

**Волох В.О.,**  
**Логвиненко М.В.,**  
**Поляков Б.А.**  
Луганський національний  
аграрний університет.  
м.Старобільськ,  
Луганська обл., Україна  
**E-mail:** volokh69@gmail.com

**ПРИСТРІЙ ДЛЯ УСУНЕННЯ ЗАВИСАННЯ  
СИПКОВОГО МАТЕРІАЛУ АБО РУЙНУВАННЯ  
ЙОГО СВОДУ**

УДК 631.36

*Волох В.О., Логвиненко М.В., Поляков Б.А. «Пристрій для усунення зависання сипкого матеріалу або руйнування його своду»*

Розглянуто питання рівномірної подачі сипучих матеріалів у дробарку, забезпечення саморегулювання подання зерна в подрібнювальну камеру, швидкої переналадки машини при її високій експлуатаційній технологічності.

Аналіз досліджень виявив актуальність проблеми вивантаження сипучих матеріалів з ємності, внаслідок сводоутворення, зависань, злежування, нерівномірного витікання й інших факторів, що спричиняють порушення технологічного процесу і спричиняють застосування ручних операцій.

Для вирішення поставленої задачі та визначення конструкції основні її вузли було змодельовано у графічному редакторі, запропоновано електричну принципову схему, розроблено креслення, відповідно до яких було виготовлено дослідний зразок для випробування в лабораторних умовах. В якості блоку керування було використано мікроконтролер АТmega328 що змонтовано на платі Arduino Nano.

Проведено модернізацію молоткової дробарки із бункерним завантаженням з метою підвищення надійності та зменшення енерговитрат, небезпечності експлуатації дозатора сипких матеріалів за рахунок комплектації її мехатронним пристроєм. До складу мехатронного пристрою входять джерело світлового випромінювання, фотоелемент, блок керування, малогабаритний електропривод, пробиваючий елемент, блок світлової та/або звукової сигналізації.

Наведено алгоритм усунення зависання сипкого матеріалу або руйнування його своду. Зазначено, що частота контролю руху матеріалу крізь горловину бункера складає 1...1000 разів за секунду.

Запропонована конструкція дробарки, дозволяє забезпечити її високий рівень експлуатаційної технологічності за рахунок використання мехатронного пристрою для забезпечення усунення зависання сипкого матеріалу або руйнування його своду в горловині бункера за короткий проміжок часу. Зменшення енергоємності дробарки за рахунок зміни режиму роботи привода та/або його відключення після завершення подрібнення сипкого матеріалу. Алгоритм роботи пристрою, забезпечує якісний контроль руху сипкого матеріалу, умови та порядок роботи пристрою. Обґрунтовано критерії вибору елементної бази, вказано можливі напрямки удосконалення розробленого пристрою. Дослідним шляхом встановлено працездатність запропонованої конструкції та ефективність її роботи.

Запропонована конструкція є простота для виготовлення, має високу надійність та малогабаритність при низькій собівартості. Крім того, впровадження цієї або подібних мехатронних систем також дає такі переваги як високу якість реалізації складного та точного руху виконавчих механізмів унаслідок застосування методів інтелектуального керування; можливість дистанційного моніторингу та контролю режимів роботи обладнання; можливість інтегрування функціональних модулів у складні системи та комплекси під конкретні завдання замовника.

**Ключові слова:** дробарка, мехатронний пристрій, сипкий матеріал, нерівномірне витікання, сводоутворення

*Волох В.А., Логвиненко М. В., Поляков Б.А. «Устрійство для усунення зависання сипучого матеріала или разрушения его свода»*

Рассмотрен вопрос равномерной подачи сыпучих материалов в измельчитель, обеспечение саморегулирования транспортировки зерна в измельчительную камеру, быстрой переналадки машины при ее высокой эксплуатационной технологичности.

Анализ исследований обнаружил актуальность проблемы выгрузки сыпучих материалов из емкости, в результате сводообразования, зависаний, слеживания, неравномерного истекания и других факторов, которые вызывают нарушение технологического процесса и вызывают применение ручных операций.

Для решения поставленной задачи и определения конструкции основные узлы были смоделированы в графическом редакторе, предложена электрическая принципиальная схема, разработаны чертежи, в соответствии с которыми был изготовлен опытный образец для испытания в лабораторных условиях. В качестве блока управления был использован микроконтроллер АТmega328, смонтированный на плате Arduino Nano.

