

СОВРЕМЕННЫЕ МАШИНЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

MODERN MACHINERY IN POST-HARVEST GRAIN HANDLING TECHNOLOGIES

Ключевые слова: зерновая смесь, загрузочная горловина, показатель кинематического режима, гидравлический радиус, пропускная способность, объемный расход зерна, ворохочиститель, воздушный сепаратор.

Выпускаемые ранее зерноочистительные машины для типовых агрегатов имели ряд технологических и конструктивных недостатков, которые в основном обусловлены существенной диспропорцией между технологическими возможностями отдельных рабочих органов и транспортно-технологического оборудования. Вследствие этого несоответствия многие рабочие органы и транспортное оборудование поточной линии работали в условиях значительной недогрузки, что существенно снижает экономическую эффективность поточной обработки зерна. Следовательно, актуальной задачей является создание новых более эффективных рабочих органов, которые бы соответствовали по производительности определённой технологической операции. Многочисленные исследования показали перспективность центробежно-решётного сепарирования. На основе этого способа разработаны сепараторы, обеспечивающие работу на различных технологических операциях. Используя возможности нового способа сепарирования, предложена технология очистки продовольственного зерна. Конечно, не сразу может быть обеспечена модернизация технологических линий послеуборочной обработки зерна, это может быть выполнено за длительное время. Авторами предлагается поэтапный вариант развития технологий послеуборочной обработки зерна. Обоснована целесообразность применения центробежно-решётных и воздушных сепараторов на 2-м и 3-м этапах модернизации технологических линий. Для высоко-производительных центробежно-решётных сепараторов обоснованы параметры загрузочного устройства. Такие сепараторы должны иметь загрузочную горловину с пропускной способностью не менее 50 т/ч. Показана взаимосвязь диаметра загрузочной горловины с осевой скоростью зерна. Приведённая технологическая линия обладает завершённостью процесса очистки зерна, а применение новых пер-

спективных машин позволяет получить высокое качество очистки при однократном пропуске через поточную линию. Расчеты загрузочного устройства показали, что если не повысить его пропускную способность, то теряется всякий смысл повышения производительности цилиндрических решёт.

Keywords: grain mixture, loading neck, kinematic mode index, hydraulic radius, throughput, volumetric grain flow rate, heap cleaner, air separator.

Grain cleaning machines previously manufactured for standard units had a number of technological and design disadvantages which were mainly due to significant disparity between the technological capabilities of individual working bodies and transport and technological equipment. As a result, many working bodies and transport equipment of the production line operated with significant underloading which significantly reduced the economic efficiency of continuous grain processing. Therefore, it is an urgent task to develop new, more efficient working bodies that would match the performance of a particular technological operation. Numerous studies have shown the promise of centrifugal-sieve separation. Separators were developed based on this method to ensure operation in various technological processes. Using the possibilities of a new method of separation, a technology for cleaning bread grain is proposed. Understandably, the modernization of the technological lines of post-harvest grain handling cannot be achieved in a short time, and this can be done over a long period of time. Therefore, the authors propose a step-by-step development of technologies for post-harvest grain handling. The expediency of using centrifugal-sieve and air separators at the second and third stages of technological line modernization is substantiated. The parameters of the loading device were substantiated for high-performance centrifugal-sieve separators. Such separators should have a loading neck with a capacity of at least 50 t/h. The relationship of the diameter of the loading neck and the axial velocity of the grain is shown. The above technological line has a complete grain cleaning process, and the use of new promising machines allows for high-quality cleaning with a single pass through the

production line. The calculations of the loading device have shown that if its throughput is not increased, then

Стрикунов Николай Иванович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: strikunov555@mail.ru.

Леканов Сергей Валерьевич, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: serrg333@mail.ru.

Микитюк Максим Евгеньевич, к.т.н., ст. преподаватель, ФГБОУ ДПО «Алтайский институт повышения квалификации руководителей и специалистов агропромышленного комплекса», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: rb25neo@mail.ru.

any sense of increasing the capacity of cylindrical sieves is lost.

