

Исследование технологического процесса подбора валка уборочно-транспортным агрегатом

¹***АБУЛХАИРОВ Дармен Каратаевич**, д.т.н., профессор, adk511@bk.ru,

²**САГЫНГАНОВА Индира Кенесовна**, PhD, старший преподаватель, sagynganova_ik@enu.kz,

¹**УСЕРБАЕВ Муратбек Турарбекович**, к.т.н., зав. кафедрой, usermur@mail.ru,

¹**МЕНДАЛИЕВА Сауле Ильинична**, к.т.н., старший преподаватель, saule-decanuf@mail.ru,

¹НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет

имени С. Сейфуллина», пр. Женис, 62, Астана, Казахстан,

²НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Статья посвящена вопросам проектирования уборочно-транспортного агрегата (УТА), являющегося основной составляющей частью комплекса машин для заготовки рассыпного сена. УТА рассматривается как одноконтурная система, функционирующая в результате совместной работы подборщика и погрузчика со сборочной камерой. Анализ математических моделей процессов подбора, погрузки и сбора массы позволяет разработать конструктивные элементы рабочих органов УТА. Для проверки работоспособности технологической схемы рассмотрены процессы подбора валка двумя видами подборщиков: барабанным в сочетании с цепочно-планчатый транспортером и полотняным с пружинными пальцами, проведен анализ математической модели данного процесса. По результатам анализа установлено, что цепочно-планчатый транспортер удовлетворительно работает в сочетании с барабанным подборщиком и при условии выполнения соотношения, когда угол его наклона γ меньше угла трения φ сеносоломистой массы. Исследованием процесса подбора валка полотняным подборщиком получена взаимосвязь агротехнически допустимой скорости движения УТА с шагом расстановки пружинных пальцев. Установлено, что условие неразрывности валка при шаге расстановки пальцев, равном 0,145 м, обеспечивается на скорости до 8,2 км/ч.

Ключевые слова: уборочно-транспортный агрегат, процесс подбора валка, погрузчик, барабанный подборщик, цепочно-планчатый транспортер, скорость перемещения, угол наклона, угол трения, полотняный подборщик, пружинные пальцы, шаг расстановки, полно транспортера, допустимая скорость, траектория движения.

Введение. На основании анализа применяемых технологий и используемых в них технических средств видно, что процесс уборки сеносоломистого материала предусматривает следующие взаимоувязанные операции [1, 2]:

- кошение и укладка травы в валки;
- сушка травы в валках;
- подбор сена;
- погрузка в сборочную емкость;
- формирование копен (стогов) в емкости;
- транспортировка к местам хранения.

Первая операция: кошение и укладка в валки выполняется, как правило, самосто-

ятельно. Последующие – с определенным отрывом во времени. При этом они осуществляются порознь или путем совмещения не более двух операций в одну. Например: подбор валка сеносоломистого материала и погрузка в емкость.

Из литературы, а также из практики следует, что совмещение операций является выгодным с точки зрения сокращения и сроков заготовки корма. Попытки сокращения сроков уборки путем совмещения трех и более операций в одну пока не дало должного эффекта. Например, известная конструкция подборщика-стогообразователя СПТ-60 оказалась недостаточно работоспособной, т.к.

применяемый способ ударного воздействия на массу при ее подаче в емкость приводил к чрезмерному измельчению и потерям сена. Несогласованность скорости подачи массы с подборщика и числа оборотов ротора швырялки часто забивала воздухопровод.

Обоснование схемы уборочно-транспортного агрегата (УТА). Нами рассматривается технология механизированной заготовки сеносоломистого материала, основанная на совмещении операций, начиная с подбора валка до выгрузки сформированного стога. При этом особое внимание обращается на увязку и четкость выполнения отдельных операций, обусловленных правильным выбором величины параметров рабочих органов исполнительных механизмов [3, 4, 5].

Общая схема УТА, совмещающего операции заготовки сеносоломистого материала, приведена на рисунке 1. Агрегат, состоящий из подборщика 1, погрузчика 2, сборочной емкости 3 во время работы движется по валку с переносной скоростью v_e . Провяленный в валках сеносоломистый материал подбирается и со скоростью v_n подается в приемную камеру погрузчика. На входе погрузчика создается перемещение материала со скоростью v_2 , а на выходе она имеет скорость v_1 .