Проведена модернізація молоткової дробилки з бункерною загрузкою з метою підвищення надійності і зменшення енергозатрат, безпеки експлуатації дозатора сыпучих матеріалів за рахунок мехатронного пристрою. В склад мехатронного пристрою входять джерело світлового випромінювання, фотоелемент, блок управління, малогабаритний електропривод, пробиваючий елемент, блок світлової і/або звукової сигналізації.

Приведен алгоритм усунення зависання сыпучого матеріалу або руйнування його свода. Зазначено, що частота контролю руху матеріалу крізь горловину бункера становить 1...1000 разів за секунду.

Предложена конструкція дробилки, дозволяє забезпечити її високий рівень експлуатаційної технологічності за рахунок використання мехатронного пристрою для усунення зависання сыпучого матеріалу або руйнування його свода в горловині бункера за короткий проміжок часу. Зменшення енергоємності дробилки за рахунок зміни режиму роботи привода і/або його відключення по завершенню дроблення сыпучого матеріалу. Алгоритм роботи пристрою, забезпечує якісний контроль руху сыпучого матеріалу, умови і порядок роботи пристрою. Обґрунтовані критерії вибору елементної бази, вказані можливі напрямки удосконалення розробленого пристрою. Експериментальним шляхом встановлено спроможність запропонованої конструкції і ефективність її роботи.

Предложена конструкція проста в виготовленні, має високу надійність і малогабаритність при низькій собівартості. Крім того, впровадження цієї або подібних мехатронних систем також дає такі переваги як висока якість реалізації складного і точного руху виконавчих механізмів внаслідок застосування методів інтелектуального управління; можливість дистанційного моніторингу і контролю режимів роботи обладнання; можливість інтегрування функціональних модулів в складні системи і комплекси під конкретні завдання замовника.

**Ключевые слова:** измельчитель, мехатронное устройство, сыпучий материал, неравномерное истечение, сводообразование

*Volokh V., Lohyynenko M., Poliakov B. "The device for eliminating the freezing of bulk material or the destruction of its arch "*

The question of the steady supply of bulk materials to the chopper, ensuring self-regulation of the grain transportation to the grinding chamber, and quick changeover of the machine at its high process ability is considered.

Analysis of the research revealed the urgency of unloading bulk materials problem from the tank, as a result of arching, freezing, caking, unsteady flowing and other factors that cause the process disruption and cause the manual operation usage.

To solve the problem and determine the design, the main components were modeled in a graphic editor, an electrical schematic diagram was proposed, and drawings were developed, in accordance with it a prototype was designed for testing under laboratory conditions. The ATmega328 microcontroller was used as a control unit and is mounted on the Arduino board Nano.

The hammer crusher with bunker loading was upgraded to increase reliability and reduce energy consumption, and to ensure safe operation of the bulk materials dispenser due to its configuration with a mechatronic device. The mechatronic device includes a light source, a photocell, a control unit, a compact electric drive, a piercing element, and a light and / or sound alarm unit.

The algorithm for removing congestion loose material or destruction of its arch is set. It is noted that the frequency of controlling the material movement through the silo neck is 1 ... 1000 times per second.

The proposed design of the crusher allows ensuring the high level of operational manufacturability due to the use of mechatronic devices to ensure the elimination of freezing bulk material or the destruction of its arch in the mouth of the bunker in a short period. Reducing the energy intensity of the crusher due to a change in the mode of operation of the drive and / or its deactivation upon completion of the grinding of bulk material. The algorithm of the device provides high-quality control of the movement of bulk material, the conditions and the order of operation of the device. The criteria for the choice of the element base are substantiated; possible directions for the improvement of the developed device are indicated. The proposed design performance and the effectiveness of its work is experimentally determined.

The proposed design is easy to manufacture and has high reliability and small size at low cost. Furthermore, introducing of this or similar or mechatronic systems also gives advantages such as high quality implementation of complex and precise movements of the actuators due to the use of intelligent control methods; possibility of remote monitoring and control of equipment operation modes; the ability to integrate functional modules into complex systems and complexes for specific customer tasks.

**Keywords:** shredder, mechatronic device, bulk material, unsteady flowing, arch formation

### **Актуальність проблеми**

У технологічних лініях кормоприготування, а також як самостійні машини для подрібнення кормової сировини використовують спеціальні, універсальні та комбіновані машини. Перед подрібненням сипкі матеріали, як правило, надходять у накопичувальний бункер, звідки спрямовується на дробарки. Бункер призначений для рівномірної подачі сипучих матеріалів у дробарку, тобто для забезпечення ефективної її роботи.

