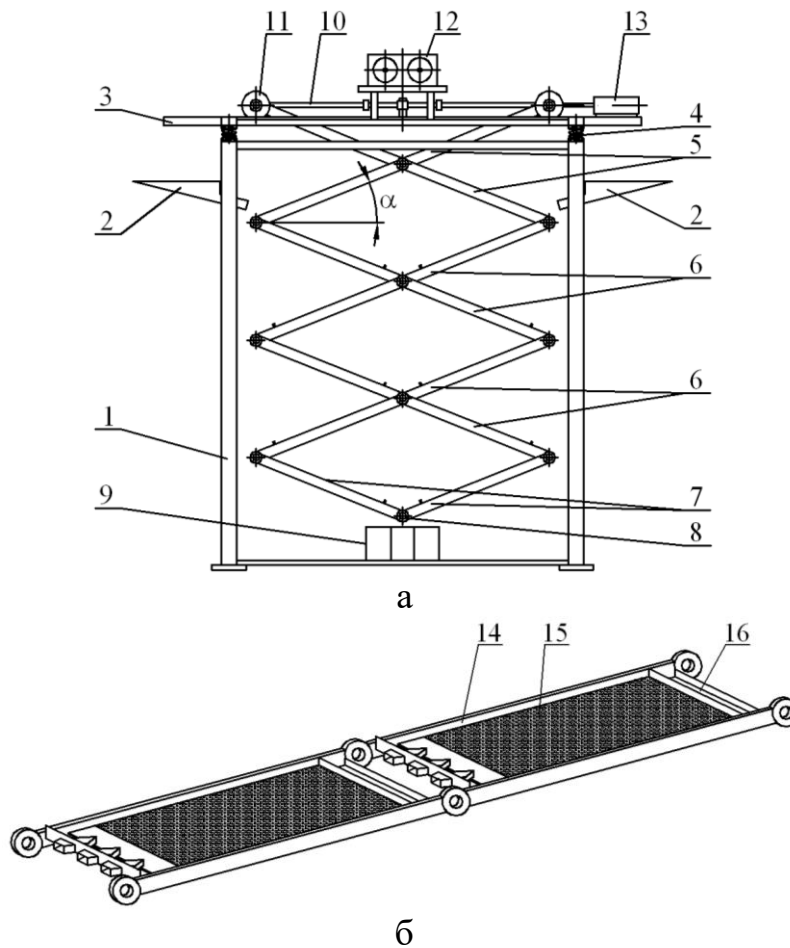


Рисунок 1 – Сепаратор ножичного типу (а) та секція-важіль (б): 1 – нерухома рама; 2 – бункер; 3 – рухома рама; 4 – пружна опора; 5, 6, 7 – сепарувальні секції-важелі; 8 – шарнір; 9 – місткості для фракцій зерна (домішок); 10 – механізм регулювання кута нахилу решіт; 11 – ролик; 12 – віброзбуджувач; 13 – гідроциліндр; 14 – боковини; 15 – решето; 16 – піддон

Після підстановки сил  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $G$  та  $F_3$  у рівняння (1), отримаємо:

$$-(2m_o + m_p + m_s)\ddot{\eta} + 2m_o\omega^2 r \cos(\omega t) + 4c\Delta_{cm} - 4c(\Delta_{cm} + \eta) = 0. \quad (2)$$

Позначимо  $k^2 = \frac{4c}{2m_o + m_p + m_s}$  та  $h = \frac{2m_o\omega^2 r}{2m_o + m_p + m_s}$ , тоді рівняння (2)

матиме вигляд:

$$\ddot{\eta} = h \cos(\omega t) - k^2 \eta. \quad (3)$$

Розв'язок диференційного рівняння (3) за початкових умов:  $t_0 = 0$ ;  $\eta(0) = 0$ ;  $\dot{\eta}(0) = V_0$  [5]:

$$\eta = \frac{V_0}{k} \sin(kt) + \frac{h}{k^2 - \omega^2} (\cos(\omega t) - \cos(kt)). \quad (4)$$

Дослідимо процес переміщення зернини решетою сепаратора. Рівняння переміщення зернини (точка  $A$ ) поверхнею решета в системі координат  $xu$  матиме вигляд (рис. 2, в, г):

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= mg \sin \alpha \mp F_4 \sin \alpha - F_m; \\ m\ddot{y} &= N \pm F_4 \cos \alpha - mg \cos \alpha; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де  $\ddot{x}$ ,  $\ddot{y}$  – прискорення зернини вздовж осей  $x$  та  $y$ , м/с<sup>2</sup>;

$m$  – маса зернини, кг;

$\alpha$  – кут нахилу решета до горизонту, град.;

$F_4$  – сила інерції, що виникає внаслідок коливного руху решета, Н;

$F_m$  – сила тертя, що виникає під час руху зернини поверхнею решета, Н;

$N$  – нормальна реакція поверхні решета, Н;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

