А.Н. Леженкин, И.А. Леженкин, Е.В. Михайлов, Н.А. Рубцов Разработка методики моделирования процесса перемещения соломины поверхности сепарирующего рабочего органа. ИЗВЕСТИЯ Международной академии аграрного образования Выпуск № 69 (2023), Россия, Санкт-Петербург 2023. – С. 58-63.

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Индекс К0292 в каталоге «Почта России. Персональная подписка»

ИЗВЕСТИЯ

Международной академии аграрного образования

Выпуск № 69 (2023)

Выходит 4 раза в год

Санкт-Петербург
2023

УДК 330.1/4, 332.1/8, 338.2/4, 378.1, 616.1/6, 619, 621.7/9, 631.1/9, 636.3

Учредители и издатели: Международная общественная организация «Международная академия аграрного образования»; Санкт-Петербургское региональное отделение Международной общественной организации «Международная академия аграрного образования»

Редакция:
Главный редактор: академик МААО, д.т.н., профессор – Огиев Олег Геннадьевич
Зам. главного редактора:
академик РАН, д.с.-х.н., профессор – Амерханов Харон Адиевич
академик МААО, д.т.н., профессор – Еникеев Виль Гумерович
академик МААО, д.с.-х.н., профессор – Трифонова Мария Федотовна

Редакционная коллегия:
академик РАН, д.с.-х.н., профессор – Абдуллаев Ганбар Гара оглы (Р. Азербайджан)
академик МААО, д.с.-х.н., профессор – Абрамов Николай Васильевич
академик РАН, д.э.н., профессор – Алтухов Анатолий Иванович
член-корр. РАН, д.т.н., профессор – Брюханов Александр Юрьевич
академик МААО, д.э.н., профессор – Бычкова Светлана Михайловна
академик РАН, д.э.н., профессор – Волков Сергей Николаевич
академик МААО, д.с.-х.н. – Воробуева Ольга Гавриловна
академик МААО, д.т.н., профессор – Гафаров Абдулазиз Абдуллофизович (Р. Таджикистан)
академик МААО, д.вет.н., профессор – Дроздова Людмила Ивановна
академик РАН, д.биол.н., профессор – Зиновьева Наталия Анатольевна
академик МААО, д.э.н., профессор – Исмуратов Сабит Борисович (Р. Казахстан)
академик РАН, д.с.-х.н., профессор – Кирюшин Валерий Иванович
член-корр. МААО, к.пед.н. – Козленкова Елена Николаевна
академик МААО, д.биол.н., профессор – Козлов Сергей Анатольевич
член-корр. РАН, д.биол.н., профессор – Кощаев Андрей Георгиевич
член-корр. РАО, д.пед.н., профессор – Кубрушко Петр Федорович
д.т.н., профессор – Ложкин Владимир Николаевич
академик МААО, д.вет.н., профессор – Морозов Виталий Юрьевич
академик РАН, д.с.-х.н., профессор – Овчинников Алексей Семенович
академик МААО, д.с.-х.н. – Осипова Валентина Валентиновна
академик МААО, д.э.н., профессор – Пакуш Лариса Владимировна (Р. Беларусь)
академик МААО, д.с.-х.н., профессор – Петрова Галина Васильевна
академик РАН, д.т.н., профессор – Попов Владимир Дмитриевич
д.т.н., профессор – Салова Тамара Юрьевна
академик МААО, к.т.н. – Соловьева Елена Анатольевна
академик РАН, д.вет.н., профессор – Стекольников Анатолий Александрович
академик МААО, д.т.н. – Хакимов Рамиль Тагирович
академик МААО, д.э.н., профессор – Худякова Елена Викторовна
академик МААО, д.э.н., профессор – Цыпкин Юрий Анатольевич
академик МААО, д.т.н., профессор – Шкрабак Владимир Степанович

Адрес редакции и издателя:
Почтовый адрес: 196607, г. Санкт-Петербург–Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2, корпус 2, СПбГАУ, кафедра ПМФиИГ
Контактные телефоны: (812)-476-44-44, *добавочный* 361

Web-сайт: www.maaonus.ru; E-mail: ognew.og@mail.ru
Журнал издается с 2006 года
№ 69 2023 (12)

Журнал включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, за № 1238 (на 24.10.2023 г.).