Strikunov Nikolay Ivanovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: strikunov555@mail.ru.

Lekanov Sergey Valerevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: serrg333@mail.ru.

Mikityuk Maksim Evgenievich, Cand. Tech. Sci., Asst. Prof., Altai Institute of Professional Development of Managers and Specialists of Agricultural Industry Complex, Barnaul, Russian Federation, e-mail: rb25neo@mail.ru.

Введение

В настоящее время практически прекращён выпуск отдельных машин, входящих в типовые агрегаты [1]. Появились новые зерноочистительные машины, в том числе такие, работа которых основана на принципиально новых способах сепарирования. Поэтапное внедрение этих машин позволит решить проблему модернизации этих агрегатов или строительства новых технологических линий послеуборочной обработки зерна [2, 3].

Условно наиболее перспективные направления модернизации можно разделить на три этапа: простая замена машин на технологических операциях, комбинирование серийно выпускаемых машин с разработанными центробежно-решетными сепараторами [4] и построение технологических линий по модульному принципу, где могут использоваться центробежно-решетные и воздушные сепараторы [5-7].

Целью работы является разработка технологии на основе воздушного центробежно-решётного сепарирования.

Требуется решить следующие задачи:

1) разработать технологию на основе центробежно-решётного и воздушного сепарирования на двух технологических операциях;

2) обосновать параметры загрузочного устройства центробежно-решётного сепаратора для двух режимов сепарирования.

Основная часть

В предлагаемой технологии наиболее предпочтительным вариантом следует считать работу поточной линии по полнопоточной схеме, когда задействованы все машины и транспортно-технологическое оборудование (рис. 1).

Возможны и другие варианты работы технологической линии:

1) при пиковых нагрузках в уборочный период возможна работа только зерноочистительной машины ЗМ-40Ф5;

2) совместная работа предварительной и первичной очистки.

При очистке семян необходимо ввести в технологическую схему дополнительное сортирование. В настоящий момент вопрос сортирования центробежно-решетными сепараторами нельзя реализовать с большой эффективностью в связи с неимением цилиндрических решёт с отверстиями, расположенными под углом к направлению движения сепарируемого материала по поверхности решета.

Такие исследования нами уже проведены. Они показали, что требуется решить ещё ряд задач научного и практического характера, поэтому в данной технологии на окончательной очистке применено воздушное сепарирование.

