

На правах рукописи



СОКОЛОВ ВИТАЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОГРУЗЧИКА
С ГРУЗОЗАХВАТНЫМ УСТРОЙСТВОМ
ДЛЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ТЮКОВ
ГРУБЫХ **КОРМОВ**

Специальность 05.20.01 - Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Саратов 2005

Работа выполнена в федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет им Н И Вавилова»

Научный руководитель:

кандидат технических наук,
доцент

Глухарев Владимир Алексеевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор
кандидат технических наук,
доцент

Емелин Борис Николаевич

Волосевич Петр Николаевич

Ведущая организация:

ГНУ НИИСХ Юго-Востока (г Саратов)

Защита состоится 26 мая 2005 года в 12 часов на заседании диссертационного совета Д220 061 03 при ФГОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет им Н И Вавилова»
по адресу 410056, г Саратов, ул Советская, д 60, ауд 325

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «26» апреля 2005 г

Ученый секретарь
диссертационного совета

Н П Волосевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы Важнейшей задачей сельского хозяйства является полное удовлетворение потребностей населения страны в высококачественных продуктах питания и обеспечение сырьем различных отраслей перерабатывающей промышленности

Для решения данных задач необходимо развивать основные отрасли сельского хозяйства растениеводство и животноводство с применением эффективных ресурсосберегающих технологий, достижений науки и передовой практики

Развитие животноводства неразрывно связано с созданием прочной кормовой базы и, в частности, с увеличением производства высококачественных грубых кормов и повышением их сохранности

Наиболее полно соответствует этим требованиям технологии заготовки грубых кормов (сено, солома) прессованием в крупногабаритные рулонные и прямоугольные тюки Данные технологии позволяют механизировать все технологические операции, снизить потери материала при осуществлении транспортно-производственного процесса, упростить процесс контроля и повысить сохранность заготавливаемого корма

Однако широкое распространение технологии заготовки грубых кормов в крупногабаритных тюках сдерживается низкой производительностью и малой эффективностью погрузочных средств При этом происходят значительные затраты энергетических ресурсов на погрузку и транспортировку, что приводит к высокой себестоимости работ и снижает эффективность транспортно-производственного процесса заготовки грубых кормов в крупногабаритных тюках Увеличивается время вывозки тюков с поля, повышается вероятность их попадания под дождь и ухудшается качество заготавливаемого корма Поле не освобождается от тюков в требуемые сроки, задерживается проведение последующих агротехнических мероприятий Нерешенность задачи эффективной погрузки тюков не позволяет заготавливать грубые корма

в требуемые агротехнические сроки с наименьшими потерями качества заготавливаемого материала

Повышение эффективности работы погрузчиков крупногабаритных тюков грубых кормов, путем совершенствования и обоснования процессов погрузки, конструктивно-технологических схем и оптимизации параметров грузозахватных устройств является актуальной задачей, решение которой имеет важное народнохозяйственное значение

Цель работы. Повышение эффективности работы погрузчика крупногабаритных прямоугольных тюков грубых кормов за счет совершенствования технологического процесса погрузки, разработки и обоснования параметров грузозахватного устройства

Объект исследования. Технологический процесс захвата и погрузки крупногабаритных прямоугольных тюков грубых кормов фронтальным погрузчиком, оснащенным вилочно-когтевым грузозахватным устройством

Предмет исследования Технологические схемы движения погрузчика и параметры грузозахватного устройства для крупногабаритных прямоугольных тюков

Методика исследований. Методика исследований включала разработку теоретических положений работы вилочно-когтевого грузозахватного устройства, их экспериментальное подтверждение в лабораторно-полевых и производственных условиях и экономическую оценку полученных результатов Теоретические исследования проводились на основе известных законов и методов классической механики, сопротивления материалов и математического анализа в сочетании с математическим планированием экспериментов и получением уравнений регрессии Экспериментальные исследования и производственные испытания выполнены с использованием тензометрирования и хронометража с последующей обработкой результатов с применением математической статистики при помощи ЭВМ

Научная новизна. Получены аналитические выражения для определения производительности погрузки при различных схемах движения погру-

зочного агрегата, выражения для определения усилия внедрения дугообразного когтя и надежного удержания тюков для различной плотности материала. Предложена новая конструктивно-технологическая схема вилочно-когтевого грузозахватного устройства к фронтальному погрузчику (Решение о выдаче патента на изобретение от 25 012005 к заявке №2003138165/12(041192)) Получены экспериментальные зависимости усилия внедрения и надежного удержания тюка от конструктивных параметров вилочно-когтевого устройства и физико-механических свойств материала тюков

Научные положения выносимые на защиту.

- Конструктивно-технологическая схема вилочно-когтевого грузозахватного устройства для крупногабаритных прямоугольных тюков
- Результаты теоретических исследований технологического процесса и полученные аналитические выражения по определению усилия внедрения и коэффициента удержания тюка в зависимости от конструктивных параметров вилочно-когтевого устройства и физико-механических свойств материала тюков
- Результаты лабораторно-полевых исследований и полученные экспериментальные зависимости для обоснования конструктивных параметров вилочно-когтевого грузозахватного устройства
- Результаты производственных испытаний и технико-экономической оценки использования фронтального погрузчика с вилочно-когтевым устройством на погрузке крупногабаритных прямоугольных тюков грубых кормов

Практическая ценность. Разработана и обоснована конструктивно-технологическая схема вилочно-когтевого грузозахватного устройства к фронтальному погрузчику для крупногабаритных прямоугольных тюков (Решение о выдаче патента на изобретение от 25 012005 к заявке №2003138165/12(041192)) Устройство позволяет повысить производительность погрузчика и снизить энергетические затраты при погрузке тюков в сравнении с существующими аналогами

Реализация результатов исследований. Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы научно-исследовательскими институтами, конструкторскими бюро и машиностроительными заводами при разработке грузозахватных устройств для погрузки крупногабаритных тюков. Производственный образец вилочно-когтевого устройства испытан и внедрен в ООО «Фермер - 2» Камышинского района Волгоградской области.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и одобрены на Международной научно-практической конференции СГСХА г. Самара 2004 г., на научно-технических конференциях СГАУ им. Н.И. Вавилова 2002-2005 г. а также на расширенном заседании кафедры «Детали машин и ПТМ» в 2005 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ общим объемом 1,76 п.л., из них лично автору принадлежат 0,99 п.л., в том числе 4 работы в центральной печати.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 196 страницах машинописного текста, содержит 17 таблиц, 72 рисунка, 7 приложений, список использованных источников из 94 наименований, из них 10 на иностранном языке.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы и сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса. Цель и задачи исследований», приводится краткая характеристика технологий заготовки прессованных грубых кормов и обосновывается технологическая линия заготовки кормов в крупногабаритных прямоугольных тюках. Рассмотрены конструкции и принципы действия грузозахватных устройств для погрузки крупногабаритных прямоугольных тюков грубых кормов и выявлены их недостатки. Установлено, что создание высокоэффективных грузозахватных устройств для крупно-