Свидетельство о регистрации в Федеральном агентстве по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия РФ: ПИ № ФС77-27571 от 14.03.2007 г.

Материалы выпуска размещены также на сайте МААО: www.maaonus.ru

Уважаемые коллеги!

В 69-м выпуске Известий МААО размещены результаты научных исследований эффективности воздействия различных технологических приемов и методов на физиологические показатели сельскохозяйственных животных.

Научные исследования и анализ результатов технико-технологического совершенствования разнообразного оборудования для агропромышленного комплекса также нашло свое отражение на страницах данного выпуска.

В номере также уделено место результатам применения математических и информационно-статистических методов в оценке эффективности различных сторон деятельности сельскохозяйственных предприятий и организаций.

Существенное место в номере занимают научные исследования, посвященные проблемам анализа тенденций развития и направлений совершенствования технико-экономической деятельности предприятий и организаций АПК, актуальности применения мотивационных и инновационных инструментов в повседневной практике хозяйствующих субъектов аграрной отрасли.

Редакционная коллегия

Материалы журнала «Известия МААО» представлены в авторской редакции. Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения редакции. При цитировании ссылка на журнал «Известия МААО» обязательна.

Мнение редакции не обязательно совпадает с мнением авторов представленных материалов.

СОДЕРЖАНИЕ:

Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные, биологические)

В.А. Бычкова, А.В. Гончарова, В.А. Костылев Эффективность применение дарбэпоэтина для коррекции ренальной анемии у кошек с хронической болезнью почек на 3 стадии **7**

Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические)

Б.С. Орозбаев, Т.Ж. Турдубаев, Т.Д. Чортонбаев Нагульные качества молодняка овец гиссарской и гиссаро-кыргызской породы в условиях юга Кыргызстана **11**

Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические, сельскохозяйственные)

В.А. Афонькина, В.М. Попов, В.Н. Левинский, В.Г. Захахатнов Технико-экономическая оценка внедрения установки камерного типа для сушки мясных деликатесов **15**

Е.П. Безух, А.В. Зыков, Н.Н. Потрахов Применение мягколучевой микрофокусной рентгенографии в селекции смородины черной **22**

Р.Т. Галиахметов, А.Д. Кольга, В.А. Александров, М.Н. Салихова, И.П. Гальчак Использование вентилей (клапанов 2/2) в системах управления гидроприводами машин **27**

Л.В. Денежко, Л.А. Новопашин, А.А. Садов, Ю.В. Панков, Л.К. Кибирев, А.А. Баженов Влияние сопротивления на впуске на показатели работы двигателя **34**

П.А. Ильин, П.И. Хохлов, Е.М. Смирнова Результаты оценки восстановленных блоков цилиндров с дефектом крышки коренной опоры **39**

М.А. Керимов, В.И. Ветушко, М.М. Керимов Повышение эффективности функционирования машинных технологий производства семян технических культур **45**

Е.И. Кубеев, Р.А Зейнетдинов Способ формирования пористой питательной оболочки и устройство для его осуществления **51**

А.Н. Леженкин, И.А. Леженкин, Е.В. Михайлов, Н.А. Рубцов Разработка методики моделирования процесса перемещения соломины по поверхности сепарирующего рабочего органа **58**

С.В. Ляхов, В.В. Побединский, Ю.Н. Строганов, Ю.Н. Сидыганов, Е.М. Пампура, М.М. Ляхова Регулирование длины автотракторного поезда на основе нейро-нечеткой сети **64**

В.В. Морозов, В.А. Ружьев, В.Г. Игнатенков, М.А. Фомичев, А.И. Иванов Обоснование выбора конструкции виброаэрационного сепаратора-охладителя **71**

