

IV. ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

Омельянов О. М.*
старший викладач

*Вінницький
національний аграрний
університет*

УДК 621.921

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Розглянуто можливості застосування механічних коливань при веденні технологічних процесів. Проаналізовано наукові праці відомих вчених, які внесли великий вклад в розвиток різноманітних напрямків застосування вібраційної техніки. На основі аналізу визначені переваги вібраційної обробки. Запропоновані напрямки подальших досліджень і впровадження вібраційного устаткування.

Ключові слова: вібрація, механічні коливання, вібраційна техніка, приводні механізми.

Вступ. Одним із шляхів науково-технічного прогресу в АПК є застосування нових фізичних методів обробки с.-г. продукції, що базуються на досягненнях фундаментальної науки і техніки.

Велика розмаїтість вібраційних машин і процесів, достатня кількість публікацій з питань їх розробки, дослідження і застосування вказують на необхідність ведення цієї роботи. Подальший прогрес в області використання механічних коливань і досягнення якісно нового, більш високого рівня можливі тільки в результаті тісного взаємозв'язку розробок фундаментальних уявлень і їх інженерного втілення в конкретних технологіях.

Головною відмінною рисою механічних коливань, як одного з видів механічних впливів, є можливість передачі продукції, що обробляється енергії великої питомої потужності. Разом з тим можливість регулювання параметрів вібрації (частот і амплітуд) в широких межах дозволяє поширити її дію як на значні обсяги продукції, так і, навпаки, в разі необхідності, обмежити найтоншим шаром в декілька мікрон, яка безпосередньо торкається поверхні, що генерує механічні коливання [1]. Саме тому вібрація може розглядатися як універсальна форма механічних впливів на оброблювані матеріали і знаходить широке застосування в самих різних областях сучасної технології.

Детальний розгляд численних робіт, пов'язаних із застосуванням вібрації в технологічних процесах, вказує на виняткове розмаїття завдань, що вирішуються при цьому.

Виклад основного матеріалу. На даний час переважний розвиток отримали дві

групи фізичних методів обробки: електромагнітна і вібраційна. До першої відносяться всі способи впливу на речовину електромагнітних полів в широкому діапазоні частот, починаючи від постійних електростатичних і магнітних полів до гамма-променів. Другим основним напрямом у розвитку нових фізичних методів обробки продукції є застосування механічних коливань різних частот - від низькочастотних вібрацій до ультразвукових коливань високих частот.

До переваг вібраційної техніки можна віднести наступне: можливості суміщення процесу транспортування матеріалу з його технологічною обробкою; інтенсифікація технологічних процесів за рахунок створення віброкиплячого шару при сепарації, мийці, сушінні, нагріванні, охолодженні, переміщенні та інших операціях; можливість транспортування гарячих (з температурою до 1000°C), хімічно активних, вибухо- і пожежонебезпечних вантажів; простота конструкції машин, обумовлена відсутністю ланцюгових, стрічкових або гвинтових тягових органів; відсутність обмежень по гранулометричному складу матеріалу; можливість комплексної механізації і автоматизації цілого ряду виробничих процесів.

У промисловості вібраційні й імпульсні впливи з успіхом використовуються для прискорення процесів утворення ряду мас при просіюванні і сепарування, при різанні і сортуванні, при ущільненні і мийці, транспортуванні, подрібненні, формуванні та дозуванні, в екстракційних і сушильних установках і т. д. [2,3].

*Науковий керівник: к.т.н., доцент Цуркан О. В.



Основна роль вібрації у всіх зазначених вище та інших процесах полягає в їх інтенсифікації шляхом швидкого збільшення поверхні взаємодії компонентів або фаз, підвищення швидкості конвективної дифузії, зниження в'язкості, що і визначає швидкість і повноту протікання того чи іншого процесу.

Розвиток різноманітних напрямків застосування вібраційної техніки великий внесок внесли такі вчені та інженери, як І.І. Блехман, Г.Ю. Джанелидзе І.Ф. Гончаревич, В.А. Повідайло, І.І. Биховський, Н.А. Буренков, П. М. Заїка, В.В. Гортинський, В.І. Потураєв, І. Є. Кожуховський, В. С. Биков, Б. І Котов, П. М. Василенко С. П. Степаненко, О. М. Васильковський, Л. М. Тіщенко та інші.