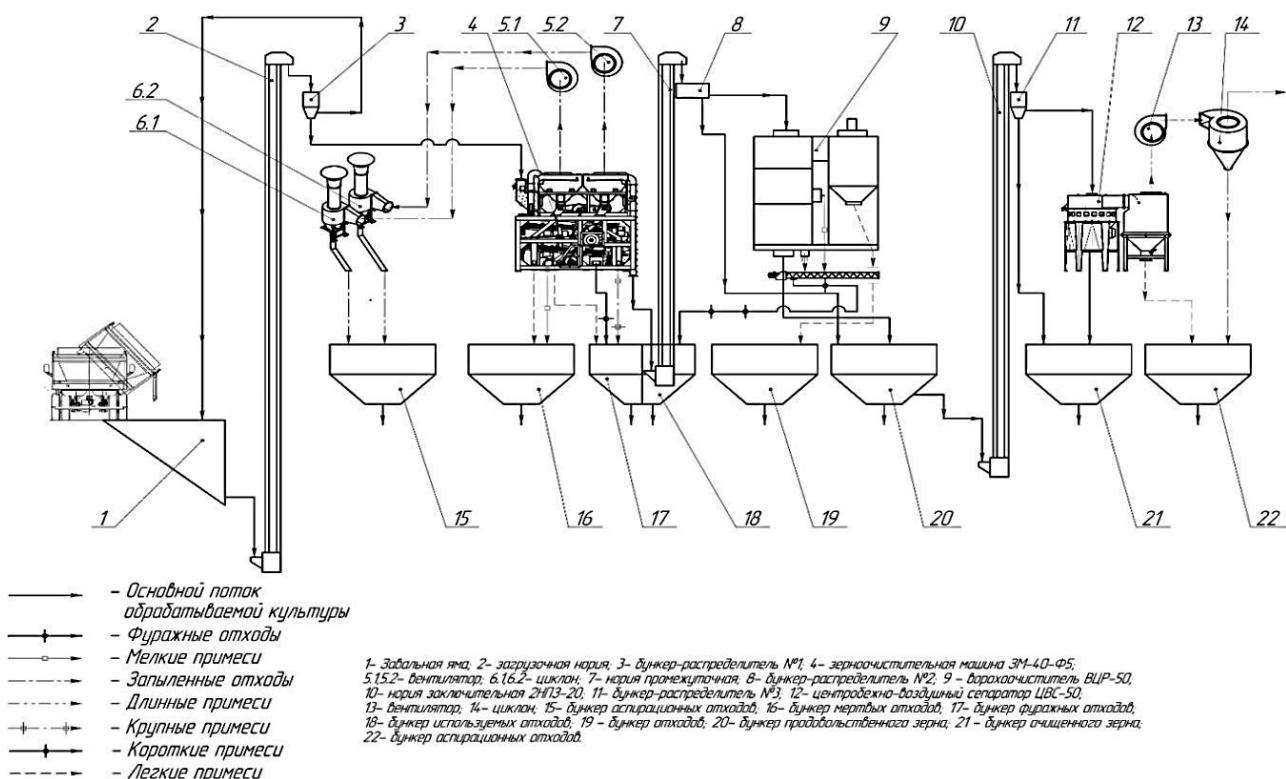


Рис. 1. Технологическая схема поточной линии

Для режима предварительной очистки производительность ворохочистителя должна составлять 50 т/ч, поэтому даже при максимальной унификации центробежно-решётных сепараторов, работающих в режимах предварительной и первичной очистки, расчёт загрузочного устройства необходимо провести для максимальной производительности $Q = 50$ т/ч. Пропускная способность загрузочной горловины должна составлять:

$$Q = 3600 F \cup \gamma \cdot k, \quad (1)$$

где F – площадь отверстия, м^2 ;

U – скорость истечения зерна через отверстие, м/с;

γ – объёмный вес зерна, т/м³;

k – коэффициент, учитывающий вращение горловины с тремя лучами.

Представим расчётную схему устройства (рис. 2). Так как загрузочная горловина имеет встроенные лучи n_l (шт.), то фактически площадь её будет меньше на величину \mathcal{L}_n :

$$F = \frac{\pi D_{\Gamma}^2}{4} \cdot L_{\Pi}, \quad (2)$$

где D_{Γ} – диаметр горловины:

\mathcal{L}_Π – коэффициент, учитывающий перекрытие горловины лучами, $\mathcal{L}_\Pi < 1$.

$$\mathcal{L}_\Pi = \left[1 - \frac{d_o^2}{D_\Gamma^2} - \frac{2n_\text{J}}{D_\Gamma} \left(1 - \frac{d_o}{D_\Gamma} \right) \right],$$

где d_o – диаметр втулки;

n – количество лучей, $n = 3$ шт.

Радиус R_1 определяется конструктивными размерами, с учётом диаметра вала пластиначатого барабана. Размер t определяет толщину лучей, размещённых под углом 120° , принимаем $t=10$ мм.

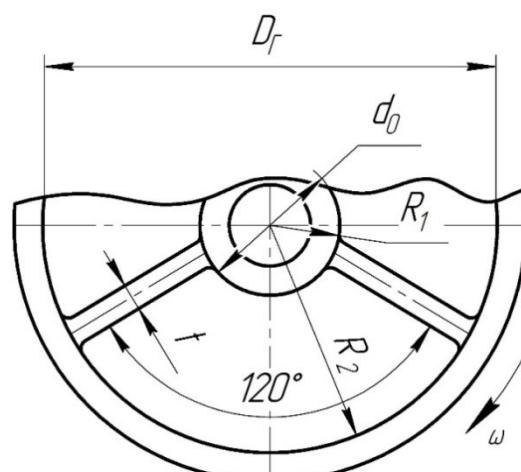


Рис. 2. Схема к определению параметров загрузочной горловины

Определим осевую скорость зерна в горловине:

$$U = \sqrt{\frac{gR_g}{\psi}}, \quad (3)$$

$$\text{где } R_g - \text{гидравлический радиус, } R_g = \frac{F}{p}; \quad (4)$$