М.А. Новиков, С.Б. Павлов, К.А. Круглов Совершенствование методов борьбы с борщевиком в условиях Новгородской области **82**

Л.А. Новопашин, Ю.В. Панков, А.А. Садов, Л.В. Денежко, Л.К. Кибирев, А.А. Баженов Обоснование процесса вакуумной сушки из зерновой массы гороха без нагрева **88**

К.Д. Семенов, А.Р. Ахметзянов, С.А. Чирков, Ю.Н. Сидыганов Исследование эффективности сбора яблок экспериментальной установкой на основе гибкого манипулятора **93**

Математические, статистические и инструментальные методы в экономике (экономические)

О.В. Галанина Нечеткая модель динамики численности поголовья крс молочного направления **97**

Е.Л. Уварова, И.А. Безруков, А.С. Метельская Подход к выбору оптимального варианта кадастрового учета таунхаусов **102**

О.А. Халепо Исследование вклада строительной отрасли и динамики изменения стоимости жилья городах и регионах России **111**

Региональная и отраслевая экономика (экономические)

Е.С. Афанасьева, А.А. Хадорыч Формирование мотивационного механизма как фактор конкурентного преимущества в стратегическом развитии региона **117**

Д.В. Баранова Методика корректировки размера земельных налоговых ставок **121**

А.О. Белоусов, В.А. Павлова Метод интегральной оценки земель сельскохозяйственного назначения в системе управления земельными ресурсами АПК региона **126**

А.А. Березина Релизации концессионных соглашений в России на примере Новгородской области **132**

УДК 631.362.32/34

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СОЛОМИНЫ ПО ПОВЕРХНОСТИ СЕПАРИРУЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

А.Н. Леженкин, д-р техн. наук, профессор
Контактная информация (тел., E-mail): +79900386958; lan2810@mail.ru
И.А. Леженкин, канд. техн. наук
Контактная информация (тел., E-mail): +79900386954; ivanlezhenkin@mail.ru
Е.В. Михайлов, д-р техн. наук, профессор
Контактная информация (тел., E-mail): +79900386566; evgenii19508@gmail.com
Н.А. Рубцов, канд. техн. наук, доцент
Контактная информация (тел., E-mail): +79900066041; nik.rubtsov.53@mail.ru
ФГБОУ ВО Мелитопольский государственный университет (г. Мелитополь, Россия)

Аннотация. В статье приведена методика моделирования процесса перемещения соломины по поверхности экспериментального сепарирующего рабочего органа. На основании анализа функционирования рабочего органа было установлено, что наиболее эффективно процесс сепарации очесанного вороха протекает в том случае, если ворох предварительно сегретатировать. В свою очередь сегрегация идет эффективнее в том случае, когда соломины, входящие в состав вороха образуют пустоты, через которые просеиваются зерновки. При этом максимальное перемещение соломины будет в том случае, когда соломина вниз переместится на максимальное расстояние, а вверх на минимальное. Для расчета перемещения соломины вниз и перемещения её вверх предложены зависимости, в которые входят угол наклона решета, угол направленности колебаний, эксцентриситет эксцентрикового вала и частота колебаний. В основу методики положено рассмотрение различных комбинаций первых трех факторов при фиксированном значении частоты колебаний. Была составлена таблица возможных комбинаций значений параметров, влияющих на перемещение соломины. При подстановке возможных комбинаций параметров в уравнение движение вниз получается 27 уравнений для расчета перемещения соломины вниз и 27 уравнений для расчета перемещения соломины вверх. Задачей моделирования является установление комбинации значения параметров, при котором происходит максимальное перемещение соломины за один оборот эксцентрикового вала. Результаты расчетов сводятся в таблицы, по данным которых строятся диаграммы. Используя данную методику можно провести моделирование процесса перемещения соломины по поверхности сепарирующего рабочего органа.
Ключевые слова: очёсанный ворох, соломина, зерновка, сепарация, сегрегация, моделирование, комбинации значений параметров.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR SIMULATING THE PROCESS OF STRAW MOVEMENT ON THE SURFACE OF A SEPARATING WORKING ORGAN