габаритных тюков грубых кормов к фронтальным погрузчикам, отвечающих в полной мере требованиям к погрузке тюков и оптимизация их параметров являются перспективным направлением в оснащении сельского хозяйства средствами механизации

Повышением эффективности процесса заготовки крупногабаритных рулонных и прямоугольных тюков занимались Особов В И, Джамбуршин А Ш, Дубинин В Ф и др. Исследованиями взаимодействия рабочих органов с грубыми кормами занимались Веракса П Г, Кормаков А В, Кирпиченков Л И, Глухарев В А, Никитин В А и др. Исследованиям физико-механических свойств прессованных грубых кормов посвящены работы Особова В И, Васильева Г К, Григорьева А А, Володина В В, Ивановой О В

Анализ известных работ показал, что зависимость производительности погрузочного процесса от конструкции грузозахватного устройства изучена недостаточно, что наиболее перспективными для погрузки тюков грубых кормов являются грузозахватные устройства проникающего типа, и что вопрос определения усилия внедрения рабочих органов и условия надежного удержания тюков грубых кормов требует дополнительных исследований

Исходя из результатов анализа, и в соответствии с поставленной целью работы определены задачи исследований

- На основе анализа литературных и патентных источников разработать и обосновать конструктивно-технологическую схему грузозахватного устройства, обеспечивающую высокую производительность погрузки с сохранением целостности крупногабаритных прямоугольных тюков
- Изучить физико-механические свойства материала и технологические параметры крупногабаритных прямоугольных тюков грубых кормов
- Исследовать рабочий процесс и получить теоретические зависимости для определения технических и энергетических показателей процесса захвата и погрузки

- Экспериментальными исследованиями проверить достоверность теоретических разработок и обосновать оптимальные конструктивные и технологические параметры грузозахватного устройства.
- Провести производственные испытания разработанного грузозахватного устройства с фронтальным погрузчиком и определить его технико-экономическую эффективность.

Во второй главе «Теоретическое исследование работы вилочно-когтевого грузозахватного устройства» получены аналитические выражения для определения производительности при различных схемах движения погрузчика и определены пути ее повышения. Разработана и обоснована конструктивно-технологическая схема вилочно-когтевого грузозахватного устройства. Получены аналитические выражения для определения усилия внедрения дугообразного когтя в материал тюка и коэффициента удержания тюка вилочно-когтевым устройством от конструктивных параметров устройства и физико-механических свойств материала тюков.

Для определения времени погрузочного цикла при подъезде к тюку с дополнительным маневром (рис. 1а) и при подъезде с повторным маневром (рис. 1б) вводятся следующие коэффициенты:

k_1 - коэффициент, учитывающий увеличение траектории движения погрузчика для ориентации грузозахватного устройства относительно тюка при дополнительном и при повторном маневре:

$$k_1 = \frac{1,57R_{II} + L_{i,j} + s_T \cos \gamma_T}{1,57R_{II} + s_T}; \quad k_s = \frac{1,57R_{II} + 2L_{i,OP} + s_T}{1,57R_{II} + s_T}; \quad (1)$$

k_v - коэффициент, учитывающий снижение скорости погрузчика при ориентации грузозахватного устройства, при дополнительном и при повторном маневре:

$$k_1 = \frac{1,57R_{II} + L_{OP} + s_T \cos \gamma_T}{v(1,57R_{II} / v_{RP} + L_{OP} / v_{OP} + S_T / v \cos \gamma_T)}; \quad k_v = \frac{1,57R_{II} + 2L_{OP} + S_T}{v(1,57R_{II} / v_{RP} + 2L_{OP} / v_{OP} + S_T / v)}; \quad (2)$$

k_{II} - коэффициент сложности подъезда, при котором будет необходим дополнительный или повторный маневр:

$$k_{II} = 1 - \frac{S_T}{S_1} = \frac{R_{II}}{S_1}, \quad (3)$$

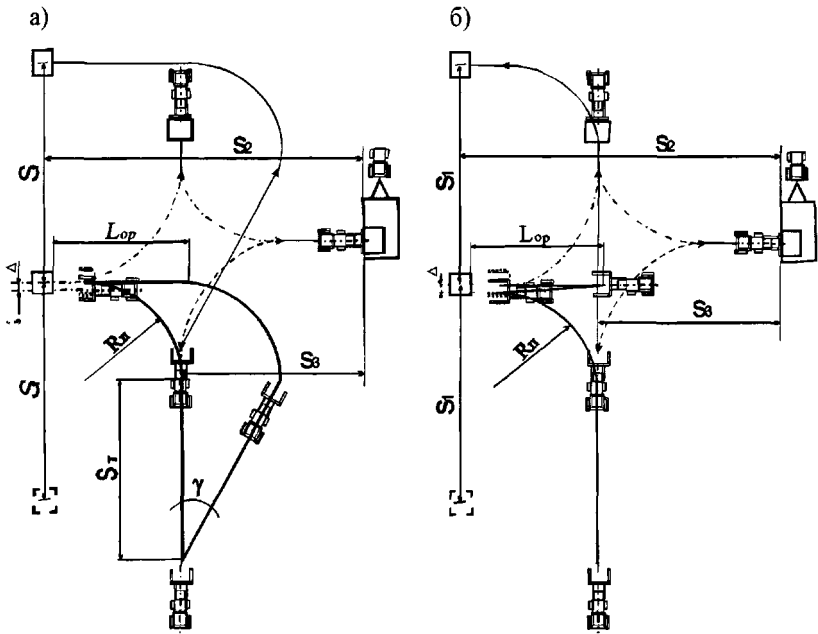


Рис 1. Схема движения агрегата при уборке тюков: а) подъезд с дополнительным маневром; б) подъезд с повторным маневром

где $S_1 = S_i + R_{II}$ - расстояние между тюками; S_T - прямолинейный участок траектории подъезда, м; R_{II} - радиус поворота трактора, м; γ_T - угол отклонения траектории подъезда при дополнительном маневре; L_{op} - расстояние необходимое для ориентации устройства, м; v_{RT} - скорость погрузчика при выполнении поворота, м/с; v_{op} - скорость погрузчика при ориентации грузозахватного устройства относительно тюка, м/с; t_o - время остановки и переключения скорости трактора