### **Аналіз останніх досліджень**

Досвід експлуатації технологічних ліній кормоприготування та окремих машин подрібнення, що містять у своєму складі бункери показує, що однією з найбільш трудомістких є операція вивантаження сипучих матеріалів з ємності внаслідок сводоутворення (утворення сипким матеріалом склепінного затору над прохідним каналом) (див. рис. 1), зависань, злежування, нерівномірного витікання й інших факторів, що спричиняють порушення виробничого процесу і спричиняють застосування ручних операцій.

Зазвичай, проблему захисту від забивання та, зокрема, сводоутворення вирішують з використанням вібруючих пристроїв.

Подібні пристрої виконують функцію обвалення склепіння з матеріалу в бункерах, за рахунок виконання ланки, яка діє на стінку бункера. Ці пристрої містять індуктор, котушки, розміщені в стакані з кришкою, пружинний ударний механізм, перетворювально-накопичувальний блок та джерело напруги. Стакан з кришкою, для монтажу котушки, виконано з магнітом'якого матеріалу. [1, 2].

Такі механізми, зазвичай, мають безперервну дію, що зменшує їх експлуатаційну надійність, та призводить до нераціонального використання енергії. Крім того слід зазначити, що використання магнітом'якого матеріалу [1, 2] значно зменшує вплив електромагнітного випромінювання на обслуговуючий персонал, але не виключає його цілком.

### **Формулювання мети дослідження**

Метою роботи є підвищення експлуатаційної технологічності за рахунок розробки пристрою періодичної дії, що усуває склепіння, сводоутворення, зависання та злежування сипкого матеріалу у разі їх виникнення під час технологічного процесу; зменшення часу холостого ходу та простою обладнання за рахунок зменшення кількості застосування ручних операцій вивантаження сипучих матеріалів з ємності; зменшення енергоємності обладнання за рахунок скорочення часу до відключення обладнання після завершення його роботи; розробка алгоритму роботи пристрою та параметрів алгоритму; вибір елементної бази для створення пристрою.

### **Виклад основного матеріалу.**

При вирішенні поставленої проблеми було застосовано мехатронний підхід до розробки пристроїв. Це обумовлено рядом переваг порівняно з традиційними засобами автоматизації, головною з яких є можливість відносно дешевої модернізації існуючих пристроїв, а не придбання нового, більш коштовного обладнання, що є актуальним для малих сільськогосподарських підприємств в умовах складної економічної ситуації в країні.

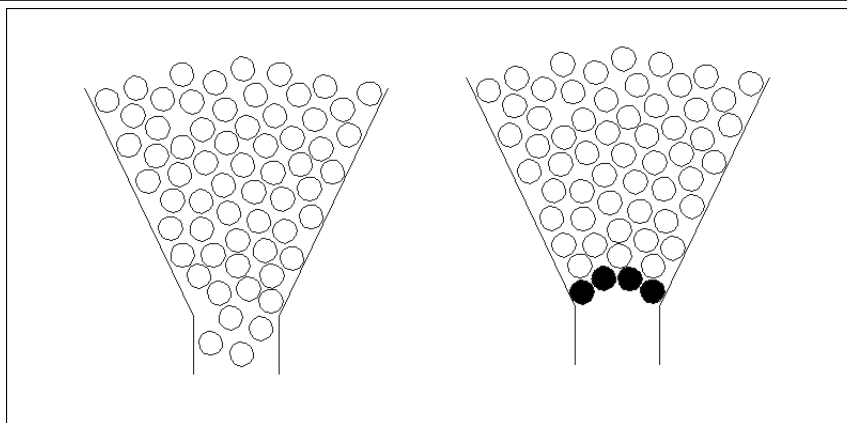


Рис. 1. Схема сводоутворення на виході з бункера

Алгоритм роботи мехатронної системи [3] усунення зависання сипкого матеріалу або руйнування його своду в горловині бункера за короткий проміжок часу працює наступним чином: при роботі обладнання, з певною частотою, 1..1000 разів на секунду, перевіряється, чи подається до дробарки матеріал. Якщо так – то цикл повторюється. Якщо подача матеріалу відсутня проводиться витримка часу, необхідного для можливого самоусунення зависання сипкого матеріалу. Якщо подачу поновлено – програма повторюється, якщо ні – подається команда на виконання дій по руйнуванню своду або усунення засмічення. Якщо і після цього подачу матеріалу не поновлено, то відбувається відключення обладнання, або подається відповідний сигнал до інших контролюючих та/або керуючих систем.