Alexander Nikolaevich Lezhenkin, doctor of technical sciences, professor
Contact information (tel., E-mail): +79900386958; lan2810@mail.ru
Ivan Alexandrovich Lezhenkin, candidate of technical sciences
Contact information (tel., E-mail): +79900386954; ivanlezhenkin@mail.ru
Evgeniy Vladimirovich Mikhailov, doctor of technical sciences, professor
Contact information (tel., E-mail): +79900386566; E-mail: evgenii19508@gmail.com
Nikolai Alekseevich Rubtsov, candidate of technical sciences, associate professor
Contact information (tel., E-mail): +79900066041; nik.rubtsov.53@mail.ru
Melitopol State University (Melitopol, Zaporozhye region, Russia)

Annotation. The article presents a technique for modeling the process of moving straw along the surface of an experimental separating working body. Based on the analysis of the functioning of the working body, it was found that the process of separation of the combed heap occurs most effectively if the heap is pre-segregated. In turn, segregation is more effective when the straws included in the heap form voids through which the grains are sifted. In this case, the maximum movement of the straw will be in the case when the straw moves downwards to the maximum distance, and upwards to the minimum. To calculate the movement of the straw downwards and its movement upwards, dependencies have been proposed, which include the angle of inclination of the sieve, the angle of direction of vibrations, the eccentricity of the eccentric shaft and the frequency of vibrations. The methodology is based on the consideration of various combinations of the first three factors at a fixed value of the oscillation frequency. A table of possible combinations of parameter values affecting straw movement was compiled. When substituting possible combinations of parameters into the downward movement equation, 27 equations are obtained for calculating the downward movement of the straw and 27 equations for calculating the upward movement of the straw. To calculate the movement of the straw downwards and its movement upwards, dependencies have been proposed, which include the angle of inclination of the sieve, the angle of direction of vibrations, the eccentricity of the eccentric shaft and the frequency of vibrations. The methodology is based on the consideration of various combinations of the first three factors at a fixed value of the oscillation frequency. A table of possible combinations of parameter values affecting straw movement was compiled. When substituting possible combinations of parameters into the downward movement equation, 27 equations are obtained for calculating the downward movement of the straw and 27 equations for calculating the upward movement of the straw. The task of modeling is to establish a combination of parameter values at which the maximum movement of the straw occurs per revolution of the eccentric shaft. The calculation results are summarized in tables, from which diagrams are constructed. Using this technique, it is possible to simulate the process of moving straw along the surface of the separating working body.
Key words: combed heap, straw, grain, separation, segregation, modeling, combinations of parameter values.

ВВЕДЕНИЕ. Как известно, стационарная технология уборки зерновых культур методом очёсывания растений на корню не получила должного практического применения из-за отсутствия технических средств сепарации очёсанного вороха, а именно – выделения соломистых примесей, которые затрудняют работу серийно выпускаемых ворохоочистителей [1]. Фракционный состав очесанного вороха зерновых культур зависит от многих факторов, основными из которых является строение соцветий.

Так для метелочных культур содержание свободного зерна в очесанном ворохе составляет 87,3–92,1 % [1, 2], а для колосовых культур – 53,3–61,3 % [3, 4]. Кроме свободного зерна, в очёсанном ворохе содержатся крупные соломистые примеси, полова и оборванные колоски (метелки). Высокий процент содержания крупных соломистых примесей, а у колосовых зерновых он составляет 12–54 % [5], затрудняет процесс сепарации. Для сепарации такого сложного материала был предложен экспериментальный рабочий орган, технологическая схема и описание которого приведены в работе [6]. Для обоснования параметров и режимов работы данного рабочего органа необходимо провести математическое моделирование, первым этапом которого является разработка методики. Данному исследованию посвящена эта работа.

ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА. В качестве объекта исследования был принят процесс сепарации очёсанного вороха.