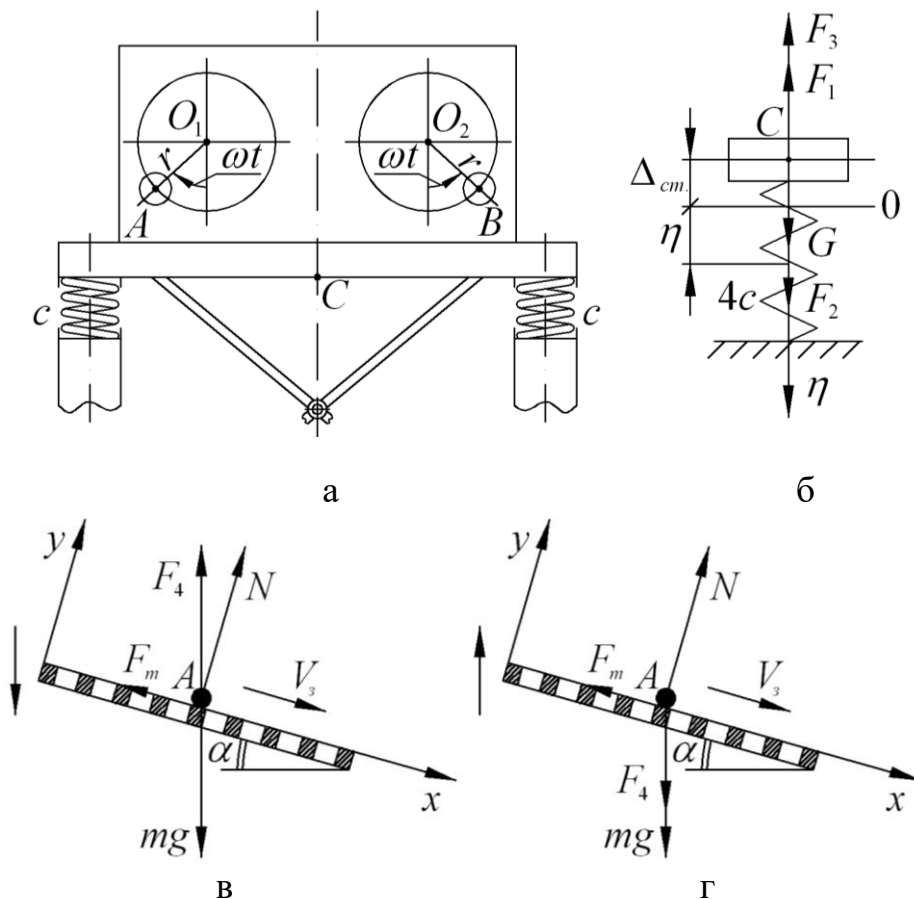


Рисунок 2 – Розрахункові схеми зернового сепаратора ножичного типу

Нехай, під час сепарування зернина не відривається від поверхні решета ( $\ddot{y} = 0$ ), тоді із другого рівняння системи (5) отримаємо:

$$N = mg \cos \alpha \mp F_4 \cos \alpha . \quad (6)$$

Ураховуючи, що  $F_m = fN$  та  $F_4 = m\ddot{\eta}$ , із першого рівняння системи (5) отримаємо:

$$\ddot{x} = (g \mp \ddot{\eta})(\sin \alpha - f \cos \alpha) . \quad (7)$$

Розв'язок диференційного рівняння (7) за початкових умов:  $t_0 = 0$ ,  $x(0) = x_0$ ,  $\dot{x}(0) = V_{30}$  (де  $V_{30}$  – швидкість зернини у початковий момент, м/с),

дозволяє отримати рівняння для визначення швидкості  $\dot{x}$  та прискорення  $\ddot{x}$  зернини на решеті вздовж осі  $x$ :

$$\dot{x} = (\sin \alpha - f \cos \alpha) \left[ gt \mp \frac{h(k \sin(kt) - \omega \sin(\omega t))}{k^2 - \omega^2} \pm V_0(1 - \cos(kt)) \right] + V_{30}, \quad (8)$$

$$x = (\sin \alpha - f \cos \alpha) \left[ \frac{gt^2}{2} \pm \frac{h(\cos(kt) - \cos(\omega t))}{k^2 - \omega^2} \mp \frac{V_0 \sin(kt)}{k} \right] + x_0. \quad (9)$$

У рівняннях (5) – (9) верхні знаки – для випадку руху решета разом із рухомою рамою вниз (рис. 2, в), а нижні знаки – для випадку руху решета із рухомою рамою вгору (рис. 2, г).

Аналіз сил, які діють на зернину під час руху решета вгору та вниз, показує, що найбільш несприятливий випадок під час руху решета вниз, оскільки сила інерції  $F_4$  буде перешкоджати руху зернини вниз. Дослідимо цей випадок та визначимо умову, за якої під час руху решета вниз зернина буде продовжувати рух решетом вниз:

$$mg \sin \alpha > F_4 \sin \alpha + F_m. \quad (10)$$

Після підстановки сил  $F_m$  та  $F_4$  в умову (10), отримаємо:

$$g(\sin \alpha - f \cos \alpha) > \ddot{\eta}(\sin \alpha - f \cos \alpha)$$

$$\text{або } g > \ddot{\eta}, \text{ за умови, що } (\sin \alpha - f \cos \alpha) > 0. \quad (11)$$

Ураховуючи рівняння (3) та (4), умова (11) матиме вигляд:

$$g > h \cos(\omega t) - k^2 \left[ \frac{V_0 \sin(kt)}{k} + \frac{h}{k^2 - \omega^2} (\cos(\omega t) - \cos(kt)) \right]. \quad (12)$$

Графік (рис. 3, а), який отримано за рівнянням (4), дозволяє визначити амплітуду коливань рухомої рами. Графік (рис. 3, б), який отримано за рівнянням (3), дозволяє перевірити виконання умови (12). Аналіз графіку показує, що у випадку, який розглядається, абсолютне значення прискорення зернини (точки А) не перевищує значення  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ , відповідно, під час руху решета вниз зернина буде продовжувати рух решетом вниз. Графік (рис. 3, в), який отримано за рівнянням (9), дозволяє визначити час руху зернини решетом.