І.І. Блехман [10] вирішив задачу про рух матеріальної точки і частинок з плоскої і округлої форми по шорсткій поверхні, що здійснює періодичні коливання, визначив оптимальний закон коливань і ефективний коефіцієнт тертя при вібраційному транспортуванні.

І. Ф. Гончаревич [2] розробив класифікацію, теорію, методи розрахунку та основи конструювання вібраційних транспортних і технологічних машин, створив основи теорії і методи визначення оптимальних режимів вібротранспортування вагових вантажів з урахуванням динамічних навантажень машини. Вібратори для створення гармонійних і спеціальних видів коливань, принципів схеми, конструкції і методи розрахунку, які запропоновані І. Ф. Гончаревич, широко застосовуються в різних галузях народного господарства.

Дослідженнями вібраційного переміщення дрібнодисперсних насипних вантажів займався В.В. Гортинський [7]. Ним розроблені теоретичні основи пошарового руху масових вантажів по віброуючій поверхні, вивчено рух сипучих тіл в посудині, що здійснює кругові і поступальні коливання, і вирішені питання вібраційного поділу сипучих сумішей.

Механіка руху насипного матеріалу по робочому органу вібромашин з урахуванням сил опору досліджена Б.І. Крюковим. Опір, що викликається аеродинамічними силами, характером руху окремих частинок і силами їх взаємного тертя і зіткнень, апроксимовано лінійними функціями від абсолютної і відносної швидкостей шару. У випадках просівання і транспортування крупнокускових матеріалів був гарний збіг теоретичних та експериментальних даних.

Основні роботи, присвячені теорії і практиці вібраційного подрібнення твердих

матеріалів, належать П.А. Ребиндеру, віброзмішуванню - М.Л. Моргулісу і А.Д. Лесину, віброгрануляції - А.І. Чернявському і В.Д. Кармазіну.

П. М. Василенко [8] визначив значення критичної швидкості просіювання частинок через отвори решета, при куті нахилу останнього не більше 10° у напрямку сходу частинок, з урахуванням опору повітря.

Найбільш повні теоретичні дослідження роботи плоского решета, що здійснює поздовжні коливальні рухи виконані у фундаментальних роботах І. Є. Кожуховського та П. М. Заїки [6].

В роботах І. Є. Кожуховського отримано залежності якості сепарації плоского решета від основних параметрів: кінематичного режиму роботи та кута нахилу решета до горизонту, кута напрямку коливань, форми і розташування отворів, розмірів решета і питомого їх завантаження, вологості та засміченості зернового матеріалу.

Заїка П. М. [6] вперше записав систему диференціальних рівнянь просторового руху робочого органу вібраційної машини з декількома механічними вібробудувачами, осі яких довільно орієнтовані в просторі. Ним вирішені завдання переміщення сільськогосподарських матеріалів по робочих поверхнях сільськогосподарських машин за тієї умови, якщо такі матеріали є дискретні тверді тіла; вирішені завдання пошарових процесів і самосортування, забивання та очищення отворів решіт, просіювання насіння через отвори решіт.

Биков В. С. [4] встановив, що з конструктивних параметрів найбільший вплив на показники процесу сепарації на плоских коливальних решетах надає співвідношення довжин приводного кривошипа і підвісок решітного стану, а найменший – довжина шатуна. Крім того він встановив, що у діапазоні зміни коефіцієнта кінематичного режиму, характерному для робочих процесів сучасних зерноочисних машин ($k = 1,5 \dots 2,2$), ефективність процесу сепарування не залежить від величини прискорення решіт, а визначається їх швидкістю.

М. В. Бакум вивчав можливість просіювання та доочищення зернового матеріалу на серійних зерноочисних машинах та зерноочисних машинах з високочастотними режимами руху робочих органів.

А. В. Зільбернагель запропонував розташовувати прямокутні отвори решіт під кутом до напрямку руху зерна. Автором розроблено методичку розрахунку граничної швидкості відносного руху зерна в залежності



від кута розташування продовгуватого отвору решета за умови проходження частинки через отвір, згідно з якою впливає, що зі збільшенням кута розташування отворів гранична швидкість зерна зменшується.