Основным условием взаимосвязи подборщика и погрузчика является:

$$\left. \begin{aligned} v_n &> v_e, \\ v_2 &> v_n, \\ v_1 &< v_2. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Сеносоломистый материал выбрасывается в сборочную емкость со скоростью v_1 .

Если скорость v_1 на выходе из погрузчика незначительна, то очевидно выбрасываемый

материал будет скапливаться в передней части сборочной емкости, перегружая эту зону. Это не способствует равномерности размещения растительной массы в емкости.

Исходя из этого, необходимым условием работоспособности агрегата является создание и поддерживание на выходе из погрузчика скорости воздушного потока v_{ce} , способной обеспечивать дальность выбрасывания материала, которая бы соответствовала длине сборочной емкости ($v_1 > v_c$).

Таким образом, в процессе уборки сеносоломистой массы с поверхности поля предусматривается последовательное участие в одном агрегате трех основных машин – подборщика, погрузчика и сборочной емкости. От их параметров и взаимодействия зависят устойчивость протекания технологического процесса, производительность и затраты мощности на подбор, погрузку и формирование стога сена.

На уборке сеносоломистого материала из валков могут найти применение два вида устройств:

- а) барабанный подборщик в сочетании с цепочно-планчатый транспортером;
- б) полотняный подборщик с закрепленными множеством пружинных пальцев.

Для проверки работоспособности технологической схемы УТА (рисунок 1) последовательно исследуем процессы подбора валка указанными видами подборщиков при помощи их математической модели, что позволит обосновать некоторые конструктивно-технологические параметры рабочего органа. Сравнение двух вариантов моделей позволит определить оптимальное подбирающее устройство для УТА.

Методика исследования процесса подбора валка барабанным подборщиком. Барабанный подборщик прочесывает

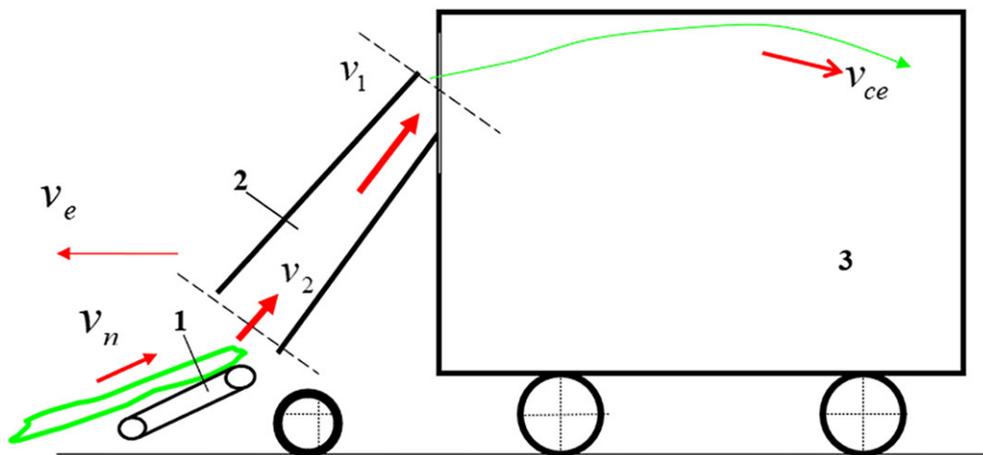


Рисунок 1 – Общая схема уборочно-транспортного агрегата (УТА)

стерню, подбирает стебли и выбрасывает их на цепочно-планчатый транспортер. Последний движется по поверхности неподвижного настила.

Рассмотрим поведение элементарной частицы сеносоломистого материала (далее – частица) на поверхности настила (рисунок 2).

Раскладываем силу тяжести mg на составляющие $mg \cdot \sin \gamma$ по направлению движения цепочно-планчатого транспортера и перпендикуляр к нему $mg \cdot \cos \gamma$. Последняя сила стремится прижать массу к поверхности настила. Вследствие этого между массой и поверхностью настила появляется сила F трения, являющаяся удерживающей силой [6]:

$$F = mg \cdot \cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2)$$

где φ – угол трения массы по поверхности настила.

Здесь относительный покой частицы на поверхности настила возможен при:

$$mg \cdot \sin \gamma < mg \cdot \cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (3)$$

Разделим обе части неравенства на mg и, преобразовав соотношение, получим:

$$\frac{\sin \gamma}{\cos \gamma} < \operatorname{tg} \varphi \text{ или } \operatorname{tg} \gamma < \operatorname{tg} \varphi. \quad (4)$$

Отсюда $\gamma < \varphi$.