В результате выражение для определения производительности погрузчика при уборке тюков с поля примет вид:

$$Q = \frac{360V_T}{\frac{S_1(1+k_{S1}k_{H1})}{vk_{f1}} + \frac{S_2(1+k_{S2}k_{H2})}{vk_{f2}} + \frac{S_3}{vk_{f3}} + \sum_{i=1}^n t_0 + t_2 + t_3 + t_5}, \quad (4)$$

где k_{S1} , k_{H1} , k_{f1} , - технологические коэффициенты при S_1 , S_2 , S_3 , время t_2 , t_3 , t_5 зависит от кинематики движения соответствующих механизмов, хода и скорости движения штоков рабочих гидроцилиндров и определяется по известным методикам, $\sum_{i=1}^n t_0$ - суммарное время на остановку и переключение передач, с

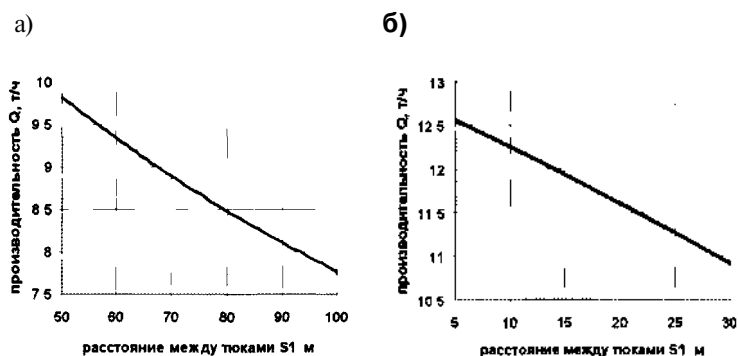


Рис 2 Зависимость производительности погрузки Q от расстояния между тюками S_1 а) при движении погрузчика по следу пресс-подборщика б) при движении погрузчика поперек следа пресс-подборщика

Анализ зависимости (4) показывает, что большой резерв в повышении производительности есть у схемы движения погрузчика поперек следа пресс-подборщика (рис 2б), когда тюки располагаются на расстоянии 5 – 30 м, при этом конструкция грузозахватного устройства должна компенсировать неточный подъезд погрузчика, это уменьшит число маневров, сократит траектории движения и увеличит скорости движения погрузчика при подъезде к тюку. Изменение схемы движения в конечном итоге приведет к возрастанию производительности при погрузке тюков на поле на 30 – 60%. Разработанное вилочно-когтевое грузозахватное устройство позволяет погрузчику при подъезде с угловым смещением, за счет "напорного" действия выравнивать

тук брусом и вертикальными стойками прижимной ориентирующей рамы, обеспечивая точную ориентацию устройства в горизонтальной плоскости. Ориентация устройства в вертикальной плоскости производится переводом стрелы погрузчика в "плавающее" положение, при этом прижимная ориентирующая рама ложится на тук, прижимает его и определяет высоту внедрения дугообразных когтей.

Вилочно-когтевое грузозахватное устройство (рис. 3) содержит брус 1 с кронштейнами 2 для крепления к погрузчику, захват 3 с дугообразными когтями 4, гидроцилиндр 5 и прижимную ориентирующую раму 6, на вертикальных стойках которой имеются регулировочные отверстия 7. Прижимная ориентирующая рама 6 способна перемещаться в кронштейнах-направляющих 8 и фиксироваться в необходимом положении при помощи пальцев 9. Перед началом погрузочных работ грузозахватное устройство необходимо отрегулировать под данный размера тюка, что осуществляется

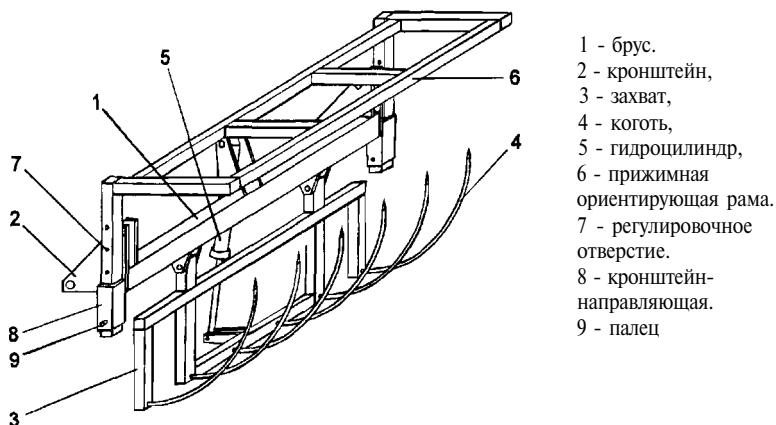


Рис 3 Схема вилочно-когтевого грузозахватного устройства

перемещением прижимной ориентирующей рамы в кронштейнах-направляющих и ее фиксации в положении, при котором внедрение дугообразных когтей в тук обеспечивается на расстоянии 0,1.. 0,2 м от поверхности поля. Это обеспечивает надежный захват тюка и не допускает контакта когтей устройства с обвязочным материалом и поверхностью поля.

Основной задачей при проектировании грузозахватных устройств является определение оптимальных конструктивных параметров, которые обеспечили бы при минимальных энергетических затратах надежный захват тюка в процессе погрузки и транспортировки

Для решения поставленной задачи материал тюка рассматривался как упругое полупространство, имеющее условное цилиндрическое отверстие диаметром $d_0 - 2r_0$ (рис 4а) В это отверстие под действием силы F_{BH} внедряется цилиндрический заостренный коготь (рис 4б) с радиусом стержня r_k , углом заострения γ , радиусом кривизны R_k и углом сектора внедрения $\varphi = \alpha + \beta$, где α - сектор внедрения цилиндрической части когтя, β - сектор внедрения конической части