Запропонована конструкція (Рис.2), окрім відомих похилої частини бункера 1 та його вихідної горловини (сопла) 2, містить джерело світлового випромінювання 3 та фотоелемент 4 функціонально пов'язані з блоком керування 5 та розташовані на протилежних сторонах горловини бункера, блок керування 5, що має додаткові контакти для функціонального зв'язку з іншими елементами потокової лінії, малогабаритний електропривод 6 [4] розташований у безпосередній близькості до початку горловини бункера вісь валу котрого перпендикулярна напрямку руху сипкого матеріалу 9 через горловину бункера, пробиваючий елемент 7 розташований безпосередньо всередині горловини бункера в площині паралельній напрямку руху сипкого матеріалу 9 через горловину бункера, виконаний з твердого матеріалу (металу, деревини або пластмаси) та має форму смуги із виступаючим елементом з одного боку та кривизною, що враховує особливості конструкції бункера закріплений на валу малогабаритного електропривода 6, блок світлової та/або звукової сигналізації 8.

Принцип дії такої конструкції наступний: через певний проміжок часу після ввімкнення приводу дробарки, достатнього для розгону приводу дробарки та перед початком подачі сипкого матеріалу із бункера 1, блок керування 5 з певною періодичністю зчитує величину опору фотоелемента 4. В нормальному режимі роботи сипкий матеріал 9 завантажується в бункер 1 та, під дією сил тяжіння та/або за допомогою інших пристроїв направляється через горловину 2 та, проходячи через неї, перешкоджає розповсюдженню світлового випромінювання від світловипромінювача 3 до фотоелемента 4. При цьому пробиваючий елемент 7, завдяки плоскій формі не заважає руху сипкого матеріалу 9. При сводоутворенні рух сипкого матеріалу 9 через горловину бункера 2 припиняється і світлове випромінювання світловипромінювача 3 досягає фотоелемента 4 та змінює його опір. Блок керування 5 реагуючи на цю зміну, після витримки певного проміжку часу, достатнього для можливого самоусунення зависання сипкого матеріалу, подає команду на обертання валу малогабаритного електропривода 6 [4] із приєднаним

до нього пробиваючим елементом 7 на кут більший від достатнього для контакту виступаючого елемента пробиваючого елемента 7 зі сводом сипкого матеріалу, та, через короткий проміжок часу, команду на повернення валу малогабаритного електроприводу 6 до початкового стану. За необхідності цикл цих команд може бути повторений кілька разів. Це забезпечує руйнацію своду пробиваючим елементом та поновлення руху сипкого матеріалу 9 через горловину бункера 2. Блок керування 5 після витримки певного проміжку часу зчитує величину опору фотоелемента 4 та, якщо його параметри залишились незмінними або змінились в певних межах (що свідчить про те, що рух сипкого матеріалу 9 через горловину бункера 6 не відновлено) подає команду ввімкнути блок світлової та/або звукової сигналізації 8, та може подати відповідну команду до інших систем, наприклад, команду на зупинку електроприводу або зміну режиму його роботи. За умови відновлення руху сипкого матеріалу 9 по горловині бункера 2 блок керування 5 подає команду на вимкнення блоку світлової та/або звукової сигналізації 8, та відповідну команду до інших систем. Цикл роботи програми повторюється, починаючи зі зчитування величини опору фотоелемента 4з певною періодичністю.

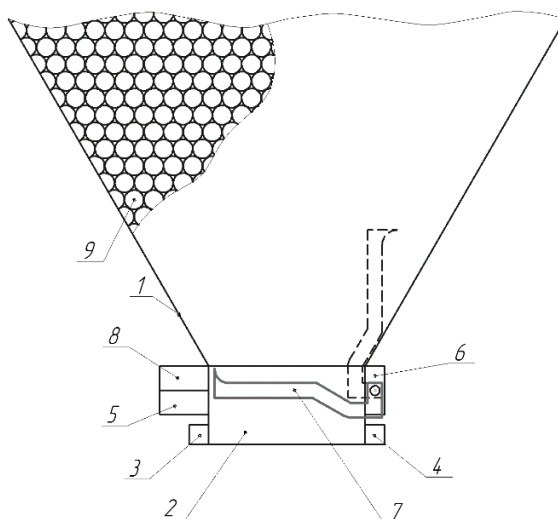


Рис. 2. Загальна схема розташування елементів пристрою усунення зависання сипкого матеріалу або руйнування його своду.