При обычной работе цепочно-планчатого транспортера угол наклона γ , как правило, меньше угла трения φ сеносоломистой массы.

Перемещение частицы материала по настилу возникает при касании с ней очередной планки на цепи.

Если соотношение углов γ и φ будет $\gamma > \varphi$, то после падения на настил частица материала имеет возможность скольжения по настилу вниз. Данный процесс прекращается при встрече частицы с движущейся вверх планкой цепочного транспортера. Надо отметить, что это приводит к явлению сгруживания материала перед планкой.

Методика исследования процесса подбора валка полотняным подборщиком. Полотняный подборщик 1 подбирает сеносоломистую массу из валка, перемещает ее (рисунок 3) назад и вверх и выбрасывает со скоростью v_n в сторону приемной камеры погрузчика 2.

Технологический процесс подбора валка осуществляется пружинными пальцами, закрепленными жестко на прорезиненном полотне транспортера.

Для определения зависимостей между конструктивными и кинематическими параметрами, удовлетворяющими технологический процесс подбора валка, рассмотрим ра-

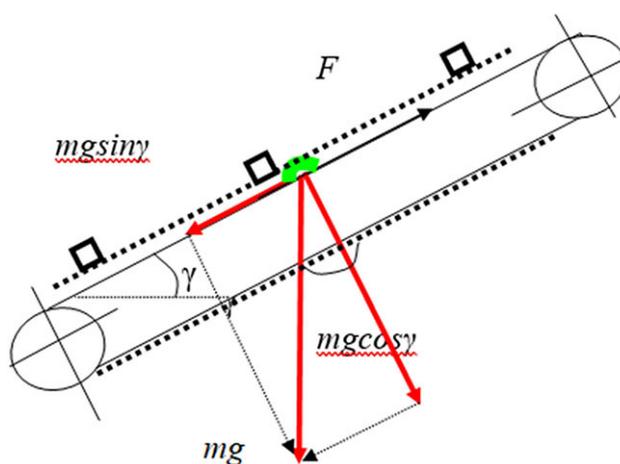


Рисунок 2 – Схема сил воздействия на элементарную частицу на цепочно-планчатом транспортере

боту подборщика с пружинными пальцами.

Введем обозначения (рисунок 3): $OA_0 = r$ – расстояние от центра вращения вала до точки крепления пальца на полотне, α – угол отклонения r от исходного положения, x_z – расстояние между соседними пальцами, h – просвет между почвой и валком, $d = 2r$ – диаметр ведущего или ведомого вала транспортера, $\omega = 2\pi n$ – угловая скорость вращения ведущего (ведомого) валов, n – частота вращения валов.

Валок поднимается и транспортируется при прохождении пальца IV и I квадрантов. Для удобства рассмотрим движение точки крепления пальца (точки A) вначале в системе $X'OY'$ и затем перейдем в систему XOY . При исследовании в первую очередь следует ознакомиться с траекторией полного движения места крепления отдельного пальца (точка A) в продольно-вертикальной проекции.

Запишем уравнение движения точки A в системе $X'OY'$:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_e \cdot t \cos \gamma \pm w \cdot r \sin \alpha \cdot t, \\ y &= w \cdot r t \cdot \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Знак плюс соответствует прохождению точки A в VI квадранте, а минус – в I квадранте. В VI квадранте перемещение по оси абсцисс происходит от 0 до x_{\max} , за время $t = 0 \dots t/4$. При этом угол поворота OA изменится на $\alpha = \omega t = 0 \dots 90^\circ$ и $t = \alpha/\omega$.

Если исключить время t , уравнение (5) примет вид:

$$\left. \begin{aligned} x &= v_e \cdot \frac{\alpha}{w} \cdot \cos \gamma \pm r \cdot \alpha \cdot \sin \alpha, \\ y &= r \cdot \alpha \cdot \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