Как уже отмечалось ранее, очёсанный ворох представляет собой смесь свободного зерна, соломы, оборванных колосков и половы. С целью упрощения проведения моделирования введены следующие допущения:

- оборванные колоски, учитывая незначительность их содержания в очёсанном ворохе, при моделировании во внимание не принимали;
- свободное зерно и полову, исходя из их размеров, считали одной фракцией (зерновой).

Следовательно, с учетом сделанных допущений мы имеем двухкомпонентную смесь, состоящую из соломы и зерна. Используя методику геометрического вычисления вероятностей [7, 8] были проведены расчеты, в результате которых было установлено, что вероятность просеивания зерна через слой соломы зависит от расстояния между соломинами. Чем это расстояние будет больше, тем вероятность просеивания зерна через слой соломы будет выше и, тем самым, эффективнее будет протекать процесс сегрегации очёсанного вороха. Возмущающим воздействием на перемещении соломины являются колебания, которые совершает рабочий орган.

В результате воздействия колебаний, соломины совершают относительное движение, и их перемещение – приводит к образованию различных геометрических конфигураций, через которые зерно просеивается из верхних слоёв в нижние, в результате чего в нижних слоях концентрируется зерновая фракция. Таким образом, происходит сегрегация. Ворох перемещается по сегрегатору и когда доходит до решета, зерновая фракция идет проходом через отверстия, а соломенная – сходом с решета. Таким образом, необходимо рассмотреть движение соломенной фракции.

Для упрощения анализа движения сделаны следующие допущения:

- соломину представим в виде материальной точки;
- движение зерновой фракции рассматривать не будем;
- сопротивлением воздуха пренебрегаем;
- соломины в слое расположены в одной плоскости.

Рассмотрим движение материальной точки по наклонной колеблющейся поверхности и используем уже известные уравнения движения её движения по решету [9].

Движение материальной точки будем рассматривать с позиций методов теоретической механики [10, 11]. За один поворот эксцентрикового вала соломина перемещается вниз, а затем – вверх. Расчетные схемы и соответственно дифференциальные уравнения будут различными для движения вниз и движения вверх.

Для движения вниз:

$$\rho_{вн} = -r\cos(\alpha+\beta)\cos(\omega t)+\frac{gt^2}{2}\sin\alpha - gf\frac{t^2}{2}\cos\alpha - rf\sin(\alpha+\beta)\cos(\omega t)+$$
$$+r\cos(\alpha+\beta)+rf\sin(\alpha+\beta). \quad (1)$$

Для движения вверх:

$$\rho_{вв} = -r\cos(\alpha+\beta)\cos(\omega t)-\frac{gt^2}{2}\sin\alpha - gf\frac{t^2}{2}\cos\alpha + rf\sin(\alpha+\beta)\cos(\omega t)+$$
$$+r\cos(\alpha+\beta)-rf\sin(\alpha+\beta). \quad (2)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Как видно из приведенных формул, на процесс перемещения соломины по решету влияют четыре фактора. А именно: угол наклона решета α, угол направленности колебаний β, частота колебаний ω, а также эксцентриситет r эксцентрикового вала, от величины которого зависит амплитуда колебаний.

Что касается углов α и β, а также эксцентриситета r, влияющих на процесс перемещения соломины то здесь можно использовать для моделирования теоретические основы комбинаторного анализа [12]. Несколько сложное дело обстоит с частотой колебаний.

Частота колебаний решета входит в уравнения (1) и (2) в качестве аргумента тригонометрической функции в сочетании с еще одним параметром временем) и в общем их произведении равно углу поворота эксцентрикового вала: $\theta = \omega t$.

Поэтому рассмотрим различные комбинации первых трех факторов при фиксированном значении частоты колебаний. Каждый из параметров, влияющих на процесс перемещения соломины, может иметь множество значений, нам необходимо выбрать из этого множества те значения, при которых соломина за один поворот эксцентрикового вала будет иметь максимальное перемещение. При одном обороте эксцентрикового вала соломина вначале движется вниз, а затем – вверх. Общее перемещение ее за один оборот эксцентрикового вала определится из соотношения:

$$\rho = \rho_{вн} - \rho_{вв} \quad (3)$$

где $\rho_{вн}$ – перемещение соломины вниз; $\rho_{вв}$ – перемещение соломины вверх.