F – площадь проходного отверстия;

P – «смачиваемый» периметр.

$$F = \pi(R_2^2 - R_1^2) - 3(R_2 - R_1) \cdot t; \quad (5)$$

$$P = 2\pi(R_2 + R_1) + 6(R_2 - R_1). \quad (6)$$

Выражения (5) и (6) подставим в формулу (4), получим

$$R_g = \frac{\pi(R_2^2 - R_1^2) - 3(R_2 - R_1) \cdot t}{2\pi(R_2 + R_1) + 6(R_2 - R_1)}. \quad (7)$$

Согласно формуле (3) получаем $U = 0,31 \text{ м/с}$. Потребный радиус горловины R_{rop} в зависимости от осевой скорости зерна при коэффициенте использования площади сечения горловины $\psi = 0,7$ может быть определён графически, $D_g = f(U)$.

Зная объёмный расход зерна $q_v = F \cdot U$, приняв скорость $U = 0,5 \text{ м/с}$, получим:

$$R_{rop} = \sqrt{\frac{q_v}{\pi \cdot U \cdot \psi}}, \text{ м}, \quad (8)$$

где q_v – объёмный расход зерна, $\text{м}^3/\text{ч}$;

ψ – коэффициент заполнения сечения, для круглого сечения принимают $\psi = 0,7$.

Расчётные значения параметров представлены в таблице.

Таблица

Расчетные значения диаметра горловины в зависимости от осевой скорости зерна

$D_g, \text{ м}$	0,44	0,31	0,26	0,22	0,197	0,180	0,167	0,156	0,147	0,127
$U, \text{ м/с}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

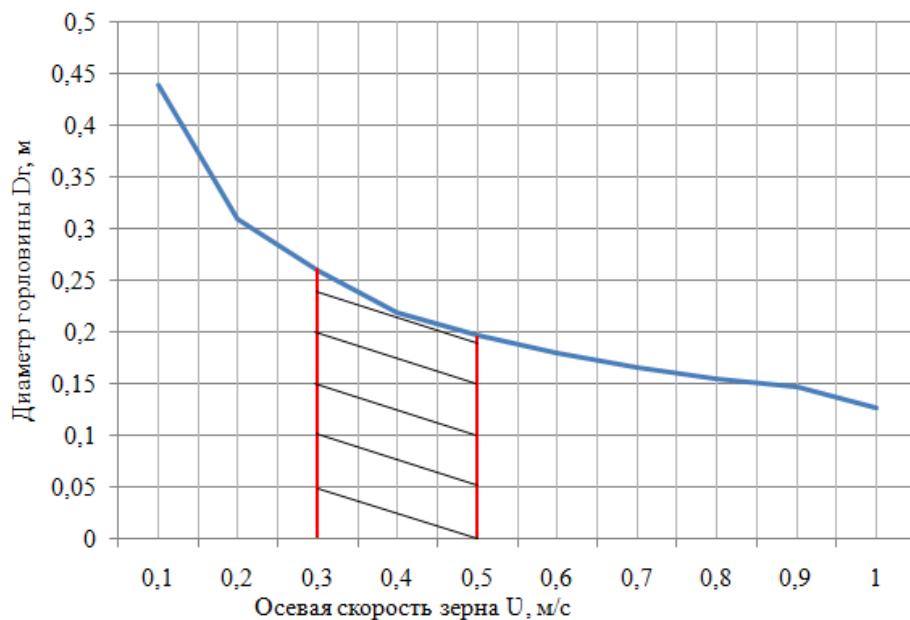


Рис. 3. График зависимости диаметра горловины от осевой скорости зерна

В современных высокопроизводительных зерноочистительных машинах приёмные устройства имеют диаметр 200-250 мм при скоростях истечения зерна $U = 0,3-0,5 \text{ м/с}$.