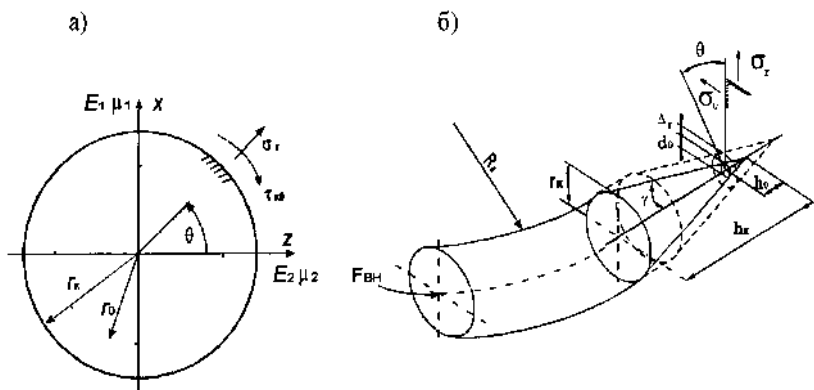


Рис 4 Схема напряжений на поверхности контакта и геометрических параметров дугообразного когтя а) напряжения на поверхности контакта б) напряжение дугообразного когтя

Полное усилие внедрения определим как сумму усилий внедрения конической и цилиндрической частей по выражению

$$F_{BH} = \int_{\alpha}^{\alpha+\beta} \int_0^{2\pi} R_k r_k \operatorname{tg} \gamma \tau_k \partial \varphi \partial \theta + \int_0^{\alpha} \int_0^{2\pi} R_k r_k \tau_k \partial \varphi \partial \theta, \quad (5)$$

где τ_k - касательное напряжение на поверхности когтя, Pa

Касательное напряжение возникает от трения и упругого сопротивления материала при внедрении когтя

$$\tau_K = |\sigma_r| \left\{ f_{CT} \cos \gamma + \sin \gamma \right\}, \quad (6)$$

где f_{CT} - коэффициент трения материала по стали; $|\sigma_r|$ - модуль радиального напряжения на краю отверстия, Па.

Относительная деформация первоначального отверстия определяется выражением:

$$\varepsilon = \frac{(r_K - r_0)}{H_T / 2}, \quad (7)$$

где r_0 - средний радиус пустот в материале тюка.

Уравнения, связывающие составляющие деформации и напряжения:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_Z &= a_{11}\sigma_Z + a_{12}\sigma_X + a_{16}\tau_{ZX} \\ \varepsilon_X &= a_{12}\sigma_Z + a_{22}\sigma_X + a_{26}\tau_{ZX} \\ \varepsilon_{ZX} &= a_{16}\sigma_Z + a_{26}\sigma_X + a_{66}\tau_{ZX} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Коэффициенты a_y выражаются через главные упругие постоянные на основании общих формул преобразования следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} a_{11} &= \frac{E_\mu}{E_1}; \quad a_{22} = \frac{1}{E_1} \left[E_\mu + (E_{12}^2 - 1) \cos 2\vartheta \right] \\ a_{12} &= \frac{1}{E_1} \left[-\mu_1 + 0,25(1 + E_{12}^2 - E_{21}) \sin^2 2\vartheta \right] \\ a_{66} &= \frac{1}{E_1} \left[\frac{E_1}{G} + (1 + E_{12}^2 - E_{21}) \sin^2 2\vartheta \right] \\ a_{16} &= \frac{1}{2E_1} \left[1 - E_{12}^2 + (1 + E_{12}^2 - E_{21}) \cos 2\vartheta \right] \sin 2\vartheta \\ a_{26} &= \frac{1}{2E_1} \left[1 - E_{12}^2 - (1 + E_{12}^2 - E_{21}) \cos 2\vartheta \right] \sin 2\vartheta \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где E_μ , E_{12} , E_{21} - уравнения связи упругих постоянных обобщенного плоского напряженного состояния анизотропной пластинки в координатах xz :

$$E_{12} = \sqrt{E_1/E_2}; \quad E_{21} = \sqrt{2 \left(\frac{E_1}{E_2} - \mu_1 \right) + \frac{E_1}{G}}; \quad E_\mu = \left(\frac{E_{12}}{G} + \frac{1 + \mu_1}{E_2} \left(2E_{21} + E_{12} - 1 + \frac{E_1}{\mu_2} \right) \right)^{-1}, \quad (10)$$

где $G = \frac{E_1}{2(1 + \mu_1)}$ - модуль сдвига, Па.

Решение задачи для напряжения у края отверстия, действующего на площадке, нормального к этому краю имеет вид

$$\sigma_r = \epsilon E_\mu [E_{12} - \mu_1 + E_{21} (\sin^2 \theta + E_{12} \cos^2 \theta)] \quad (11)$$

Решая совместно (5), (6) и (11), определим усилие внедрения

$$F_{BH} = 2\pi R_k r_k (f_{CT} \cos \gamma + \sin \gamma) [(\beta t g \gamma + \alpha) \sigma_r] \quad (12)$$

Установим взаимосвязь параметров E_1, μ_1, E_2, μ_2 с параметрами $E_X, \mu_X, \Gamma_\lambda, \mu_\lambda$, которые возможно определить экспериментально для тюка по направлению оси x и оси z . Учитывая, что упругие характеристики E_1 и μ_1 при внедрении когтя на различный угол φ незначительно отличаются E_λ и E_X, μ_X и μ_λ , можно принять, что $E_1 = E_X, \mu_1 = \mu_X$. В направлении оси z $E_2 = E_Z, \mu_2 = \mu_Z$

Надежное удержание тюка определяется коэффициентом

$$K_\lambda = \frac{F_\lambda \cdot n}{F_{CT}}, \quad (13)$$

где F_λ - максимальный вес тюка который способен удерживать один коготь, H, F_{CT} - фактический вес тюка, H, n - число когтей

На поверхность когтя (рис 5а) внедренного в материал действует сила F_Π , возникающая от веса тюка и момента создаваемого этим весом

$$F_\Pi = F_{CT} (\cos(\alpha/2) + B_T / 2R_k \cos(\alpha/2) t g(\alpha/2)) \quad (14)$$

Напряжение возникающее при перемещении материала u_Π определяется зависимостью

$$\sigma = \frac{u_\Pi E_\theta}{k_l l} \leq [\sigma] = \frac{[u_\Pi] E_1^{min}}{k_l l}, \quad (15)$$

где k_l - масштабный параметр, характеризующий размер контактного пятна когтя с материалом, l - характерный линейный размер слоя материала воспринимающего нагрузку, E_θ - модуль упругости в направлении перемещений

Запишем выражение для определения силы F_Π через напряжение, умножив его на ширину зоны контактного пятна l_k и длину когтя $R_k \alpha$

$$F_{II} = k_{\sigma} \alpha R_k l_k \sigma, \quad (16)$$

где $k_{\sigma} = \frac{R_k}{\sqrt{R_k(2H_T - R_k)}}$ — коэффициент концентрации напряжений в зоне контакта.