Максимальное перемещение соломины будет в том случае, если соломина вниз переместится на максимальное расстояние, а вверх – на минимальное. Каждый из параметров, влияющих на перемещение соломины, находится в определенном диапазоне, границы которого приведены в источниках [9, 13, 14]. Обозначим минимальное и максимальное значение для угла наклона решета через a и C, для угла направленности колебаний решета по отношению к горизонту – через d и k, а также для амплитуды колебаний – через l и m.

Для удобства поиска оптимальных параметров введем еще по одному значению внутри каждого диапазона, которые определяются из соотношений:

$$\begin{cases} b = a + i_1 \\ h = d + i_2 \\ n = l + i_3, \end{cases} \quad (4)$$

где b – дополнительное значение угла наклона решета; h – дополнительное значение угла направленности колебаний; n – дополнительное значение амплитуды колебаний; i_1, i_2, i_3 – интервалы варьирования факторами.

Интервалы варьирования параметрами определяются по формулам:

$$i_1 = \frac{c-a}{2}; \quad i_2 = \frac{k-d}{2}; \quad i_3 = \frac{m-l}{2}. \quad (5)$$

Таким образом, у нас имеется три параметра, влияющих на процесс перемещения соломины, которые изменяются определенным образом в некоторых диапазонах, характеризуемые тремя значениями. Обозначения параметров и их численные значения приведены в табл. 1.

Таблица 1.**Численные значения параметров**

№	Наименование параметров	Единицы измерения	Обозначения параметров	Численные значения параметров
1	Угол наклона решета, α	град.	a b c	3 5 7
2	Угол направленности колебаний β	град.	d h k	8 14 20
3	Амплитуда колебаний, r	м.	l n m	0,006 0,008 0,01

Общее количество комбинаций можно определить из формулы [15]:

$$N = 3! + 3\left(2C_3^2 + C_3^3\right), \quad (6)$$

где N – общее количество комбинаций; 3! – количество перестановок из 3 параметров по одному; C_3^2 – количество параметров, сгруппированных по 2; C_3^3 – количество параметров, сгруппированных по 3.

После расчетов по формуле (6), получаем, что общее число комбинаций параметров с различными значениями равно 27.

Возможные комбинации значений параметров, влияющих на перемещение соломины приведены в табл. 2.

Таблица 2. **Комбинации значений параметров**

№	Перемещение соломины		Угол наклона решета	Угол направленности колебаний	Амплитуда колебаний
	вниз	вверх			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	$\rho_{вн\,1}$	$\rho_{вв\,1}$	c	d	n
2	$\rho_{вн\,2}$	$\rho_{вв\,2}$	c	h	l
3	$\rho_{вн\,3}$	$\rho_{вв\,3}$	a	k	n
4	$\rho_{вн\,4}$	$\rho_{вв\,4}$	a	h	m
5	$\rho_{вн\,5}$	$\rho_{вв\,5}$	b	d	m
6	$\rho_{вн\,6}$	$\rho_{вв\,6}$	b	k	l
7	$\rho_{вн\,7}$	$\rho_{вв\,7}$	c	k	l
8	$\rho_{вн\,8}$	$\rho_{вв\,8}$	c	d	m
9	$\rho_{вн\,9}$	ρ_9	a	k	m
10	$\rho_{вн\,10}$	$\rho_{вв\,10}$	c	k	n
11	$\rho_{вн\,11}$	$\rho_{вв\,11}$	c	h	m
12	$\rho_{вн\,12}$	$\rho_{вв\,12}$	b	k	m
13	$\rho_{вн\,13}$	$\rho_{вв\,13}$	c	k	m
14	$\rho_{вн\,14}$	$\rho_{вв\,14}$	a	d	m
15	$\rho_{вн\,15}$	$\rho_{вв\,15}$	a	k	l
16	$\rho_{вн\,16}$	$\rho_{вв\,16}$	c	d	l
17	$\rho_{вн\,17}$	$\rho_{вв\,17}$	a	d	n
18	$\rho_{вн\,18}$	$\rho_{вв\,18}$	a	h	l
19	$\rho_{вн\,19}$	$\rho_{вв\,19}$	b	d	l

Окончание табл. 2.