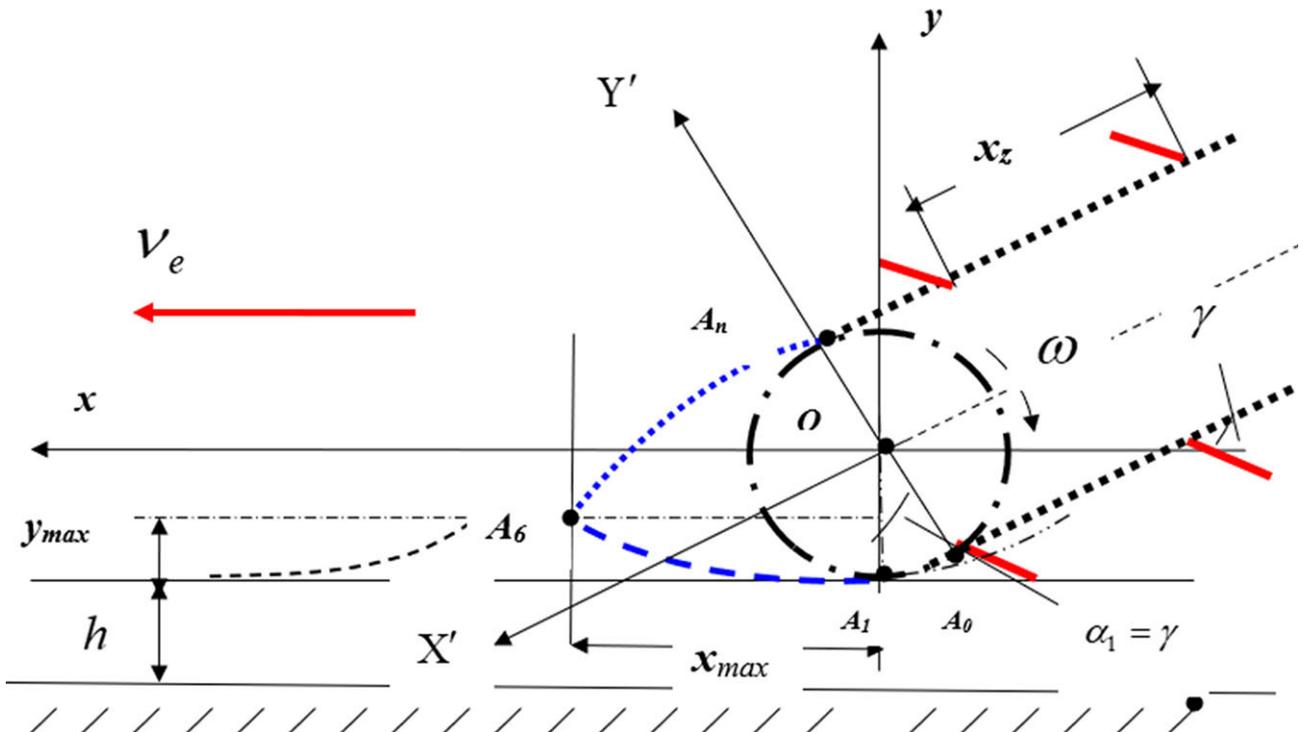


Рисунок 3 – Схема движения пружинных пальцев полотняного подборщика

Переходя в систему **XOY** и сокращая α , получим:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{v_c}{w} \cdot \pm r \cdot \sin \alpha \cdot \cos \gamma, \\ y &= r \cdot \cos \alpha \cdot \sin \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Сведем систему уравнений к одному уравнению. Для этого выразим значение $\cos \alpha$:

$$\cos \alpha = \frac{y}{r \cdot \sin \gamma}. \quad (8)$$

Первое уравнение системы (7) примет вид:

$$x = \frac{v_c}{w} \pm r \cdot \cos \gamma \cdot \sqrt{1 - \frac{y^2}{r^2 \cdot \sin^2 \gamma}}. \quad (9)$$

По полученным уравнениям (7) определяем координаты точки А.

Таким образом, траектория движения точки А (от A_0 до A_6) и от A_6 до A_n на рисунке 3 описывается уравнением (7). Отметим, что здесь имеется в виду траектория места закрепления пальцев на полотне.

Для обеспечения условия подбора валка без разрыва необходимо чтобы до момента выхода пальца из валка (т. A_6) последующий за ним палец входил в валок. В этом случае шаг между соседними пальцами должен определяться из соотношения $x_z < x_{max}$.

Если неравенство $x_z < x_{max}$ превратится в

равенство, то $x_z = 2x_{max}$.

При этом если принять $\gamma = 30^\circ$; $\alpha = \alpha_{max} = \frac{\pi}{2}$; $w = const = \frac{\pi \cdot n}{30} = 40$ рад/с $n = 385$ мин; $r = 0,102$ м; $x_z = 0,145$ м.