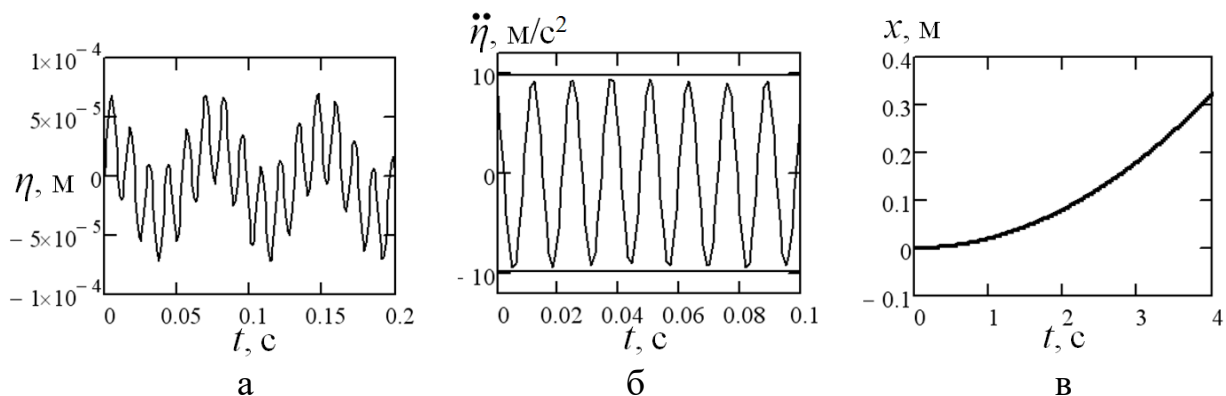


Рисунок 3 – Графічні залежності  $\eta(t)$ ,  $\ddot{\eta}(t)$  та  $x(t)$  при:  $c = 9,8 \cdot 10^6 \text{ Н/м}$ ;  $m_0 = 1,8 \text{ кг}$ ;  $m_p = 150 \text{ кг}$ ;  $m_z = 10 \text{ кг}$ ;  $\omega = 83,73 \text{ рад./с}$ ;  $r = 0,05 \text{ м}$ ;  $V_0 = 0,01 \text{ м/с}$ ;  $x_0 = 0$ ;  $\alpha = 23 \text{ град.}$ ;  $f = 0,42$

Теоретичні залежності, які отримані в результаті дослідження, дозволяють описати роботу зернового сепаратора ножичного типу, а також обґрунтувати його раціональні параметри для ефективної роботи.

### **Список використаних джерел**

1. Заика, П. М., Мазнев, Г. Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. М. : Колос, 1978. 287 с.
2. Карташевич, С. М. Механико-технологические основы повышения эффективности механизированных комплексов для послеуборочной обработки зерна и семян: монография. Минск : РУП «БелНИИагроэнерго», 2001. 288 с.
3. Дударев, І. М. Розрахунок машин зі спіральними робочими поверхнями: монографія. Луцьк : Інформ.-вид. відділ Луцького НТУ, 2017. 228 с.
4. Патент №146814 Україна, МПК А23N15/00, В07В1/00, В07В13/11. Сепаратор ножичного типу / Дударев І.М., Ольховський В.О.; Заявлено 23.11.2020; Опубл. 17.03.2021; Бюл. № 11.
5. Бондаренко, А. А., Дубінін, О. О., Переяславцев, О. М. Теоретична механіка: підручник: у 2 ч. – Ч. 2 : Динаміка. К. : Знання, 2004. 590 с.

## **БЕЗПЕРЕРВНА ОСВІТА: ДИСТАНЦІЙНИЙ АСПЕКТ**

**Литовченко В. П.**

к.філос.н., доцент кафедри соціально-гуманітарних дисциплін  
*ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»*  
*м. Ніжин, Україна*

Ідея неперервності освіти все частіше постулюється в сучасному освітньому середовищі. Головна роль такого усвідомлення витікає не стільки із розуміння краси, величі та багатогранності навколишнього світу, скільки із потреб зумовлених розвитком цифрових технологій, зокрема, потреби формувати економіки нового типу - так звану «цифрову економіку». Наразі доводиться констатувати, що цифрова економіка – одна з технологій, яку використовують передові країни світу для підвищення ефективності національних економік та використання сучасних інформаційних технологій для підвищення прибутковості.

Еволюційний шлях розвитку економіки не можливий без удосконалень в освітній сфері. Освітній процес майбутнього має рухатися в контексті цифрових інновацій, а отже, й у створенні стимулюючих передумов при освоєнні нового крізь призму дистанційності. Цьому є логічне пояснення. Світові пандемії остаточно ствердили нову освітню реальність – дистанційне навчання. Вимушена вимога проводити навчальний процес на відстані переглянула взаємостосунки викладач-студент у всіх аспектах: виклад матеріалу – засвоєння матеріалу – перевірка домашнього завдання – оцінювання. Відповідно, різного роду карантинні обмеження, в свою чергу



переформатували взаємостосунки роботодавець – працівник, і в залежності від професії, більшою чи меншою мірою заклали в професійну діяльність елемент дистанційності.

Якщо хочеш бути затребуваним на сучасному ринку праці, то мусиш освоювати сучасні цифрові інновації. Останні не стоять на місці, вдосконалюються, а отже, періодично вимагають додаткового часу на їх освоєння. За таких умов жоден навчальний заклад не гарантує «істинних знань», умінь та навичок, більшої актуальності набуває реалізація принципу неперервної освіти. Остання акумулює в собі перспективу майбутнього, уміння аналізувати, прогнозувати, проектувати. Дистанційні технології навчання можна розглядати як природний етап еволюції традиційної системи освіти від дошки з крейдою до електронної дошки й комп'ютерних навчальних систем, від книжкової бібліотеки до електронної, від звичайної аудиторії до віртуальної аудиторії.

Стало зрозумілим, що дистанційна освіта у всіх своїх проявах зайняла міцні позиції в освітньому середовищі, є невід'ємним стимулюючим чинником для людини протягом всього періоду життя. Успішність кожного у майбутньому залежатиме від цифрової грамотності, готовності використовувати дієві алгоритми саме цифрової економіки. Ці алгоритми достатньо динамічні, а їх ефективне освоєння й застосування лежить в площині, головним чином, дистанційної неперервної освіти.

За зазначених вище умов у системі навчально-виховної роботи, професійної освіти, підвищенні кваліфікації та перекваліфікації виникає проблема актуальності знань, формування тих умінь і навичок, які ставить перед особистістю цифрова економіка. І якщо сформувати вимоги достатньо легко, то на їх реалізацію може піти достатньо багато часу. Результати освітньої діяльності не особливо проглядаються в близькій перспективі, а спроектовані в майбутнє. Розглянемо ряд конкретних перепон, завдань, які, на нашу думку мають бути представлені передусім в системі здобуття дистанційної освіти.

Відсутність бажання навчатися, як, це не парадоксально, притаманна багатьом учасникам освітнього процесу. Невидимість горизонтів власних перспектив та результатів по завершенню навчання спочатку сіє сумнів, а вже потім наштовхує на думку про марність освітнього процесу взагалі. Мабуть кожна людина стояла перед вибором заробляння «живих грошей» чи отриманням диплому, який у далекому майбутньому відкриє бажану перспективу. В свою чергу система неперервної освіти має ствердити думку, що у житті немає єдиного вектору успіху. Самореалізація відбувається тоді, коли людина свідомо здійснює вибір, самовизначається, приймає рішення, наполегливо працює. Даний процес не передбачає тривалих зупинок, а лише переформатування до нових життєвих реалій. Дистанційна форма навчання це інша форма навчального примусу, інший вид змагальності, а результативність досягається, головним чином, від самовмотивації та цілеспрямованості.