1	2	3	4	5	6
20	$\rho_{\text{вн }20}$	$\rho_{\text{вн }20}$	a	d	l
21	$\rho_{\text{вн }21}$	$\rho_{\text{вн }21}$	b	h	m
22	$\rho_{\text{вн }22}$	$\rho_{\text{вн }22}$	b	k	n
23	$\rho_{\text{вн }23}$	$\rho_{\text{вн }23}$	c	h	n
24	$\rho_{\text{вн }24}$	$\rho_{\text{вн }24}$	b	h	l
25	$\rho_{\text{вн }25}$	$\rho_{\text{вн }25}$	b	d	n
26	$\rho_{\text{вн }26}$	$\rho_{\text{вн }26}$	a	h	n
27	$\rho_{\text{вн }27}$	$\rho_{\text{вн }27}$	b	h	n

Если подставить возможные комбинации параметров, которые приведены в табл. 2 в уравнение (1), то получим 27 уравнений для расчета перемещения соломины при ее движении вниз.

Аналогичным образом для определения перемещения соломины вверх подставим возможные комбинации значений параметров в уравнение (2), и также получим 27 расчетных уравнений, для определения движения соломины вверх.

Задачей моделирования является установление комбинации значений параметров, при которой происходит максимальное перемещение соломины за один оборот эксцентрикового вала.

Один полный оборот включает в себя 2π радиан. За один оборот эксцентрикового вала решето перемещается вниз и возвращается обратно вверх. Следовательно, перемещение решета вниз соответствует обороту эксцентрикового вала на π радиан. Аналогичным образом его перемещение вверх также обусловлено оборотом эксцентрикового вала на π радиан. Поэтому при моделировании уравнения подставляем угол $(\omega t) = \pi$. Моделирование проводилось для трех значений частоты вращения эксцентрикового вала ω_1=45 c^{-1}, ω_2=50 c^{-1}, ω_3=55 c^{-1}. Следовательно, время поворота эксцентрикового вала на угол равный π, определится из соотношения $t = \pi/\omega$, и в нашем случае t_1 = 0,0698 с, t_2 = 0,0628 с и t_3 = 0,0571 с. Кроме того при составлении окончательных расчетных формул было учтено, что $\cos \pi = -1$.

Для получения расчетных зависимостей перемещения соломины вверх в расчетные уравнения подставляем угол $(\omega t) = \pi$ и также для трех частот вращения эксцентрикового вала ω_1=45 c^{-1}, ω_2=50 c^{-1}, ω_3=55 c^{-1}. Проводим расчеты, по расчетным соотношениям. При этом t_1 означает время поворота эксцентрикового вала на угол равный π при частоте вращения ω_1=45 c^{-1} для частот ω_2=50 c^{-1}, ω_3=55 c^{-1}, будет равно t_2 и t_3 соответственно.

Результаты расчетов сводятся в таблицы (для движения вниз и движения вверх), по данным которых строятся диаграммы перемещения соломины вниз и перемещения вверх – при различных значениях частот вращения эксцентрикового вала. На диаграммах указываются комбинации значений параметров и режимов работы решета и проводится ранжирование значений перемещения соломины, для движения вниз – от максимального значения к минимальному, а для движения вверх – от минимального к максимальному.