При указанных исходных данных определим предельно допустимую скорость движения уборочного агрегата, исключающую потери стеблей из подбираемого валка. Из первой формулы уравнения (5):

$$v_c = x_{max} \cdot w - w \cdot r \cdot \cos \gamma \cdot \sin \alpha. \quad (10)$$

$$\begin{aligned} v_b &= 0,145 \cdot 40 - 40 \cdot 0,102 \cdot 0,866 \cdot 1 = \\ &= 2,26 \text{ м/с} = 8,16 \text{ км/ч.} \end{aligned}$$

Заключение. По результатам анализа процесса работы подбора валка УТА следует отметить, что цепочно-планчатый транспортер удовлетворительно работает в сочетании с барабанным подборщиком и при условии выполнения соотношения (4), когда угол наклона γ как конструктивный параметр подборщика должен быть меньше угла трения φ сеносоломистой массы.

Исследованием процесса подбора валка полотняным подборщиком получена взаимосвязь агротехнически допустимой скорости движения УТА с шагом расстановки пружинных пальцев. Установлено, что условие неразрывности валка при шаге расстановки пальцев, равном 0,145 м, обеспечивается на скорости до 8,2 км/ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астафьев В.Л., Гайфуллин Г.З., Абулхаиров Д.К., Дерепаскин А.И. и др. Комплексная механизация возделывания трав, заготовки и хранения грубых кормов в Северном Казахстане: Рекомендации / РГП «ЦелинНИИМЭСХ». – Костанай, 2005. 48 с.
2. Абулхаиров Д.К. Технологическая схема уборочно-транспортного агрегата // Вестник Атырауского института нефти и газа. Научный журнал. 2007. № 11.
3. Абулхаиров Д.К. Уборочно-транспортный агрегат как одноконтурная система // Материалы международной научно-практической конференции «Пищевая и легкая промышленность стратегии вхождения Республики Казахстан в число 50 наиболее конкурентоспособных стран мира». – 2 часть, 17-18 октября 2007 г. – Алматы. АТУ, 2007. С. 156-159.
4. Абулхаиров Д.К., Сагынганова И.К., Усербаев М.Т. Обоснование технологической схемы и параметров механизма уплотнения сена в сборочной камере // «Университет еңбектері – Труды университета» Карагандинского технического университета. 2022. № 1.
5. Абулхаиров Д., Сагынганова И., Усербаев М. Обоснование величины давления воздушного потока для транспортирования растительного материала // «Университет еңбектері – Труды университета» Карагандинского технического университета. 2023. № 1.

Жинау-тасымалдау агрегатымен орақты іріктеудің технологиялық процесін зерттеу

- ¹***АБІЛҚАЙЫРОВ Дәрмен Каратайұлы**, т.ғ.д., профессор, adk511@bk.ru,
²**САҒЫНҒАНОВА Индира Кенесқызы**, PhD, аға оқытушы, sagynганова_ik@enu.kz,
¹**ӨСЕРБАЕВ Мұратбек Тұрарбекұлы**, т.ғ.к., кафедра меңгерушісі, usermur@mail.ru,
¹**МЕНДАЛИЕВА Сәуле Ильинична**, т.ғ.к., аға оқытушы, saule-decanuf@mail.ru,
¹«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Жеңіс даңғылы, 62, Астана, Қазақстан,
²«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан,
*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақала шөпті жинауға арналған машиналар кешенінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылатын жинау-көлік агрегатын (ЖКА) жобалау мәселелеріне арналған. ЖКА монтаждау камерасымен таңдаушы мен тиегіштің бірлескен жұмысы нәтижесінде жұмыс істейтін бір тізбекті жүйе ретінде қарастырылады. Массаны таңдау, тиеу және жинау процестерінің математикалық модельдерін талдау ЖКА жұмыс органдарының құрылымдық элементтерін жасауға мүмкіндік береді. Технологиялық схеманың жұмыс қабілеттілігін тексеру үшін роликті таңдаушылардың екі түрімен таңдау процестері қарастырылады: барабан тізбекті-тақтайша тасымалдаушымен және серіппелі саусақтары бар зығырмен үйлеседі, осы процестің математикалық моделіне талдау жасалады. Талдау нәтижелері бойынша тізбекті-тақтайша тасымалдаушы барабан жинағышпен үйлесімде және оның көлбеу бұрышы пішен-солом массасының үйкеліс бұрышынан аз болған кезде арақатынас орындалған жағдайда қанағаттанарлық жұмыс істейтіні анықталды. Зығыр жинағышпен орамды таңдау процесін зерттеу үйрек қозғалысының агротехникалық рұқсат етілген жылдамдығының серіппелі саусақтардың орналасу қадамымен байланысын алды. Саусақтарды орналастыру қадамы 0,145 м-ге тең болған кезде орамның үзілмеу шарты 8,2 км/сағ дейінгі жылдамдықпен қамтамасыз етілетіні анықталды.