Дистанційне навчання у всьому світі стає надзвичайно актуальним з огляду не тільки на велику кількість бажаючих здобути вищу освіту, але й

підвищити кваліфікацію, пройти перепідготовку тощо. Бути затребуваним на ринку праці означає освоювати різні навчальні інновації в режимі реального часу, на різних освітніх платформах. Не виходячи з дому ми маємо реальну можливість отримати знання практично з усіх дисциплін або спеціальностей. Це безперечно величезний поступ. На сьогодні багатообіцяючою тенденцією у світовій освіті є створення масових онлайн-курсів топових освітніх закладів світу, які складається з відеолекцій провідних викладачів, інтерактивних тестів, що дозволяють закріпити отримані знання, а також форуму, на якому студенти можуть задавати питання викладачеві та спілкуватися один з одним.

Не менш важливим є органічний взаємозв'язок навчального процесу з реальністю та новими технологіями. Навчальні підручники чи посібники на даний час не являється єдиним джерелом інформації. Освітню географію легко розширити за допомогою інформаційно-комп'ютерних технологій, мережі інтернет, спеціалізованих інтернет-ресурсів. В процесі дистанційного навчання викладач (модератор) має спрямувати свого наставника на наявну джерельну базу й змодельовати кінцевий результат опорних знань. Останні мають бути дієвими, тобто затребуваними в сучасних реаліях. Мова йде не про диктат викладача, а скоріш за все про синергійну взаємодію.

Мінімізація репродуктивної подачі матеріалу. Доступну інформаційну базу досить подати в електронному вигляді і винести на самостійне вивчення у зручний для студента час, а всі зусилля зосередити на ключових, невидимих, складних ділянках представленого матеріалу. Без репродуктивної інформації ніяк не обійтися при формуванні категоріально-понятійного апарату, але надмірна її подача не сприяє розвитку інтелекту, при цьому досить важко втримати увагу аудиторії, а в дистанційному форматі взагалі не реально.

Освітній процес - це завжди процес розвитку. Відповідно, завдання, які пропонуються в ньому повинні бути організаційно-діяльними, щоб побачити комунікаційний і рефлексивний результат діяльності. Дане твердження поширюється також і на самостійну роботу студентів. Це вже не лише пошук та згрупування інформації, а й уміння вибирати, структурувати, аналізувати, синтезувати масиви інформаційних баз даних відповідно до конкретних ситуацій, використання їх для нагальних професійних проблем.

Чи не ключовою проблемою організації дистанційного навчання виступає те, що ефективність дистанційного навчання безпосередньо залежить від багатьох параметрів: технічна організація процесу; компетентність як педагога, так і того хто навчається; необхідність отримання знань (основна умов) і, очевидно, технічна, педагогічна і каузальна підготовленість тих викладачів, які здійснюють безпосередню підготовку зі слухачами. Це повинні бути педагоги з універсальною підготовкою, які володіють сучасними педагогічними та інформаційними технологіями, психологічною готовністю до роботи зі слухачами у новій навчально-пізнавальній мережі інтернет, впевнені в необхідності своєї діяльності.

Дистанційне навчання не дозволяє викладачеві та студентів безпосередньо працювати при вирішенні тієї чи іншої проблеми. Така ситуація

вимагає і вибудови своєрідної моделі оцінювання результатів навчальної діяльності. Останні вкрай рідко будуть відмінними для всієї групи, а, отже, доцільною є оприлюднення диференційованої оцінювальної шкали. Вона дозволить викладачеві відслідкувати, локалізувати перепони, які не дозволили студентові отримати максимальний результат, зосередитися на них й вказати допущені помилки. Водночас особа, яка навчається визначить власну шкалу дидактичних потреб «виконав стільки – отримав стільки». Бажання отримати якісніший результат зумовить потребу в додаткових уточненнях до завдання, тоді як задоволення мінімальним зведе їх до мінімуму.

Безперервний освітній процес вимагає особливої структуризації змісту та інформації. Насамперед можна говорити про реалізацію принципу системності, тобто – чітких запитів та структурної організації навчального матеріалу, раціонального поділу його на окремі смислові фрагменти, логічного переходу від засвоєння попереднього матеріалу до нового. Зрозуміло, що межі цієї системи будуть достатньо суб'єктивовані, однак ядро системи має нести заряд новизни та практичності.

Дистанційна освітня складова переосмислює і об'єм інформації навчального курсу. Отримувач знань за допомогою сучасних інтерактивних засобів може отримати увесь повний курс в електронній формі, самостійно обирати час, темп, навантаження процесу навчання. Роль викладача більше зміщується у роль модератора, помічника, наставника. За такого стану речей значно легше досягнути всю практичність отримуваної інформації, актуальність, дієвість.

Неперервність освіти закладає потенції для вибору індивідуального шляху просування в освітньому просторі. В залежності від уподобань кожна людина може обрати для себе власний транспорт для подорожі в країну нових знань. Як не дивно, але така свобода не притаманна для традиційного навчання, адже створює додаткові, а іноді й непереможні ускладнення як для викладачів, так і для тих, хто навчається.

Не менш важливою є актуалізація змісту навчального процесу у відповідності з потребами часу та середовища. При відсутності розуміння, що наявна інформація є важливою й згодиться в недалекому майбутньому не можна пророкувати й значні результати. Навіть якщо інформація й затримається в комірках пам'яті на деякий час, то не перейшовши в розряд дієвих знань вона приречена зникнути безслідно.

Таким чином, безперервна освіта має розглядатися як чинник формування конкурентних переваг на ринку праці, підвищення професійної та кваліфікаційної мобільності людських ресурсів, формування цифрової економіки. Належне освоєння інноваційних форм і технологій дистанційного навчання має стати основою становлення науково-інтелектуального середовища, у якому має відбуватися розвиток потенціалу й компетентностей фахівців різного профілю.