Ширина пятна контакта для материала имеющего слоистую структуру определяется выражением:

$$l_k = \pi \cdot r_k - 2\psi \cdot r_k = (\pi - 2\psi) r_k = (5\pi + 4\alpha) r_k / 6. \quad (17)$$

Подставляя k_{σ} в выражение (17) и разрешив относительно u_{II} получим

$$u_{II} = \frac{F_{II} k_{II} l}{\alpha R_k l_k \sigma}. \quad (18)$$

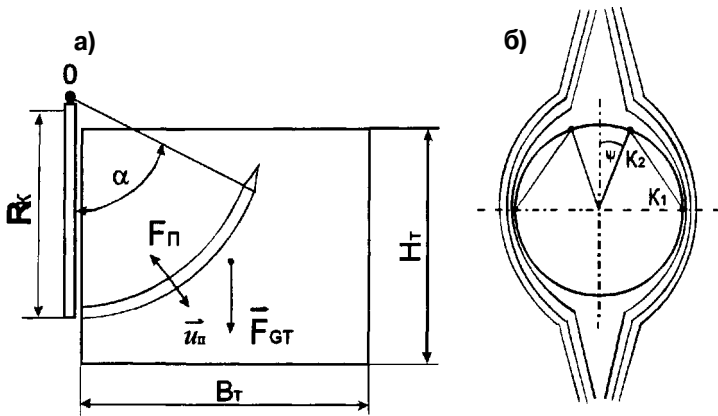


Рис 5 Схема удержания троса дугообразным когтем и расслоения материала при внедрении дугообразного когтя. а) схема удержания троса. б) расслоение материала

Учитывая, что в отличие от внедрения когтя, при удержании отверстие в которое внедрен коготь растягивается только в направлении оси u , т.е. упругих характеристик E_I и μ_I , то напряжение σ определится как:

$$\sigma = \varepsilon E_{\mu} \left[-E_{12} \cos^2 \theta + \left(1 + \sqrt{2E_{12} + \frac{E_1}{G} - 2\mu_1} \right) \sin^2 \theta \right], \quad (19)$$

$$\text{где } \varepsilon = \frac{u_{II}}{k_{II} l}; E_{\mu} = \left(\frac{E_{12}}{G} - \frac{1 + \mu_1 \mu_2}{E_2} \left(1 - E_{12} + \frac{E_1}{\mu_2} \right) \right)^{-1}.$$

Из формулы (15) имеем

$$E_8 = E_{\mu} \left[-E_{12} \cos \theta + \left(1 + \sqrt{2E_{12} + \frac{E_1}{G} - 2\mu_1} \right) \sin \theta \right] \quad (20)$$

Для нахождения F_{γ} максимального веса тюка который способен удерживать один коготь грузозахватного устройства, предположим, что $F_{\gamma} = F_{GT}$ Разрешив относительно F_{γ} выражения (14) и (18) получим

$$F_{\gamma} = \frac{[\sigma] \alpha R_k l_k E_8}{E_1^{\min} (\cos(\alpha/2) + B_T - 2R_k \cos(\alpha/2) g(\alpha/2))} \frac{R_k}{\sqrt{R_k (2H_T - R_k)}} \quad (21)$$

Для определения параметров вилично-когтевого грузозахватного устройства, при которых обеспечивается надежный захват тюка и минимальные затраты энергии, были произведены расчеты по полученным формулам в программе анализа данных MathCAD 2000 Professional и построены графики

В качестве исходных данных были приняты следующие параметры вилично-когтевого устройства и материала тюка радиус стержня дугообразного когтя $r_k = 0,01$ м, угол заострения дугообразного когтя $\gamma = 9^\circ$, радиус кривизны дугообразного когтя $R_k = 0,4 \quad 0,6$ м, сектор внедрения дугообразного когтя $\varphi = 45^\circ \quad 75^\circ$, плотность материала тюков $\rho = 120 \quad 220$ кг м³, коэффициент трения материала тюка о материал когтя $f_{CT} = 0,24 \quad 0,32$, диаметр условного цилиндрического отверстия $d_0 = 0,0012$ м Коэффициент надежного удержания тюка вилично-когтевым устройством $[K_H] = 2,0$ Предположительное количество когтей $n = 6$ шт, тогда коэффициент надежного удержания одного когтя $[K_{HI}] = 0,333$

Анализ полученных при расчете данных и построенных графиков (рис 6-7) показывает, что условию надежного удержания тюка удовлетворяют когти радиусом кривизны $R_k = 0,5$ м, сектором внедрения φ от 60° и радиусом кривизны $R_k = 0,6$ м, сектором внедрения φ от 47° (рис 6б)

Усилие внедрения F_{BH} и коэффициент удержания K_{γ} изменяются с увеличением плотности материала тюка ρ , радиуса кривизны когтя R_k и сектора внедрения когтя φ При плотности материала $\rho = 210$ кг м³, радиусе когтя $R_k = 0,5$ м и секторе внедрения $\varphi = 60^\circ$ усилие внедрения $F_{BH} = 319$ Я, коэффициент удержания $K_{\gamma} = 0,333$, а при радиусе когтя $R_k = 0,6$ м и секторе внедре-

ния $\varphi=47^0$ усилие внедрения $F_{BH}=291$ Я, коэффициент удержания $K_{\lambda}=0,333$ (рис 6)

Увеличение плотности материала на 40 кг м^3 приводит к росту усилия внедрения на 38% и снижению коэффициента удержания на 5% (рис 7)

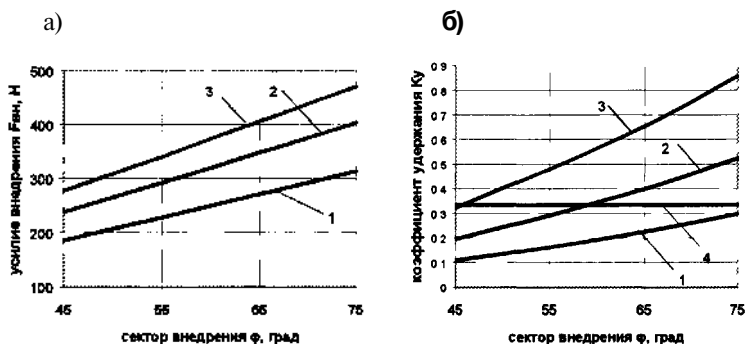


Рис 6 Зависимость критериев оптимизации от сектора внедрения дугобразного когтя φ а) усилия внедрения F_{BH} б) коэффициента удержания K_{λ} 1 – $R_k = 0,4$ м 2 – $R_k = 0,5$ м 3 – $R_k = 0,6$ м 4 – $[K_{III}] = 0,333$ – коэффициент надежного удержания