Для реалізації запропонованої конструкції основні її вузли було змодельовані у графічному редакторі (Рис.3), розроблено електричну принципову схему, розроблено креслення, відповідно до яких було виготовлено прототип для випробування в лабораторних умовах. В якості блоку керування було використано мікроконтролер АТmega328 що змонтовано на платі Arduino Nano, програмування котрого відбувалось відповідно до зазначеного алгоритму в середовищі програмування та розробки Arduino IDE. Вибір мікроконтролера обумовлено наявністю необхідних для реалізації запропонованого пристрою цифрових та аналогових контактів, вартістю і доступністю на ринку, та наявністю додаткових контактів, які можливо використати при удосконаленні, модернізації або інтеграції пристрою. Витримки часу та чутливість фотоелементу встановлювались програмно, хоча при певній модернізації системи цей параметр може налаштовуватись вручну.

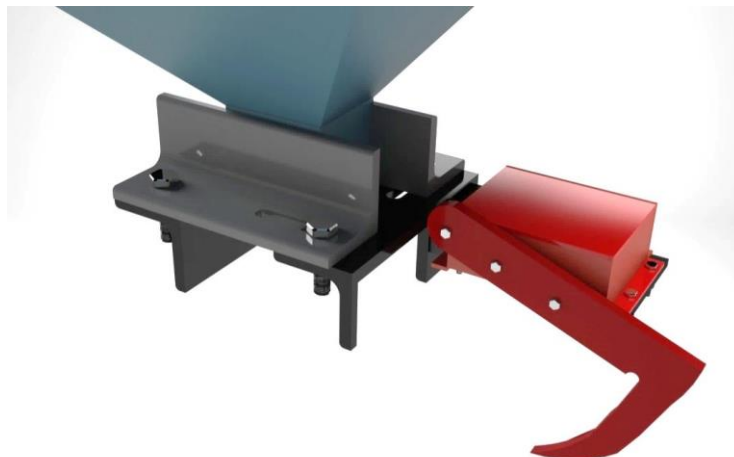


Рис. 3. Модель пристрою усунення зависання сипкого матеріалу або руйнування його своду.

Наявність мікроконтролера дозволило дещо розширити функціонал запропонованого пристрою шляхом реалізації задачі підвищення надійності та зменшення енергоємності дробарки за рахунок зміни режиму роботи привода дробарки та/або її відключення після завершення подрібнення сипкого матеріалу. Також такий функціонал може бути адаптований та реалізований окремо і для інших машин.

Запропонована конструкція (Рис.4) окрім відомих камери подрібнення 1 та вивантажувального вікна 2, містить джерело світлового випромінювання 3 та фотоелемент 4 розташовані на протилежних сторонах вивантажувального вікна 2 функціонально пов'язані з блоком керування 5, блок керування 5 функціонально пов'язаний із приводом дробарки та має додаткові контакти для функціонального зв'язку з іншими елементами керування пристроєм або з іншими елементами потокової лінії до складу котрої входить дробарка, блок світлової та/або звукової сигналізації 6.

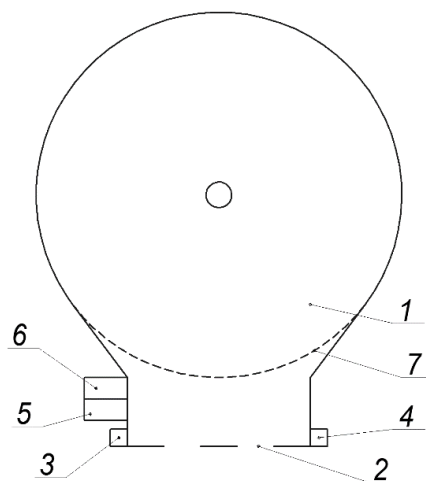


Рис. 4. Загальна схема розташування елементів пристрою відключення дробарки після завершення подрібнення сипкого матеріалу.

Поставлена задача вирішується наступним чином. Через певний проміжок часу після ввімкнення привода дробарки, достатній для початку руху подрібненого матеріалу через вивантажувальне вікно 2 блок керування 5 з певною періодичністю перевіряє зчитує величину опору фотоелемента 4. В нормальному режимі роботи сипкий матеріал під дією сил тяжіння та за рахунок сил інерції, а також повітряного потоку, що нагнітається