Кілт сөздер: жинау-тасымалдау агрегаты, орамды іріктеу процесі, тиегіш, барабан жинағыш, шынжырлы-тақтайша тасымалдаушы, қозғалыс жылдамдығы, еңкейту бұрышы, үйкеліс бұрышы, зығыр жинағыш, серіппелі саусақтар, орналастыру қадамы, тасымалдаушы кенеп, рұқсат етілген жылдамдық, қозғалыс траекториясы.

Investigation of the Technological Process of Selecting A Roll by A Harvesting and Transport Unit

¹***ABULKHAIROV Darmen**, Dr. of Tech. Sci., Professor, adk511@bk.ru,
²**SAGYNGANOVA Indira**, PhD, Senior Lecturer, sagynganova_ik@enu.kz,
¹**USSERBAYEV Muratbek**, Cand. of Tech. Sci., Head of Department, usermur@mail.ru,
¹**MENDALIYEVA Saule**, Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, saule-decanuf@mail.ru,
¹NCJSC «S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Zhenis Avenue, 62, Astana, Kazakhstan,
²NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Satpayev Street, 2, Astana, Kazakhstan,
 *corresponding author.

Abstract. The article is devoted to the design of the harvesting and transport unit (HTU), which is the main component of the complex of machines for harvesting loose hay. HTU is considered as a single-circuit system functioning as a result of the joint work of the picker and loader with the assembly chamber. The analysis of mathematical models of the processes of selection, loading and mass collection makes it possible to develop structural elements of the working bodies of the HTU. To check the operability of the technological scheme, the processes of selecting a roll by two types of pickers are considered: drum in combination with a chain-slat conveyor and canvas with spring fingers, an analysis of the mathematical model of this process is carried out. According to the results of the analysis, it was found that the chain-slat conveyor works satisfactorily in combination with a drum picker and provided that the ratio is fulfilled when its angle of inclination is less than the friction angle of the hay-straw mass. By studying the process of selecting a roll with a linen picker, the relationship between the agrotechnically permissible speed of the HTU movement with the step of the spring fingers arrangement was obtained. It is established that the condition of continuity of the roll with a finger placement step equal to 0.145 m is provided at a speed of up to 8.2 km/h.

Keywords: harvesting and transport unit, roll selection process, loader, drum picker, chain-slat conveyor, movement speed, tilt angle, friction angle, canvas picker, spring fingers, placement step, conveyor web, permissible speed, trajectory of movement.

REFERENCES

1. Astaf'ev V.L., Gajfullin G.Z., Abulhairov D.K., Derepaskin A.I. i dr. Kompleksnaya mekhanizaciya vzdelyvaniya trav, zagotovki i hraneniya grubyh kormov v Severnom Kazahstane: Rekomendacii / RGP «CelinNIIMESKH». – Kostanaj, 2005. 48 p.
2. Abulhairov D.K. Tekhnologicheskaya skhema uborochno-transportnogo agregata // Vestnik Atyrauskogo instituta nefti i gaza. Nauchnyj zhurnal. 2007. No. 11.
3. Abulhairov D.K. Uborochno-transportnyj agregat kak odnokonturnaya sistema // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Pishchevaya i legkaya promyshlennost' strategii vhozhdeniya Respubliki Kazahstan v chislo 50 naibolee konkurentosposobnyh stran mira». – 2 chast', 17-18 oktyabrya 2007 g. – Almaty. ATU, 2007. Pp. 156-159.
4. Abulhairov D.K., Sagynganova I.K., Userbaev M.T. Obosnovanie tekhnologicheskoy skhemy i parametrov mekhanizma uplotneniya sena v sborochnoj kamere // «Universitet eńbekteri – Trudy universiteta» Karagandinskogo tekhnicheskogo universiteta. 2022. No. 1.
5. Abulhairov D., Sagynganova I., Userbaev M. Obosnovanie velichiny davleniya vozdušnogo potoka dlya transportirovaniya rastitel'nogo materiala // «Universitet eńbekteri – Trudy universiteta» Karagandinskogo tekhnicheskogo universiteta. 2023. No. 1.