У системі безперервної дистанційної освіти зусилля мають бути спрямовані на створення комплексу навчально-методичних матеріалів, які

забезпечать максимальну самостійність для освоєння навчальних курсів, належну перевірку та гнучку систему оцінювання знань умінь та навичок суб'єктів освітнього процесу.

### **Список використаних джерел**

1. Кедіс О., Ладний А., Ладний А, Левченко А. Актуалізація змісту навчального процесу у відповідності з потребами соціуму. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Педагогічні науки*. 2018. № 2. С. 111-116.

2. Коляденко С. В. Цифрова економіка: передумови та етапи становлення в Україні і у світі. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2016. № 6. С. 105-112.

## **ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАКТОРІВ ВИМОГАМ БЕЗПЕКИ**

**Опара Н. М.**

к.с.-г.н., доцент кафедри безпеки життєдіяльності, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет*  
*м. Полтава, Україна*

В сучасному світі рівень рішень проблем виробничої безпеки може слугувати достовірним критерієм ступеню економічного розвитку держави, її стабільності і соціально-морального стану суспільства. Тому створення нешкідливих умов праці на виробництві є загальнодержавним завданням.

Вивчення і рішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов, в яких відбувається трудова діяльність людини, - одне з найбільш важливих завдань в повсякденному житті кожного підприємства, а також у процесі розробки нових технологій і систем виробництва.

Комфортні і безпечні умови праці впливають на продуктивність праці, здоров'я працюючих. У АПК рівень травматизму є одним із самих вищих, що обумовлюється особливостями трудового процесу галузі – багатогранність виконуваних робіт, що вимагають широкої гами сільськогосподарської техніки, а відповідно, універсальних знань.

Причинами аварій і нещасних випадків досить часто бувають технічні фактори: конструктивні недоліки або несправність машин і механізмів, недосконалість технологічних процесів, відсутність або вихід з ладу захисних засобів.

Рішення проблем безпеки вимагає активної участі усіх членів суспільства, внутрішньої дисципліни, високої громадянської свідомості. Поряд з безпекою виробничого обладнання виробнича безпека включає безпеку виробничих процесів.

Вимоги до безпеки виробничих процесів відображені у технічних умовах і ДСТУ. Забезпечення безпеки виробничих процесів протягом всього часу їх функціонування передбачає:

1. Вибір технологічних процесів, прийомів, режимів роботи і порядку обслуговування виробничого обладнання у відповідності з вимогами безпеки.

Вимоги безпеки до технологічних процесів повинні враховуватися і виконуватися при їх проектуванні, організації, проведенні.

Конструкція і технічний стан тракторів повинні відповідати вимогам безпеки. Технічно справним і відповідним вимогам безпеки вважають трактор, відповідаючий конструктивним вимогам заводської інструкції, правилам техніки безпеки при експлуатації, а також трактор повністю укомплектований відрегульованими агрегатами, механізмами, збірними одиницями, приладами, захисним огородженням, сигналізацією і протипожежним інвентарем. Всі трактори і самохідні сільськогосподарські машини повинні відповідати також вимогам правил дорожнього руху, що висуваються до механізованих транспортних засобів. Трактори, самохідні шасі повинні мати державні реєстраційні знаки. Не допускаються до експлуатації трактори і інша самохідна техніка без знаку аварійної зупинки, противідкатних упорів і засобів для гасіння пожежі.

Трактори, самохідні машини повинні бути укомплектовані медичною аптечкою, відповідно наказу МОЗ України.

Двигуни і інші автотракторні агрегати, вузли не повинні мати витоків технічних рідин (палива, мастила, води, антифризу, гальмівної рідини і інших технічних рідин), не повинні пропускати вихлопні гази у з'єднаннях вихлопного колектора з двигуном і вихлопною трубою.

Бокові щитки капоту двигуна повинні мати амортизуючі прокладки і справні замки. Крильчатка вентилятора повинна бути справна. При виявленні деформації або тріщин її необхідно замінити. Лопаті крильчатки вентилятора повинні бути пофарбовані у колір, що відрізняється від кольору двигуна. Блокування запуску двигуна при вимкненій передачі повинно бути справна.

Трактори повинні бути обладнані кабіною. Кабіну вважають годною до експлуатації в наступних випадках:

- відсутність деформації каркасу, ненадійне кріплення, тріщини і раковини у зварювальних швах;
- переднє, заднє, і бокове скло кабіни не має тріщин і затемнень, що погіршують видимість (встановлювати непрозорі матеріали замість скла і нестандартне скло заборонено);
- замки дверей кабіни виключають можливість їх мимовільного відкриття;
- пристрій для фіксації дверей у відкритому положенні виключає її мимовільне закриття;
- склоочисники забезпечують якісну очистку скла (не менше 75% поверхні скла);
- справні пристрої по нормалізації мікроклімату у кабіні, системи контролю, сигналізації і освітлення;



- підлога кабіни закрита рифленим килимком з мастило- і бензостійкого матеріалу, а у місцях проходження важелів і педалей встановлені ущільнювачі, що попереджають проникнення пилу в кабіну;
- сидіння колісного трактора забезпечене ремнями безпеки;
- регульоване сидіння надійно зафіксовано у встановленому положенні;
- у місцях, передбачених конструкцією кабіни, встановлені дзеркала заднього виду і сонцезахисні козирки;
- важелі і педалі керування робочими органами машин і знаряддя легко переміщуються і мають справжні фіксуючі пристрої.

Кабіни повинні утримуватися у чистоті. Не допускається захламлення сторонніми предметами. Опори та поручні повинні утримуватися у справному стані. Для забезпечення чистоти повітря, яке вимагається у робочій зоні водні акумулятори, баки для паливно-мастильних матеріалів, заправні горловини, вказівники рівня тиску повинні розміщуватися поза кабіною.

До основних засобів забезпечення безпечної експлуатації тракторів і самохідних машин відносять гальмівні системи, рульове управління, ходову частину, трансмісію.

При їх відповідності нормативним вимогам можна попередити небезпеку пов'язану з виникненням відмов цих засобів в критичних ситуаціях.