молотками дробарки через решето 7 спрямовується до вивантажувального вікна 2, та, проходячи через нього перешкоджає розповсюдженню світлового випромінення від світловипромінювача 3 до фотоелемента 4. При завершенні процесу подрібнення потік сипкого матеріалу через вивантажувальне вікно 2 припиняється і світлове випромінення світловипромінювача 3 досягає фотоелемента 4 та змінює величину його опору. Блок керування 5 реагуючи на цю зміну подає команду на ввімкнення блоку світлової та/або звукової сигналізації 6, а, після витримки певного проміжку часу, більшого за достатній для повторного завантаження дробарки, подає команду на відключення приводу дробарки або зміну режиму його роботи, або до інших систем. Відновлення руху сипкого матеріалу через вивантажувальне вікно 2 за зазначений проміжок часу призведе до зміни величини опору фотоелемента 4 до початкових і блок керування 5 подасть команду на вимкнення блоку світлової та/або звукової сигналізації 6.

Наведений алгоритм також відключить дробарку за будь-яких причин відсутності видачі матеріалу, що може служити додатковим ступенем захисту барабану від забиття або приводу від заклинювання.

Подібний алгоритм реалізується, як правило, на базі струмових реле, або датчиків струму. Проте такі схеми недостатньо чутливі та занадто інерційні.

### **Висновки**

В результаті дослідів модернізованої дробарки було встановлено працездатність запропонованої конструкції, а її робота забезпечує підвищення надійності та зменшення небезпечності експлуатації дозатора сипких матеріалів, зменшення часу холостого ходу та простою обладнання за рахунок зменшення кількості застосування ручних операцій вивантаження сипучих матеріалів з ємності при сводоутворенні, зависанні та злежуванні сипких матеріалів, зменшення енергоємності обладнання за рахунок скорочення часу до відключення обладнання після завершення його роботи.

Головними перевагами запропонованої конструкції є простота виготовлення, висока надійність, малогабаритність та низька собівартість. Крім того, впровадження цієї або подібних мехатронних систем також дає такі переваги як високу якість реалізації складного та точного руху виконавчих механізмів унаслідок застосування методів інтелектуального керування; можливість дистанційного моніторингу та контролю режимів роботи обладнання; можливість інтегрування функціональних модулів у складні системи та комплекси під конкретні завдання замовника.

### **Список використаних джерел**

1. Пат. 15289 Україна, МПК В 65 G 65/30. Пристрій для обвалення склепіння з матеріалу в бункерах / С. П. Коверник, І. С. Компанейщиков. № u200600228. Заявл. 10.01.2006, опубл. 15.06.2006. Бюл. № 6
2. Пат. 111072 Україна, МПК В 65 G 65/30. Пристрій обвалення склепіння з матеріалу в бункері / І. С. Компанейщиков, С. П. Коверник, Я. І. Богданов, Є. І. Нестеренко. № u201605585. Заявл. 23.06.2016, опубл. 25.10.2016. Бюл. № 20.
3. Орловський Б. В. Мехатроніка в галузевому машинобудуванні: навчальний посібник / Б. В. Орловський// К.: КНУТД. – 2018. – 416 с
4. Павленко Т. П. Автоматизований електропривод загальнопромислових механізмів. Конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка) / П. Павленко, О. В. Донець, О. М. Петренко// Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 132 с.

### References

1. Pat. 15289 Ukraina, MPK V 65 G 65/30. Prystrii dlia obvalennia sklepinnia z materialu v bunkerakh / S. P. Kovernyk, I. S. Kompanieishchykov. № u200600228. Zaiavl. 10.01.2006, opubl. 15.06.2006. Biul. № 6
2. Pat. 111072 Ukraina, MPK V 65 G 65/30. Prystrii obvalennia sklepinnia z materialu v bunkeri / I. S. Kompanieishchykov, S. P. Kovernyk, Ya. I. Bohdanov, Ye. I. Nesterenko. № u201605585. Zaiavl. 23.06.2016, opubl. 25.10.2016. Biul. № 20.
3. Orlovskiy B. V. Mekhatronika v haluzevomu mashynobuduvanni: navchalnyi posibnyk / B. V. Orlovskiy// K.: KNUTD. – 2018. – 416 c
4. Pavlenko T. P. Avtomatyzovanyi elektropryvod zahalnopromyslovykh mekhanizmiv. Konspekt leksii (dlia studentiv usikh form navchannia za spetsialnistiu 141 – Elektroenerhetyka, elektrotekhnika, elektromekhanika) / P. Pavlenko, O. V. Donets, O. M. Petrenko// Kharkiv. nats. un-t misk. hosp-va im. O. M. Beketova. – Kharkiv: KhNUMH im. O. M. Beketova, 2018. – 132 s.