Такие значения диаметра отверстий загрузочных устройств, согласно формуле (1), обеспечивают необходимую пропускную способность.

Заключение

Предложена технологическая схема очистки зерна на основе центробежно-решётного сепарирования. Решена задача поэтапного внедрения новых перспективных зерноочистительных машин в существующие типовые агрегаты, в том числе и центробежно-решётных машин, а также

разработан один из перспективных вариантов технологии.

Компоновочные решения по размещению оборудования в данной технологии являются инженерной задачей.

Обоснованы параметры загрузочного устройства центробежно-решётного сепаратора при работе в режиме ворохочистителя производительностью 50 т/ч. Установлена взаимосвязь диаметра загрузочной горловины с осевой скоростью движения зерна для обеспечения максимальной пропускной способности, диаметр горловины должен быть в пределах 200-250 мм.

Библиографический список

1. Кулагин, М. С. Механизация послеуборочной обработки и хранения зерна и семян / М. С. Кулагин, В. И. Соловьев. – Москва: Колос, 1997. – 125 с. – Текст: непосредственный.

2. Трубилин, Е. И. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян: учебное пособие для студентов сельскохозяйственных вузов / Е. И. Трубилин, Н. Ф. Федоренко, А. И. Тлишев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2009. – С. 82-84.

3. Охрана труда на зерно-семяочистительных сушильных комплексах [Текст]: методическое пособие / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, Н. В. Абашев, А. С. Руденок. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Барнаул: Изд-во Алт. ИПК АПК, 2022. – 63 с. – Текст: непосредственный.

4. Патент № 2753865 Российской Федерации С1 МПК B07B 1/26 (2021.05), B07B 9/00 (2021.05). Центробежно-решётный сепаратор / Стрикунов Н. И., Леканов С. В., Щербаков С. С., Микитюк М. Е.; заявитель и патентообладатель Барнаул, АлтГАУ. – № 2020144068; заявл. 29.12.2020; опубл.: 24.08.2021, Бюл. № 24. – Текст: непосредственный.

5. Технология очистки зерна на основе центробежно-решётного сепарирования / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. С. Щербаков, М. Е. Микитюк. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-215-9-93-97. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 9 (215). – С. 93-97.

6. Стрикунов, Н. И. Интенсификация послеуборочной обработки зерна на основе центробежно-решётного сепарирования / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов. – Текст: непосредственный // Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве и растениеводстве: юбилейная Международная научно-практическая конференция, Барнаул, 18 апреля 2003 года. – Барнаул, 2003. – Ч. 1. – С. 148-150.

7. Гришин, Д. О. Применение центробежно-воздушного сепаратора в послеуборочной обработке зерна и семян / Д. О. Гришин, С. В. Леканов. – Текст: непосредственный // Наука и молодежь: материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 18-22 апреля 2022 года / Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2022. – Т. 1. – С. 14-16.

References

1. Kulagin, M.S. Mekhanizatsiya posleuborochnoy obrabotki i khraneniya zerna i semyan / M.S. Kulagin, V.I. Solovev. – Moskva: Kolos, 1997. – 125 s.

2. Trubilin, E.I. Mekhanizatsiya posleuborochnoy obrabotki zerna i semyan: uchebnoe posobie dlya studentov selskokhozyaystvennykh vuzov / E.I. Trubilin, N.F. Fedorenko, A.I. Tlishev. – Krasnodar: Kubanskiy GAU, 2009. – S. 82-84.

3. Lekanov, S.V. Okhrana truda na zerno-semyaochistitelnykh sushilnykh kompleksakh: metodicheskoe posobie / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov, N.V. Abashev, A.S. Rudenok. – Izd. 2-ye, pererab. i dop. - Barnaul: Izd-vo Alt. IPK APK, 2022. – 63 s.