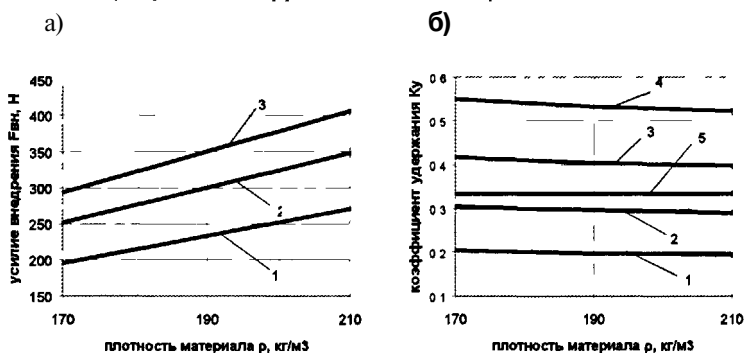


Рис 7 Зависимость критериев оптимизации от плотности материала тюка ρ а) усилия внедрения F_{BH} 1 – $R_k = 0,4$ м 2 – $R_k = 0,5$ м 3 – $R_k = 0,6$ м б) коэффициента удержания K_{λ} , 1 – $\varphi = 45^0$ 2 – $\varphi = 55^0$ 3 – $\varphi = 65^0$ 4 – $\varphi = 75^0$ 5 – $[K_{III}] = 0,333$ – коэффициент надежного удержания

В третьей главе «Методика экспериментальных исследований» приводится обоснование факторов, влияющих на основные критерии оптимизации, методика исследований, описание лабораторной установки, план организации и порядок проведения опытов и производственных испытаний

Программа лабораторно-полевых исследований была реализована на лабораторной установке (рис. 8), позволяющей проводить исследования на крупногабаритных прямоугольных тюках натуральной величины.

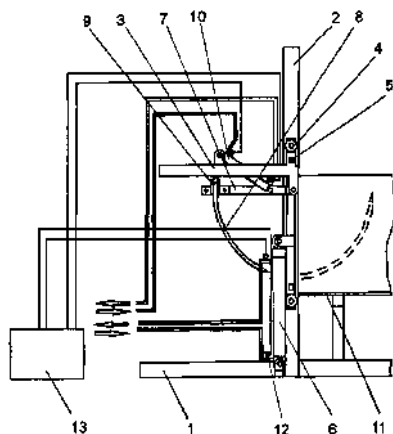


Рис. 8. Схема лабораторной установки

- 1-основание; 2-вертикальная рама; 3- Г-образная перемещающаяся рама; 4-направляющие ролики; 5- упорные ролики;
- 6. 10-гидроцилиндры; 7- рычаг;
- 8- коготь; 9- обойма; 11- стол

Порядок выполнения опытов устанавливался с помощью схемы рандомизированных блоков с доверительной вероятностью 0,9 и среднеквадратической ошибкой $\pm 3\sigma$, при повторности измерений равное 3. Рандомизация опытов проводилась независимо для каждого блока по таблице случайных чисел.

Для представления работы вилочно-когтевого грузозахватного устройства с тюками из различного материала и плотности, были заготовлены тюки из сена Суданской травы плотностью 170, 190, 210 $кг м^3$ и просяной соломой плотностью 120, 140, 160 $кг м^3$. В процессе исследований определялись основные технологические свойства тюков: масса, геометрические размеры, расположение на поле и физико-механические свойства материала тюков: влажность, плотность, коэффициент бокового расширения, модуль деформации, напряжение разрыва.

Для исследования влияния геометрических параметров когтя на процесс внедрения и удержания тюков согласно принятым факторам было изго-

товлено три сменных дугообразных когтя: радиусом 0,4; 0,5; 0,6 м, максимального угла сектора внедрения с нанесенными метками соответствующими 45°; 55°; 65°; 75°.

Производственные испытания проводились с целью определения работоспособности и технико-экономических показателей работы фронтального погрузчика с опытным образцом вилочно-когтевого грузозахватного устройства. В соответствии с поставленной целью была разработана программа испытаний, включающая в себя: определение пооперационного времени погрузочного цикла; производственные испытания опытного образца грузозахватного устройства на погрузочных работах и штабелировании крупногабаритных прямоугольных тюков грубых кормов; проверка работоспособности грузозахватного устройства при погрузке сдвоенных тюков.

Производственные испытания проходили в ООО "Фермер - 2" Камышинского района Волгоградской области.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований и производственных испытаний» представлены результаты проведенных в соответствии с разработанной методикой экспериментальных исследований и производственных испытаний и дан их анализ. Приведена технико-экономическая оценка использования вилочно-когтевого грузозахватного устройства.

Экспериментальные исследования и производственные испытания проводились на крупногабаритных прямоугольных тюках сформированных пресс-подборщиком "CLAAS" QUADRANT 1150 со средними геометрическими размерами: высота 0,52 м, ширина 0,82 м, длина устанавливалась равной 2,0 м. Средняя влажность составляет для сена 17%, для соломы 14%. Среднее расстояние между тюками на поле составляет 69,5 м вдоль следа пресс-подборщика, 19,5 м поперек следа пресс-подборщика.

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что упругие свойства материала крупногабаритных прямоугольных тюков зависят от его вида и плотности. При плотности материала ρ 120 кг·м³ для соломы

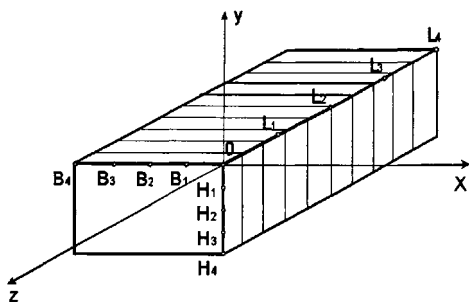


Рис 9 Схема измерения деформаций

E_Z в направлении оси z 0,71 МПа для поверхностных слоев (L_0L_1, L_3L_4) и 1,3 МПа для внутренних (L_1L_2, L_2L_3) При плотности материала $\rho - 170 \text{ кг м}^3$ среднее значение E_x и E_y в направлении осей x и y составляет 0,53 МПа для поверхностных слоев и 1,23 МПа для внутренних слоев, E_Z в направлении оси z 1,03 и 2,17 МПа для поверхностных и внутренних слоев соответственно Увеличение плотности материала ρ на 40 кг м^3 приводит к росту модуля деформации E для сена на 46,9 48,8%, для соломы на 55,7 57,6%