О. В. Черняков встановив, що бігармонічні коливання решета є одним з ефективних способів поліпшення технологічного процесу сепарації зерна. Ним описано рух зернового матеріалу по решету, яке здійснює бігармонічні коливання, розроблено методику розрахунку параметрів ексцентрикового приводного механізму решета з еліптичним шківом, при яких отримано бігармонічний закон його коливань, запропонована і обґрунтована принципова конструктивна схема сепаратора з бігармонічним приводом плоского решета.

Котов Б. І. та Степаненко С. П. стверджують, що віброрешітні сепаратори традиційної схеми розділення зерносумішей решетами практично досягли межі вдосконалення і подальше підвищення продуктивності реалізується збільшенням робочої площі решіт. На їх думку, перспективним напрямком подальшого підвищення продуктивності, при нормованій якості очищення зерна, є інтенсифікація розпушування зернового шару гальмуючими елементами-розпушувачами. Ними досліджено вплив кінематичних, технологічних і конструктивних параметрів на внутрішньошарові процеси, швидкість переміщення частки в шарі зерна та вздовж поверхні решета при наявності пасивних розпушувачів.

Крім досліджень процесу сепарації зернових сумішей на звичайних плоскорешітних гравітаційних зерноочисних машинах велика увага приділяється також дослідженню процесу сепарації на гравітаційно-інерційних, відцентрових, вібраційно-відцентрових решітних зерноочисних машинах та на вібраційних сепараторах.

Л. М. Тіщенко [9] розробив методи розрахунків інтенсифікації процесів вібровідцентрового сепарування за технологічними показниками продуктивності і якості, створив та впровадив у серійне виробництво динамічні, поверхневі й об'ємні інтенсифікатори, які підвищують продуктивність і якість сепарування зернового матеріалу вібровідцентровими сепараторами.

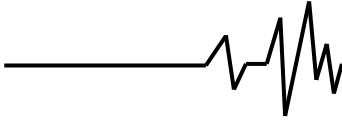
Дослідженням процесу вібропневмовідцентрового розділення насінневих сумішей за густиною насіння займався В. В. Бредихін, яким запропоновано та обґрунтовано спосіб підвищення

технологічної ефективності процесу розділення насінневих сумішей у вібропневмо-центрифугах і на його основі удосконалена конструктивно-технологічна схема сепаратора. Ним отримано аналітичні залежності часу розшарування і швидкості переміщення шару суміші від основних режимних і конструктивних параметрів процесу і робочих органів. Встановлено технологічні параметри за яких може бути досягнута найвища ефективність розділення насінневих сумішей з використанням запропонованого робочого органу.

О. М. Васильковський отримав модель процесу розділення зернової суміші на інерційному прямоточному сепараторі, яка пов'язує його основні параметри з технологічними показниками роботи. Він встановив, що повнота розділення зернової суміші та питома продуктивність запропонованого сепаратора одночасно підвищуються зі збільшенням швидкості пересування матеріалу по решету, максимальне значення якої обмежується умовами можливої деградації зерна при взаємодії з лопатями ротора, крім того, ним визначена область раціональних значень показника кінематичного режиму роботи даного сепаратора при очищенні пшениці, який знаходиться в межах $K=230\dots 310$.

О. Б. Козія встановив, що якість процесу сепарації насінневих матеріалів на неперфорованій фрикційній коливальній поверхні суттєво залежить від конструктивно-кінематичних параметрів вібраційної зерноочисної машини: амплітуди, частоти і кута спрямованості коливань, а також кутів нахилу робочого органу до горизонту в повздовжньому і поперечному напрямках, в результаті чого, ним обґрунтовані раціональні конструктивно-кінематичні параметри роботи вібраційної зерноочисної машини при очищенні і сортуванні насіння пшениці, ячменю, вівса і жита. Крім того, він запропонував для очищення і сортування насіння вищезгаданих культур покривати робочі органи вібраційних зерноочисних машин технічною фанерою або брезентом.

Ю. О. Манчинський встановив, що кожна з реалізацій процесу – це випадкова функція, яка залежить від початкових умов, зокрема від фазового кута коливань робочого органу та початкового кутового положення тіла. Форма тіла є основним фактором, що визначає можливість розділення компонентів суміші, а розміри та питома вага матеріалу насіння не впливають на характеристики руху, тому розділення на основі цих ознак неможливе.