4. Patent No. 2753865 Rossiyskaya Federatsiya S1 MPK V07V 1/26 (2021.05), B07B 9/00 (2021.05)/ Tsentronezhno-reshetnyy separator / Strikunov N.I., Lekanov S.V., Shcherbakov S.S., Mikityuk M.E.; zayavitel i patentoobladatel Barnaul, AITGAU. – No. 2020144068; zayavl. 29.12.2020; opubl.: 24.08.2021, Byul. No. 24.

5. Strikunov, N.I. Tekhnologiya ochistki zerna na osnove tsentrobezhno-reshetnogo separirovaniya / N.I. Strikunov, S.V. Lekanov, S.S. Shcherbakov, M.E. Mikityuk // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 9 (215). – S. 93-97.
6. Strikunov, N.I. Intensifikatsiya posleuborochnoy obrabotki zerna na osnove tsentrobezhno-reshetnogo separirovaniya / N.I. Strikunov, B.T. Tarasov, S.V. Lekanov // Sovremennye problemy i dostizheniya agrarnoy nauki v zhivotnovodstve i rastenievodstve. – Barnaul, 2003. – Ch. 1. – S. 148-150.
7. Grishin, D.O. Primenenie tsentrobezhno-vozdushnogo separatora v posleuborochnoy obrabotke zerna i semyan / D.O. Grishin, S.V. Lekanov, // Nauka i molodezh. T. 1. Inzheenerno-tehnicheskie nauki, ch. 1: Materialy XIX Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii / Altayskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet im. I.I. Polzunova. – Barnaul: AltGTU, 2022. – S. 14-16.



УДК 631.334

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-255-1-88-97

Л.Т. Конурбекова, Р.А. Касымбеков,

С.Ж. Акматова

L.T. Konurbekova, R.A. Kasymbekov,

S.Zh. Akmatova

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА РАЗРАБОТКУ КОНСТРУКЦИИ ГРЯДООБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ПОСАДКИ КЛУБНИКИ

TECHNOLOGICAL REQUIREMENTS FOR THE DEVELOPMENT OF A BED FORMING MACHINE FOR STRAWBERRY PLANTING

Ключевые слова: технология, технические средства, грядообразователь, клубника, капельное орошение, механизация посадки, полиэтиленовая плёнка.

Представлены результаты комплексного исследования по разработке и обоснованию технологических требований к конструкции грядообразователя, предназначенного для механизированной посадки клубники в условиях фермерских хозяйств Кыргызской Республики. Актуальность работы определяется необходимостью адаптации агротехнических процессов к современным вызовам, связанным с изменением климата, ограниченностью водных ресурсов и дефицитом рабочей силы, что существенно влияет на устойчивость, энергоэффективность и рентабельность ягодоводства. Проведён детальный анализ современных технологий возделывания клубники, включая метод plasticulture, применение систем капельного орошения, использование полиэтиленовых мульчирующих плёнок и механизацию посадочных операций. Отмечено, что интеграция перечисленных приёмов способствует улучшению микроклимата в зоне корневой системы, повышению урожайности и товарного качества ягод, а также снижению производственных затрат. Полевые исследования прово-

дились на посадках клубники сорта Клери в Сокулукском районе Чуйской области Кыргызской Республики. В ходе исследований определены геометрические параметры гряд, особенности размещения капельных лент и способы укладки мульчирующей плёнки. На основе анализа полученных данных сформулированы технологические требования к конструкции грядообразователя: формирование гряды высотой 200 мм и шириной основания 700 мм, автоматическая или полуавтоматическая укладка 1 или 2 капельных лент, наличие механизма натяжения и закапывания краёв плёнки, совместимость с тракторами тягового класса до 1,4 кН и модульная структура конструкции. Полученные результаты могут служить основой для проектирования комбинированных сельскохозяйственных машин, выполняющих формирование гряд, укладку капельных систем и мульчирующих плёнок в едином технологическом процессе, что позволит повысить энергоэффективность, производительность труда и экономическую результативность выращивания клубники в условиях Кыргызской Республики.

Keywords: technology, technical equipment, bed-former, strawberry, drip irrigation, planting mechanization, polyethylene film.