До гальмівної системи висувають наступні вимоги:

- трактори, машини з несправною і невідрегульованою гальмівною системою до експлуатації не допускаються;
- не допускається зміна конструкцій гальмівної системи, а також застосування окремих елементів гальмівних систем, не передбачених для даної марки машин або не відповідаючих вимогам організації виробника;
- механізми гальмівної системи повинні бути відрегульовані на одночасне гальмування коліс при збалансованих педалях, при цьому педаль правого і лівого гальм повинні мати однакову величину руху;
- компресор системи пневматичних гальм повинен забезпечувати встановлений тиск, не допускається падіння тиску на 0,05МПа і більше при працюючому протягом 30 хвилин компресорі і на включених органах гальмування або при включених органах гальмування, але на працюючому протягом 15 хвилин компресора;
- манометр, системи пневматичних гальм повинні бути в справному стані;
- в механічному приводі гальм не допускається заїдання важелів і колодок, розшпінтівка з'єднань і наявність тріщин;
- в гідравлічному приводі гальм не допускається підтікання гальмівної рідини в гальмівних циліндрах, шлангах, трубах та з'єднаннях;
- гальмівні колодки і стрічки гальм постійно розімкнутого типу не повинні торкатися барабанів, а зазор між ним повинен відповідати технічним умовам організації-виробника;
- робочі і стоянні гальма повинні надійно утримувати трактор, машину або машино-тракторні агрегати по схемі, регламентованій механічним описом заводу виробника.

До системи рульового керування висуваються наступні вимоги:

- машини з несправним рульовим керуванням до експлуатації не допускаються;

не допускають також:

- вільний хід (люфт) рульового колеса машин при працюючому двигуні більше  $25^0$ ;

- піноутворення мастила у системі підсилювача, що відбувається внаслідок недоливу його в корпус підсилювача;

- порушення регулювання запобіжного клапану;

- підвищений витік мастила у насосі;

- заїдання або збільшений зазор у зчепленнях «черв'як-сектор»;

- підвищена вібрація рульового колеса;

- ослаблення затяжки гайки черв'яка, кріплення сошки та поворотних важелів;

- підвищений люфт у конічних підшипниках передніх коліс або в шарнірах тяг рульового керування:

- порушення сходження керувань коліс;

- збільшене осьове переміщення поворотного валу;

- підвищений люфт у з'єднаннях карданних муфт приводу рульового колеса;

- сила опору повороту рульового колеса при ручній дії вище 50Н;

- наявність деталей зі слідами залишкової деформації, тріщинами і іншими дефектами, використання деталей і робочих рідин, на передбачених для тракторів, машин даної марки, або не відповідних вимогам організації-виробника;

- несправність або відсутність передбаченого конструкцією підсилювача рульового керування,

- з'єднуючі пальці рульових тяг повинні бути відшпінтовані стандартним, не бувшим у вжитку шплінтами.

У системі керування гусеничних тракторів не допускається:

- несправність тяг і їх з'єднань з важелем;

- вільний хід рукояток важелів механізму керування гальмами планетарного механізму повороту перевищуючий значення, вказані у технічному описі і інструкції з експлуатації організації-виробника;

- не повне гальмування барабана механізмом керування гальмами планетарного механізму повороту при повному переміщенні важелів керування на себе;

- різні величини ходу педалів гальм.

Технічний стан ходової частини повинен відповідати наступним вимогам:

- трактори, машини з несправною ходовою частиною до експлуатації не допускаються;

- шини не повинні мати пошкодження (порізів, розривів), оголених хорд, розшарування каркасу, розшарування протектору і боковини, повного зносу малюнка протектору;

- колеса повинні надійно кріпити до ступиці;
- тиск у шинах повинен відповідати величинам, що встановлені технічним описом і інструкції з експлуатації організації-виробника;
- пальці гусениць необхідно шплінтувати заводськими або виготовленими за зразком шплінтами;
- відсутність у гусеничних тракторів щитків над гусеницями, а у колісних – крил над колесами не допускається.

Технічний стан трансмісії повинен задовольняти наступні вимоги:

- машини з несправностями у силовій передачі до експлуатації не допускаються;
- муфта зчеплення повинна плавно вмикатися, передаючи повний крутний момент, і вимикатися;
- пробуксовка муфти у вимкненому положенні не допускається;
- в гідравлічному приводі муфти зчеплення не допускається підтікання рідини з магістралі;
- вільний хід педалі (важеля) вимкнення, зусилля вимкнення, зазор між вижимними підшипниками вимкнення і віджимним важелем повинен відповідати вимогам, встановленим технічним описом і інструкцією з експлуатації організації-виробника;
- передачі коробки зміни передач повинні вмикатися легко, без скрежиту і не повинні мимовільно вимикатися;
- у машин з гідравлічною системою коробки змін передач масляний насос повинен забезпечувати встановлений тиск масла у системі, яка подає його на керування гідропіджимними муфтами;
- зниження рівня масла в гідросистемі коробки зміна передач не допускається.

До електрообладнання висуваються наступні вимоги:

- електрообладнання повинно забезпечувати нормальну роботу стартера, приладів освітлення, сигналізації, електричних контрольно-вимірювальних приладів і виключати можливість іскроутворення і витоку струму в проводах і клапанах;

- електропроводка повинна бути убезпечена від механічних пошкоджень.

Поблизу нагрітих частин двигуна і в місцях, де можливо потрапляння масла і палива, вона повинна бути захищена:

- клеми генератора, акумулятора, стартера і іншого електрообладнання повинні бути захищено ковпаками, а крильчатка генератора – кожухом;
- звуковий сигнал, сигнал повороту гальмування, габаритні вогні і фари повинні бути справними;
- акумулятори батареї повинні бути справні і знаходитися у місцях передбачених комплектацією, надійно закріплені, закриті кришкою, з них не повинно бути витоку електроліту. Вентиляційні отвори пробок повинні бути очищені.

До механізмів навіски і системи гідрокерування висувають наступні вимоги:

- трактори, машини з несправностями механізму навіски і системи гідрокерування до експлуатації не допускають;
- отвори у причіпній серзі трактора і причіпному обладнанні сільськогосподарських машин не повинні бути овальними;
- штирь повинен шплінтуватися, а його міцність відповідати тяговому навантаженню;
- автозчіпка, причепа і буксирувальне обладнання, гідрофікований причіпний гак і система гідрокерування навіскою повинні знаходитися в справному стані;
- поворотне обладнання тракторних агрегатів повинно вільно повертатися в обидві сторони;
- з'єднання шлангів гідросистем повинні бути надійні і не пропускати масло;
- гідравлічні шланги повинні розташовуватися і закріплюватися так, щоб під час роботи вони не торкалися рухомих деталей.