Ним розроблені критерії якості технологічного процесу, що дає можливість підвищити точність і скоротити трудомісткість його оцінки.

Якість та продуктивність процесу сепарації зернового матеріалу зерноочисними машинами пов'язані не тільки з режимами роботи та розмірами решіт, а й, в значній мірі, з їх конструкцією. Удосконаленню конструкцій решіт зерноочисних машин присвячено багато досліджень як вітчизняних, так і закордонних дослідників.

Бакум М. В., Манчинський Ю. О. та Горбатовський О. М. запропонували інтенсифікувати процес сепарації зернового матеріалу на решітному стані за рахунок різного кута встановлення верхнього та нижнього решіт відносно напрямку збуджуючої сили.

За результатами проведеного аналізу можна зробити висновки, що проблемі дослідження впливу конструкцій приводних механізмів робочих органів зерноочисних машин на динаміку їх роботи та енергозатрати приділяється дуже мало уваги.

Важливий технологічний процес багатьох виробництв - очищення і сепарування сипучої сільськогосподарської сировини. Він передбачає відділення сторонніх домішок від вихідного сипучого матеріалу і поділ останнього на окремі фракції. Для ефективного протікання цього процесу найчастіше використовують вібраційний вплив. Прикладом є пристрої, що широко застосовуються в елеваторній промисловості повітряно - ситові сепаратори ЗСМ-50, ЗС-50, ЗСМ-100, а останнім часом - А1-ЗСШ-20, А1-БРС, А1-БІС-100 і А1-БЦС- 100. У повітряно-ситових сепараторах корпус отримує зворотно - поступальний рух за допомогою ексцентрикового коливального механізму. Амплітуда коливань більшості сепараторів становить 5 ... 8 мм, частота - 200 ... 500 в хвилину. Зерноочисні сепаратори типу ЗСМ по конструкції багато в чому схожі між собою. Вони мають змінні сита, розмір отворів в яких підбирають відповідно до виду продукції, що очищається.

Хороший технічний стані сепараторів, встановлених в елеваторі, дозволяє досягти високих результатів очищення зерна від домішок (до 70%). Ефективність очищення зерна може бути підвищена використанням грохотів вібропневматичного типу, в яких виділяють мінеральні домішки. Основний вузол грохоту - вібростіл - рухома частина машини, яка здійснює зворотно-поступальні коливання під кутом 30 ... 40 ° до площини деки. Він встановлений під кутом підйому 5 ... 10 ° до горизонталі, має привід від інерційного

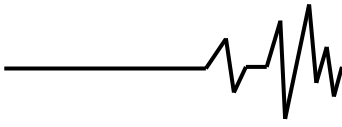
вібратора. Частота коливань 960 кол/хв, амплітуда-2,0 ... 2,5мм. У конструкціях сепараторів робочий орган - ситова рамка - здійснює зворотно-поступальні коливання за рахунок різного типу віброприводів (переважно - ексцентрикових, інерційних, електромагнітних). На великих підприємствах частіше застосовують зерноочисні сепаратори А1-ЗСШ-20, А1-БІС і А1-БМС-12 шафового типу з круговим поступальним рухом сит в горизонтальній площині. У цих сепараторах поряд з очищенням зерно розділяється на ряд фракцій.

Механічні коливання вібраційних робочих органів збуджуються декількома різними способами, серед яких основними є збудження за допомогою механічних пристроїв, дебалансів, електромагнітних вібраторів, пневматичних і гідравлічних пристроїв. Найбільш широко вживаними є способи збудження коливань за допомогою електромагнітних механізмів.

У інерційних машинах коливання робочого органу повідомляються інерційними силами, що виникають при обертанні валу віброзбуджувача, що представляє собою ротор з невірноваженою масою (дебаланс). Перевагою інерційних приводів є можливість створення великих амплітуд коливання, простота конструкції і експлуатації. Для забезпечення стійкості роботи (сталість амплітуди коливання при зміні будь-яких параметрів системи) для вібраційних транспортерів з інерційним приводом використовується зарезонансне налаштування. У зв'язку з цим мають місце ускладнення, що виникають під час пуску і роботи вібромашини: збільшення амплітуди коливань, навантаження на фундамент, споживаної потужності; це призводить до того, що електродвигун може не досягти номінальних оборотів і вийти зі строю під час пуску.