По формуле (3) определяется полное перемещение соломины за один оборот эксцентрикового вала и также расчетные данные сводятся в таблицу, по результатам которой строятся диаграммы полного перемещения соломины при различных частотах вращения эксцентрикового вала (ω_1=45 c^{-1}, ω_2=50 c^{-1} и ω_3=55 c^{-1}), а затем также проводится ранжирование значений полного перемещения соломины от максимального к минимальному. В результате построений получаются три диаграммы, в каждой из которых имеется максимальное значение перемещения.

Из каждой диаграммы выбираются максимальные значения перемещения соломины

для каждой из частот, которые получены при соответствующей комбинации значений параметров и режимов решета.

Визуально из диаграммы выбирается максимальное значение перемещения соломины и соответствующая комбинация значений режимов работы и параметров решета.

ВЫВОДЫ. Выявлено, что критерием оптимального функционирования экспериментального рабочего органа является максимальное перемещение соломины при движении его вниз и минимальное при движении вверх.

Установлено, что основой для моделирования процесса перемещения соломины по поверхности рабочего органа являются уравнения движения соломины вниз и вверх.

Теоретической базой разработки методики моделирования является комбинированный анализ значений параметров, влияющих на движение соломины по поверхности рабочего органа.

Предложенную методику можно использовать для проведения моделирования рабочего процесса, с целью выявления рациональных значений параметров, влияющих на качество сепарации очёсанного вороха зерновых культур.

Литература

1. **Леженкин А.Н., Кравчук В.И., Кушнарев А.С.** Технологии уборки зерновых культур методом очёса на корню: состояние и перспективы. – Дослидницкое, 2010. – 400 с.
2. **Шабанов П.А.** Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: Дисс. … докт. техн. наук; МИМСХ. – Мелитополь, 1988. – 336 с.
3. **Разработать и внедрить перспективную технологию уборки зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5…2,0 раза, снижение потерь зерна в 2…3 раза**: Отчет о НИР/МИМСХ; рук. В.Н. Цыбульников. – Тема 0270 Х; № ГР01860043979. – Мелитополь, 1986. – 79 с.
4. **Леженкин И.А.** Статистический анализ содержания свободного зерна в очёсанном ворохе озимой пшеницы/ Праці ТДАТУ – Мелітополь, 2013. – Вип. 13. Т.2. – С. 183–189.
5. **Леженкин И.А.** Математическая модель содержания соломы в очёсанном ворохе озимой пшеницы/ Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13. Т.3. – С. 57–62.
6. **А.Н. Леженкин, И.А. Леженкин, С.М. Коломиец, Н.А. Рубцов, О.П. Назарова** Теоретический анализ функционирования экспериментального рабочего органа для сепарации очёсанного вороха пшеницы/ Известия Международной академии аграрного образования, 2023. – Вып. 66. – С. 50–57.
7. **Кендол М.** Геометрические вероятности. Пер. с анг./ М. Кедол, П. Морок. – М.: Мир, 1972. – 273 с.
8. **Buffon G.** Essai d'anthmetique morale/ Suplement "I'histoire Naturelle", v. 1977.
9. **Турбин Б.Г., Лурье А.Б., Григорьев С.М., Иванович Э.М., Мельников С.В.** Сельскохозяйственные машины. – Л.: Машиностроение, 1967. – 563 с.
10. **Цывинский В.Л.** Теоретическая механика: Учебник – 5-е издание, перераб. и доп. – М.: Курс: ИНФРА – М., 2023. – 386 с.
11. **Белов М.И., Пылаев Б.В.** Теоретическая механика: учебное пособие – М.: РИОР: ИНФА–М, 2022. – 335 с. (Высшее образование). – DOI: https://doiorg/10/12737/17847.
12. **Топчев В.Д.** Комбинаторные конфигурации: блок-схемы, коды, графы – К.: Высшая математика, 1988. – 155 с.
13. **Летошнев М.Н.** Сельскохозяйственные машины. – М.-Л.: Сельхозиздат, 1955. – 735 с.
14. **Справочник конструктора сельскохозяйственных машин**. Т. 2. – М.: Машиностроение, 1967. – 830 с.
15. **Холл М.** Комбинаторика. – М. Мир, 1970. – 375 с.