В процесі експлуатації техніки порушується взаємодія деталей, збірних одиниць, ослаблюються кріплення, зношуються, ті що труться поверхні, виникають інші несправності, що призводить до створення додаткових небезпечних зон, виникнення небезпечних ситуацій.

Всю сільськогосподарську техніку періодично контролюють з метою підтримання експлуатаційної безпеки. Технічний стан оцінюють шляхом огляду, перевірки дії окремих агрегатів, збірних одиниць, приладів і методами вимірювання окремих параметрів.

#### **Список використаних джерел**

1. Електронний ресурс. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0462-09#Text>
2. Електронний ресурс. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE17804?an>

### **МЕТОД ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВПЛИВУ ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ**

**Михайлов І. В.**

здобувач вищої освіти ступеня Магістр спеціальності 208 Агроінженерія

**Костенко О. М.**

д.т.н., професор кафедри безпеки життєдіяльності, професор

**Дрожжана О. У.**

старший викладач кафедри безпеки життєдіяльності

*Полтавський державний аграрний університет*

*м. Полтава, Україна*

Для отримання соняшникової олії, в промисловості, одним з основних способів є механічне пресування, що забезпечує високу якість одержуваного

продукту. Для здійснення механічного пресування застосовуються шнекові преси. Однак при механічному пресуванні отримання олії відбувається не в повному обсязі (до 70-80 %), що вимагає проведення додаткового процесу екстрагування, при якому з використанням розчинника отримується до 95% олії. Але використання розчинника призводить до зниження якості одержуваної олії, пов'язаного з наявністю небажаних компонентів в кінцевому продукті та додатковими тепловими процесами регенерації розчинників [ 2 ].

В даний час особливу увагу в дослідженнях процесу екстрагування з розчинником направлено на використання екологічних, енергетично ефективних технологій, які базуються на використанні безпечних видів розчинників. Розробка «зелених технологій» екстрагування на сьогоднішній день є широко обговорюваної тематикою [3].

Основні принципи екстракції «зелених технологій»:

- використання альтернативних видів розчинників, що забезпечують безпеку та екологічність процесу;
- скорочення споживаної енергії в процесі екстракції, за рахунок використання енергозберігаючих та інноваційних технологій.

Недоліками звичайної техніки екстракції є тривалість процесу екстрагування, а також використання великої кількості розчинника.

Використання різних фізичних впливів дозволяє значно інтенсифікувати технологічні процеси, а іноді отримувати результати не досяжні при традиційній обробці. До традиційних фізичних методів обробки в технології олійно-жирового виробництва відносять подрібнення, пресування, перемішування, відстоювання, фільтрацію та теплову обробку.

Серед нетрадиційних можна назвати електрофізичні методи і акустичні методи обробки. До електрофізичних методів обробки відносять обробку надвисокочастотною (НВЧ) енергією, електричними розрядами, електричними імпульсами високої напруги [5]. До акустичних методів обробки відносять обробку з використанням ультразвукових і звукових коливань [ 4].

Розглянемо принципи обробки імпульсним електричним полем (ІЕП).

Обробка імпульсним електричним полем - це дбайлива, безтемпературна обробка харчового продукту, отримана в результаті енергоефективного, якісного технологічного процесу. Даний метод заснований на впливі імпульсного електричного поля на матеріал, розташований між двома пластинчастими електродами, що призводить до утворення пор на поверхні мембран клітин, що в свою чергу призводить до більш швидкого і легкого виведення внутрішньоклітинних компонентів з структури рослинного матеріалу.

Метод ІЕП був позначений як нетеплова, енергозберігаюча обробка харчових продуктів, що дозволяє отримувати екологічно чисті та якісні харчові продукти [5].

Під час процесу електропороутворення, має місце явище молекулярної орієнтації, де полярні молекули, орієнтуючись вздовж силових ліній електричного поля, переміщуються до межі мембрани. Електричний потенціал,



створюваний на поверхні мембрани, розриває її, утворюючи пори. Даний ефект призводить до утворення тимчасових (оборотних) або постійних пор, супроводжуваних зміною електропровідності мембран (рис.1), що відбувається без теплового впливу на мембрану. Зміна величини електропровідності мембран, а також утворення пір, залежать від величини критичної сили електричного поля (1-2кВ/см), розмірів оброблюваної клітини (40-200 мкм) та її електричних властивостей. Вплив ІЕП може істотно збільшити величину масопереносу в процесах екстрагування рослинних матеріалів, так само, як і швидкість екстракції під час етапу десорбції та етапу дифузії [3,5].

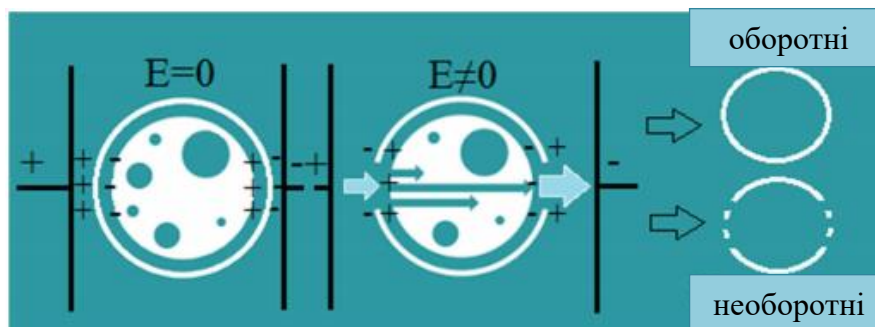


Рисунок 1 – Процес пороутворення мембран клітин

В якості моделей клітин можуть бути одношарові і багат шарові діелектричні оболонки [1], всередині і зовні яких знаходиться поляризована середа. В основному клітини представлені в якості двошарової моделі. Діелектрична проникність середовища поза клітиною являється оброблюваним середовищем. Оболонка клітини відповідає клітинній мембрані, а діелектрична область під нею - цитоплазмі. Електричний пробій оболонки служить однією з причин електропороутворення клітини. Тому напруженість електричного поля і потенціал напруги на мембрані - важливі характеристики впливу імпульсного електричного поля на клітину.