Пневматичні і гідравлічні вібратори поки не знайшли широкого поширення, однак цілий ряд переваг, властивих цьому типу приводів, дає підставу вважати, що в найближчому майбутньому вони будуть успішно застосовуватися поряд з електричними, дебалансними і іншими вібраторами.

Пневмовібратори легко налаштовуються на різну частоту і амплітуду коливань. За допомогою пневмовібраторів можна зробити процес вібрації безперервним, а фільтри - самоочищаються. При цьому продуктивність дробарок збільшується на 20%, а витрати на експлуатацію зменшуються на одну дробарку тільки за рахунок економії енергії.



Вібраційна техніка використовується для грануляції, агломерації і розмолу продуктів. Діапазон застосовуваних частот для цих цілей становить 5 ... 600 Гц, амплітуда - 0,01 ... 25 мм. Критерій інтенсивності вібраційного впливу K - відношення максимального прискорення вібрації до прискорення вільного падіння ($K = A / g$, де A - амплітуда, ω - кругова частота, g - прискорення вільного падіння) - від 0,1 до 200. [5].

Вібраційна дія здійснює позитивний вплив на зміну реологічного стану оброблюваних продуктів. Вібраційний метод дозволяє значно прискорити процес змішування і забезпечити більш високу кінцеву однорідність продукту. У віброзмішувачах джерело коливач має поступальний рух, а частинки суміші, що безпосередньо контактують з джерелом коливач, періодично отримуючи ударний імпульс, рухаються по круговій або еліпсоїдальній траєкторії. Імпульс і енергію частинки прикордонного шару передають сусіднім шарам, завдяки чому по суміші проходять хвилі. Це викликає інтенсивні колювання частинок і їх циркуляцію, що призводить до інтенсифікації процесу перемішування твердої і рідкої фаз і поліпшенню якості суміші. У віброзмішувачах вібратори генерують механічні колювання, які передаються через корпус змішувачів і змішуючі органи сировині, що обробляється.

Вібрацію використовують в якості фактору, що сприяє більш швидкому і рівномірному розподілу речовин, збільшення площі контакту речовин з водою, підвищення кількості більш міцно зв'язаної води в матеріалі, що сприяє не тільки поліпшенню якості, а й підвищує вихід готової продукції.

Продуктивність вібромашин залежить від швидкості переміщення матеріалу по вібруючій поверхні. Ця швидкість, в свою чергу, визначається законом, величиною амплітуди, частотою і напрямком колювань робочого органу, кутом нахилу його до горизонту і ін. На рух матеріалу по вібруючій поверхні впливає його щільність, товщина шару на робочому органі, гранулометричний склад і форма частинок матеріалу, вологовміст і липкість, пружність часток, сили зовнішнього і внутрішнього тертя частинок, повітропроникність шару матеріалу і ін. чинники. Таке різноманіття факторів, що визначають процес вібраційного транспортування, ускладнює його дослідження аналітичними методами і ставить відомі межі застосування і узагальнення результатів експериментів.

Існує безліч режимів руху матеріалу по вібруючій поверхні. Механіка руху матеріалу по вібруючій поверхні визначає як показники технологічного процесу, здійснюваного в апараті, так і параметри вібраційної установки.

Дослідження впливу різних факторів на процес вібраційного транспортування не тільки ускладнює аналітичні методи, але і не дає повного уявлення про вплив їх сукупності на процес вібраційного транспортування і технологічний процес, що протікає в апараті.

Аналіз літературних джерел показує на величезну кількість експериментальних і аналітичних досліджень, присвячених вібротранспорту сипучих, кускових і інших будівельних і хімічних продуктів

Що ж стосується с.-г. продукції, то є тільки уривчасті відомості по вібротранспортуванню картоплі, подрібненої буряка, комбікорму, зерна.

Тому питання дослідження і застосування механічних колювань у технологічних процесах є актуальними і необхідними.