Для обработки экспериментальных данных использовалась программа анализа данных Microsoft Excel В результате вычислений были получены уравнения регрессии (22-29)

Зависимость усилия внедрения F_{BH} от радиуса кривизны когтя R_k и сектора внедрения φ для соломы плотностью $\rho = 160 \text{ кг м}^3$

$$F_{BH} = 312,265R_k + 5,533\varphi - 300,511 \quad (22)$$

для сена плотностью $\rho = 210 \text{ кг м}^3$

$$F_{BH} = 445,704R_k + 8,952\varphi - 468,218 \quad (23)$$

Зависимость усилия внедрения F_{BH} от плотности материала тюка ρ при известном секторе внедрения $\varphi = 65^\circ$ для соломы

$$F_{BH} = 262,778R_k + 0,998\rho - 77,823 \quad (24)$$

для сена

$$F_{BH} = 459,444R_k + 1,828\rho - 285,778 \quad (25)$$

Зависимость коэффициента удержания K_1 тюка от радиуса когтя R_k и сектора внедрения φ для соломы $\rho = 160 \text{ кг м}^3$

среднее значение модуля деформации E_x и E_y в направлении осей x и y (рис 9) составляет 0,3 МПа для поверхностных слоев ($H_0H_1, H_3H_4, B_0B_1, B_3B_4$) и 0,73 МПа для внутренних слоев ($H_1H_2, H_2H_3, B_1B_2, B_2B_3$) Среднее значение

$$K_{\gamma} = 1,897R_k + 0,019\varphi - 1,675 \quad (26)$$

для сена $\rho = 210 \text{ кг м}^3$.

$$K_{\gamma} = 1,82R_k + 0,017\varphi - 1,547 \quad (27)$$

Зависимость коэффициента удержания K_{γ} от плотности материала тюков ρ при известном радиусе когтя $R_k = 0,5 \text{ м}$ для соломы

$$K_{\gamma} = 0,02\varphi - 6,25 \cdot 10^{-4} \rho - 0,711 \quad (28)$$

для сена

$$K_{\gamma} = 0,019\varphi - 9,241 \cdot 10^{-4} \rho - 0,568 \quad (29)$$

По полученным уравнениям регрессии были построены графики (рис 10-11) Их анализ показывает, что условию надежного удержания тюка удовлетворяют когти радиусом кривизны $R_k = 0,5 \text{ м}$, сектором внедрения φ от 58° и радиусом кривизны $R_k = 0,6 \text{ м}$, сектором внедрения φ от 53° (рис 106), что подтверждает теоретические расчеты

Усилие внедрения F_{BH} и коэффициент удержания K_{γ} изменяются с увеличением плотности материала тюка ρ , радиуса кривизны когтя R_k и сектора внедрения когтя φ При плотности материала $\rho = 210 \text{ кг м}^3$, радиусе когтя $R_k = 0,5 \text{ м}$ и секторе внедрения $\varphi = 58^\circ$ усилие внедрения $F_{BH} = 274 \text{ Я}$, коэффициент удержания $K_{\gamma} = 0,333$, а при радиусе когтя $R_k = 0,6 \text{ м}$ и секторе внедрения $\varphi = 53^\circ$ усилие внедрения $F_{BH} = 265 \text{ Я}$, коэффициент удержания $K_{\gamma} = 0,333$ (рис 10)

При одинаковом коэффициенте удержания таких когтей, разница усилий внедрения составляет не более 4% и не является основополагающим фактором при выборе когтей Однако применение когтей радиусом кривизны $R_k = 0,6 \text{ м}$ приводит к усложнению конструкции грузозахватного устройства, увеличению его геометрических размеров и металлоемкости

Увеличение плотности материала на 40 кг м^3 приводит к росту усилия внедрения на 32% и снижению коэффициента удержания на 6% (рис 11)

Таким образом, надежное удержание тюков различной плотности и оптимальная конструктивная схема вилочно-когтевого грузозахватного устрой-

ства достигаются при радиусе кривизны когтя $R_k = 0,5$ м, секторе внедрения $\varphi = 60^\circ$ и количестве когтей $n = 6$ шт.

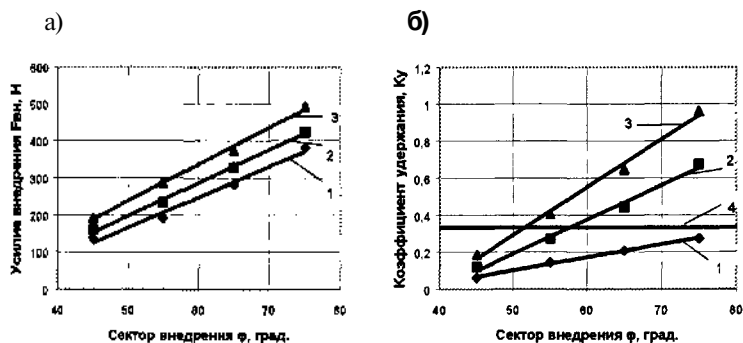


Рис 10 Зависимость критериев оптимизации от сектора внедрения дугообразного когтя φ : а) усилия внедрения F_{BH} ; б) коэффициента удержания K_u . 1 – $R_k = 0,4$ м, 2 – $R_k = 0,5$ м, 3 – $R_k = 0,6$ м, 4 $[K_H] = 0,333$ – коэффициент надежного удержания

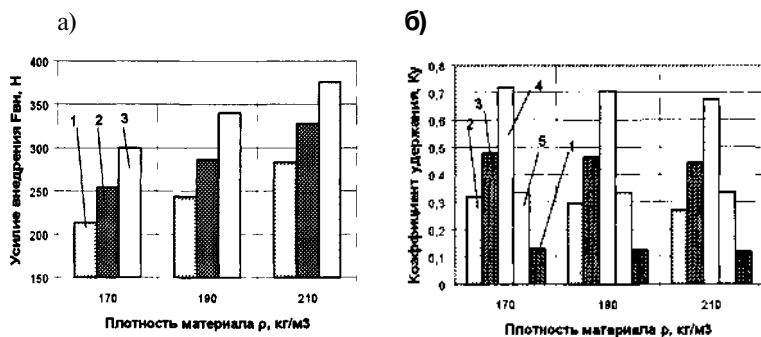


Рис 11 Зависимость критериев оптимизации от плотности материала тюка ρ а) усилия внедрения F_{BH} ; 1 – $R_k = 0,4$ м, 2 – $R_k = 0,5$ м, 3 – $R_k = 0,6$ м. б) коэффициента удержания K_u ; 1 – $\varphi = 45^\circ$, 2 – $\varphi = 55^\circ$, 3 – $\varphi = 65^\circ$, 4 – $\varphi = 75^\circ$, 5 – $[K_H] = 0,333$ – коэффициент надежно-го удержания

Проведенные производственные испытания показали работоспособность вилочно-когтевого грузозахватного устройства и надежность выполнения технологического процесса погрузки. Получены основные технико-экономические показатели на погрузке и штабелировании тюков.