Клітинна мембрана, може бути представлена як резистор, а клітинна цитоплазма як конденсатор. Коли електричне поле впливає на мембрану, заряджені частинки скупчуються на внутрішній і зовнішній стороні мембрани. Клітинна мембрана поляризується, і утворюється трансмембранний потенціал, значення якого становить приблизно 1 В [1].

Формування пор на поверхні мембрани після впливу ІЕП відбувається, коли перевищується певна порогова величина трансмембранного потенціалу в 1 В. Було встановлено, що критична напруженість поля сильно залежить від розміру клітини, а також орієнтації клітин в електричному полі. Зі зменшенням розміру клітини, необхідна величина сили електричного поля різко зростає, що призводить до значного збільшення значення напруженості  $E$ .

Величина напруженості поля визначається з урахуванням застосовуваної напруги  $U$  і відстанню між електродами  $d$  та може бути виражена рівнянням [1]:

$$E = \frac{U}{d}. \quad (1)$$

Підвищення напруженості електричного поля призводить до подальшого зростання ефективності обробки, але обмежена діелектричної постійної оброблюваного продукту в діапазоні від 60 до 80кВ/см. Подальше збільшення значення напруженості може викликати електричну дугу з протіканням струму в вузькому каналі, створюючи небажані електрохімічні реакції, утворення бульбашок і ерозії електродів. Це може бути припинено за рахунок оптимізації розподілу електричного поля в камері, зміни геометрії вузла обробки, а також проведення обробки шляхом дегазації або під вакуумом для запобігання утворення бульбашок [1].

Енергія імпульсу для всіх видів форм сигналів, заснована на показниках напруги поля і сили струму, визначається рівнянням:

$$W_{\text{ім}} = \int U(t) \cdot I(t) \cdot dt. \quad (2)$$

Величина енергії одного одиночного прямокутного імпульсу  $W_{\text{ім}}$  може бути визначена рівнянням:

$$W_{\text{ім}} = U \cdot I \cdot t, \quad (3)$$

де  $U$ - напруга імпульсу, В;

$I$  – струм, що проходить крізь оброблюване середовище, А;

$t$  – тривалість імпульсу, с.

Рівняння (2) може бути використано як для експоненціального характеру сигналу, так і для прямокутних імпульсів.

Грунтуючись на кількості оброблюваних імпульсів, спрямованих на продукт, можна розрахувати повну затрачену енергію обробки ІЕП. Для \*тривалої обробки число імпульсів залежить від частоти імпульсів, які подаються, і маси оброблюваного матеріалу, а енергія може бути виражена рівнянням:

$$W_{\text{ІЕП}} = \frac{W_{\text{ім}} \cdot f \cdot 3,6}{m}, \quad (4)$$

де  $m$ - маса завантаження, кг;

$f$  – частота проходження імпульсів, Гц.

Метод обробки імпульсним електричним полем, переваги якого полягають в нетепловий і енергоефективній обробці сировини високовольтними імпульсами короткої тривалості і можливості руйнування цілісності поверхні мембран рослинних клітин, не знайшов широкого поширення в обробці олійних матеріалів, внаслідок недостатньо вивчених механізмів переносу маси, енергетичних розрахунків і електричних параметрів оброблюваного середовища.

Отже, для ефективного вилучення олії необхідна розробка вузла безперервної обробки з урахуванням електричних і діелектричних характеристик матеріалу і речовин, що протікають по ньому (розчинник з олійним матеріалом) при обліку даних по оптимізації режимів обробки, отриманих на основі аналітичних і експериментальних досліджень.

### Список використаних джерел

1. Бойко Н. И., Бондина Н. Н., Михайлов В. М. Моделирование воздействия электрического поля на объекты, имеющие многослойную структуру. *Электронное моделирование*. 2002. Т. 24. № 1. С. 70–82.
2. Осейко М. І. Технологія рослинних олій: підручник. Київ: Варта, 2006. 280 с.
3. Ресурсоефективне та чисте виробництво (підручник) [http://www.recpc.kpi.ua/images/eap\\_green/printed\\_materials/RECP-Study-Book-2017.pdf](http://www.recpc.kpi.ua/images/eap_green/printed_materials/RECP-Study-Book-2017.pdf)
4. Черненко В. С., Кіндрачук М. В., Дудка О. І. Променеві методи обробки: навч. посібник. Київ: Кондор, 2004. 166 с.
5. Шорсткий И. А., Кошевой Е. П. Экстракция с наложением импульсного электрического поля. *Известия вузов. Пищевая технология*. №4, 2015, С.40-42.

Наукове видання

## **«Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження»**

МАТЕРІАЛИ

I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції  
(присвяченої 55-й річниці заснування інженерно-технологічного  
факультету Полтавського державного аграрного університету)  
01-02 червня 2021 року

*Посвідчення в УкрІНТЕІ №766 від 11.12.2020 р.*

*Затверджено до друку та поширення через мережу Інтернет кафедрою  
технологій та засобів механізації аграрного виробництва Полтавського  
державного аграрного університету (протокол № 11 від 09.06.2021 р.)*

**Редакційна колегія:**


**ГОРБЕНКО Олександр**, к.т.н., доцент, завідувач кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва;

**КЕЛЕМЕШ Антон**, к.т.н., доцент, доцент кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва;

**БУРЛАКА Олексій**, к.т.н., доцент, доцент кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва.

Тексти матеріалів тез подані в авторській редакції. Відповідальність за точність, достовірність і зміст поданих матеріалів несуть автори. Редакційна колегія може не розділяти поглядів деяких авторів на ті чи інші питання, розглянуті на конференції.

При передрукуванні посилання на матеріали конференції є обов'язковим.

Матеріали конференції розміщено на сайті кафедри технологій та засоби механізації аграрного виробництва Полтавського державного аграрного університету ([www.pdaa.edu.ua](http://www.pdaa.edu.ua)) та на сторінці  [@Agroengineering.PSAU](https://www.facebook.com/Agroengineering.PSAU).