Висновки

1. На даний час накопичений значний експериментальний і теоретичний матеріал по дослідженню впливу низькочастотних механічних колювань (вібрацій) на більшість технологічних процесів. Вібрації дозволяють значно прискорити різні механічні, гідромеханічні, теплові та масообмінні процеси.

2. Найбільш широко низькочастотні колювання застосовуються в процесах сепарації, перемішування і екстрагування. Інтенсифікація теплових і масообмінних процесів під дією колювань досягається, в загальному випадку, за рахунок збільшення поверхні контакту фаз і збільшення коефіцієнтів тепло- і масопередачі. Однак, механізм впливу колювань на різні тепло- і масообмінні процеси до теперішнього часу повністю не з'ясований.

3. Інтенсивність дії колювань залежить не тільки від амплітуди і частоти їх джерела, а й від способу збудження та передачі колювань, властивостей середовища і геометрії установки.

4. Одним з прогресивних напрямків у використанні механічних колювань низької частоти є створення апаратів з вібруючими робочими органами, які передають колювання безпосередньо оброблюваному продукту і тим самим дозволяють значно інтенсифікувати різні гідромеханічні і масообмінні процеси при порівняно невисокій витраті енергії.

**Список використаних джерел**

1. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. /Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.) и др.// - М.: Машиностроение, 1981. – Т. 4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э.Э. Лавендела, 1981. -509 с.
2. Гончаревич И.Ф. Теория вибрационной техники и технологии / И.Ф. Гончаревич., К.В.Фролов// –М.: Наука, 1981 . – 320 с.
3. Урьев Н.Б. Физико-химические основы интенсификации технологических процессов в дисперсных системах. – М.: Знание, 1980. – 64с.
4. Быков В. С. Определение скорости виброперемещения сыпучего материала / Быков В. С. // Техника в сельском хозяйстве. – 2000. – № 2. – с. 21-23.
5. Паламарчук И.П., Омелянов О.Н. Динамика вибрационных грохотов с комбинированным приводом пространственных колебаний рабочих органов / И.П. Паламарчук., О.М. Омелянов // Вибрации в технике и технологиях.– 2000.– №4(16).–С.89– 92.
6. Заика П. М. Вибрационное перемещение твердых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах / П. М. Заика. – К.: УСХА, 1999. – 626 с.
7. Гортинский В. В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / Гортинский В. В., Демской А. В., Борискин М. А. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
8. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / Василенко П. М. – К.: УАСХН, 1960. – 284 с.
9. Тищенко Л. Н. К исследованию движения зерновой смеси на решетке под действием вибрации / Тищенко Л. Н., Пивень М. В // Науковий вісник НАУ. – 2002. – Вип. 49. – С. 329–336.
10. Блехман И. И. Что может вибрация?

О вибрационной технике и вибрационной механике / Блехман И. И. – М.: Наука, 1988. – 207 с.

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

Аннотация. Рассмотрены возможности применения механических колебаний при ведении технологических процессов. Проанализированы научные труды известных ученых, внесших большой вклад в развитие различных направлений применения вибрационной техники. На основе анализа определены преимущества вибрационной обработки. Предложены направления дальнейших исследований и внедрение вибрационного оборудования.

Ключевые слова: вибрация, механические колебания, вибрационная техника, приводные механизмы.

**FEATURES OF APPLICATION OF
MECHANICAL VIBRATIONS IN
TECHNOLOGICAL PROCESSES**

Annotation. The possibilities of applying mechanical oscillations in the process of technological processes are considered. The scientific works of well-known scientists have been analyzed, which made a great contribution to the development of various areas of application of vibrating technology. Based on the analysis, the advantages of vibration processing are determined. Are offered directions of further researches and introduction of vibration equipment.

Key words: vibration, mechanical vibrations, vibration technology, drive mechanisms.

Відомості про авторів

Омелянов Олег Миколайович – старший викладач кафедри загально технічних дисциплін та охорони праці, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008).

Омелянов Олег Николаевич – старший преподаватель кафедры общетехнических дисциплин и охраны труда, Винницкий национальный аграрный университет (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008).

Omelyanov Oleg – art. Lecturer of the Department of General Technical Disciplines and Labor Protection Vinnytsia National Agrarian University (St. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008).