Время рабочего цикла погрузчика с вилочно-когтевым грузозахватным устройством при движении по следу пресс-подборщика составило 65,7 с, при движении поперек следа пресс-подборщика 44,5 с, при этом время на подъезд

и ориентацию грузозахватного устройства относительно тюка сократилось в 2,5 раза

При сравнении с серийным аналогом, время на подъезд погрузчика и захват тюка сократилось на 21,2 40,8%, что привело к увеличению производительности погрузки на 20,9%

Результаты расчета экономической эффективности использования вилочно-когтевого грузозахватного устройства отражены в выводах

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1 Повысить эффективность технологического процесса погрузки крупногабаритных прямоугольных тюков грубых кормов, в случае когда время на подъезд к тюку с ориентацией грузозахватного устройства составляет 59,6 65,4% от времени всего рабочего цикла, возможно путем разработки и обоснования параметров грузозахватного устройства обеспечивающего простую и точную ориентацию относительно тюка при любых схемах движения погрузчика

2 Теоретический анализ производительности погрузчика при уборке с поля крупногабаритных прямоугольных тюков, позволил определить, что грузозахватное устройство с возможностью компенсации неточного подъезда позволит повысить производительность погрузчика на 15 25%, за счет увеличения скорости его движения и сокращения траектории движения при подъезде к тюку

3 Полученная теоретическая зависимость коэффициента удержания K от параметров дугообразного когтя и физико-механических свойств материала тюков позволяет определить, что параметры устройства количество когтей $n=6$ мм . радиус кривизны когтя $R_k=0,5$ м. сектор внедрения $\varphi=60^\circ$ являются достаточными для обеспечения надежного удержания тюка

4 Экспериментальными исследованиями процесса захвата и удержания тюка при погрузке установлено

- при изменении радиуса кривизны когтя R_k с 0,5 до 0,6 м и сектора внедрения когтя φ с 53° до 58° усилие внедрения F_{BH} возрастает не более чем на 4%, при одинаковом коэффициенте удержания тюка и не является основополагающим фактором при выборе когтей,

- увеличение плотности материала тюка ρ со 120 кг м^3 на каждые 40 кг м^3 приводит к увеличению усилия внедрения на 32% и снижению коэффициента удержания на 6%

5 Экспериментальными исследованиями подтверждено, что при количестве когтей $n=6 \text{ шт}$, радиусе кривизны когтя $R_k=0,5 \text{ м}$ и секторе внедрения когтя $\varphi=60^\circ$ обеспечивается оптимальная конструктивная схема вилочно-когтевого грузозахватного устройства, наименьшее усилие внедрения $F_{BH}=284 \text{ Н}$ и надежное удержания тюка $K_H=2,2 > [K_H]=2,0$

6 Результаты теоретических и экспериментальных исследований использованы при разработке нового вилочно-когтевого грузозахватного устройства, производственные испытания которого в ООО "Фермер - 2" Камышинского района Волгоградской области показали его высокую надежность и эффективность. Производительность погрузчика при погрузке тюков с поля составила более 11,24 т ч, что на 20,9% выше, чем у серийного аналога,

7 Годовой экономический эффект от использования вилочно-когтевого грузозахватного устройства для погрузки крупногабаритных тюков грубых кормов в сравнении с серийным аналогом составил 33369 рублей при объеме заготовок 2100 т, себестоимость заготовки кормов сократилась на 16 руб. т

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1 Соколов В Н Исследование процесса погрузки крупногабаритных тюков солоmistых материалов новым грузозахватным устройством / В Н Соколов // Молодые ученые - агропромышленного комплекса Поволжского региона сб науч работ/ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» - Саратов, 2004 - №1,С 114-118(0,3)

2 Соколов В Н Технология погрузки крупногабаритных тюков новым грузозахватным устройством / В А Глухарев, В Н Соколов // Актуальные инженерные проблемы АПК XXI веке сб научных трудов Международной научно-практической конференции посвященной 85-летию Самарской ГСХА - Самара, 2004 - С 350-352 (0,14/0,07)

3 Соколов В Н Совершенствование погрузки крупногабаритных тюков грубых кормов / В Н Соколов// Вавиловские чтения - 2004 материалы Всероссийской научно-практической конференции- Саратов, 2004,- С 118-121 (0,18)

4 Соколов В Н Грузозахватное устройство для погрузки и укладки в штабель крупногабаритных тюков грубых кормов информ листок № 16 / В А Глухарев, В Н Соколов, М С Медведев Саратов ЦНТИ, 2004 - 2 с (0,18/0,06)

5 Соколов В Н Технология погрузки крупногабаритных тюков солоmistых материалов информ листок № 18 / В А Глухарев, В Н Соколов, М С Медведев Саратов ЦНТИ, 2004-2 с (0,18/0,06)

6 Соколов В Н Вилочно-когтевое грузозахватное устройство / В А Глухарев, В Н Соколов // Кормопроизводство- 2005- №2 - С 31-32 (0,16/0,08)

7 Соколов В Н Анализ процесса погрузки крупногабаритных прямоугольных тюков растительных материалов / А Г Рыбалко, В А Глухарев В Н Соколов // Механизация и электрификация с х - 2005 - №2 - С 28-29 (0 21/0,07)

8 Соколов В Н Грузозахватное устройство для тюков / В А Глухарев, В Н Соколов//Сел механизатор - 2005 - №3 - С 16(0,2/0,1)

9 Соколов В Н Теоретический анализ процесса захвата рулонов и тюков при погрузке / А Г Рыбалко В А Глухарев В Н Соколов // Тракторы и с х машины - 2005 - №4 - С 35-36(0,21/0,07)

Подписано в печать 25.04.05 Формат 60x84 ¹/₁₆

Бумага офсетная Гарнитура Times

Печ. л. 1,0 Тираж 100 Заказ 393/354

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»
410600, Саратов, Театральная пл., 1

05.17 - 05.21

653

19 MAY 2005