

*На правах рукописи*

**МЕДВЕДЕВ МИХАИЛ СЕРГЕЕВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЦЕССА ПОГРУЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ  
ТЮКОВ СЕНАЖА РАЗРАБОТКОЙ  
ОБЖИМАЮЩЕГО ГРУЗОЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства  
механизации сельского хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Саратов 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

**Научный руководитель:**

кандидат технических наук,  
доцент

**В.Н. Соколов**

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук,  
профессор  
кандидат технических наук

**И.М. Павлов  
С.Б. Стрельцов**

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»

Защита состоится «25» января 2013 года в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.03 при ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410056, г. Саратов, ул. Советская, 60, ауд. 325.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета, с авторефератом на сайте [sgau.ru](http://sgau.ru).

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

**Н.П. Волосевич**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Наиболее трудоемкими операциями при заготовке кормов прессованием являются погрузочно-разгрузочные работы, а отсутствие эффективных средств механизации, их несоответствие выполняемым задачам и высокая стоимость делают погрузочно-разгрузочные циклы наиболее ресурсоемкими. Это приводит к повышению себестоимости работ и снижает эффективность процесса заготовки кормов, увеличивает время вывозки тюков с поля, задерживая проведение последующих агротехнических мероприятий. Нерешенность вопроса погрузки тюков, особенно тюков упакованных в полимерную пленку при получении сенажа, не позволяет заготавливать корма в требуемые агротехнические сроки, надлежащего качества и не способствует внедрению современных технологий заготовки кормов сельскохозяйственными товаропроизводителями.

Повышение эффективности работы погрузчиков крупногабаритных тюков прессованных кормов путём совершенствования процессов погрузки, конструктивно-технологических схем и параметров грузозахватных устройств является актуальной задачей, решение которой имеет важное хозяйственное значение.

**Цель работы.** Повышение эффективности работы погрузчика крупногабаритных тюков сенажа, упакованных в полиэтиленовую пленку, за счет обжимающего грузозахватного устройства и совершенствования технологии погрузки.

**Объект исследований.** Технологический процесс погрузки крупногабаритных тюков сенажа, упакованных в полиэтиленовую пленку, фронтальным погрузчиком, оснащённым грузозахватным устройством обжимающего типа.

**Предмет исследований** – закономерности, характеризующие технологический процесс погрузки тюков сенажа в полиэтиленовой пленке и их связь с параметрами грузозахватного устройства и физико-механическими свойствами материала тюков.

**Методология и методы исследования** Методика исследований включала разработку теоретических положений по процессам захвата и погрузки тюков сенажа, их экспериментальную проверку в лабораторно-полевых и производственных условиях и экономическую оценку полученных результатов. Теоретические исследования проводились на основе известных законов и методов механики и математического анализа в сочетании с математиче-

ским планированием экспериментов и получением уравнений регрессии. Экспериментальные исследования и производственные испытания были выполнены методом двухфакторного эксперимента с использованием тензометрирования и хронометража с последующей обработкой результатов по методикам математической статистики при помощи ЭВМ.

***Научная новизна:***

- аналитические выражения для определения производительности погрузки при различных схемах движения погрузочного агрегата;
- аналитические выражения для определения условий удержания тюков в зависимости от конструктивных параметров устройства и физико-механических свойств материала тюков и упаковочной пленки;
- экспериментальные зависимости, подтверждающие теоретические разработки.

***Научные положения, выносимые на защиту:***

- аналитические выражения по определению производительности погрузчика тюков с обжимающим грузозахватным устройством и условий удержания тюка в зависимости от конструктивных параметров грузозахватного устройства и физико-механических свойств его материала;
- конструктивно-технологическая схема обжимающего грузозахватного устройства для погрузки крупногабаритных прямоугольных тюков сенажа, упакованных в полиэтиленовую пленку (Патент РФ № 2265986);
- результаты лабораторно-полевых исследований и полученные экспериментальные зависимости, позволяющие обосновать конструктивные и технологические параметры обжимающего грузозахватного устройства.

***Теоретическая и практическая значимость.*** На основе исследований разработана конструктивно-технологическая схема и обоснованы основные конструктивные параметры обжимающего грузозахватного устройства к фронтальному погрузчику (Патент РФ № 2265986). Обжимающее устройство позволяет повысить производительность погрузчика более чем на 15 % и снизить энергетические затраты на процесс захвата и погрузки по сравнению с серийными аналогами.

***Реализация результатов исследований.*** Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использо-

ваны ВУЗами при изучении подъемно-транспортных машин, научно-исследовательскими институтами, конструкторскими бюро и машиностроительными заводами при разработке грузозахватных устройств и погрузчиков. Опытный образец обжимающего грузозахватного устройства испытан и внедрен в ОАО «Семеновское» Камышинского района Волгоградской области.

**Степень достоверности и апробация работы.** Основные положения диссертационной работы доложены и одобрены на Международной научно-практической конференции СГСХА (Самара, 2004), на научно-технических и международно-практических конференциях СГАУ им. Н.И. Вавилова в 2002–2011 гг., а также на расширенном заседании кафедры «Детали машин, подъемно-транспортные машины и сопротивление материалов» в 2012 г.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 12 работ общим объемом 2,75 п.л., из них лично автору принадлежат 1,5 п.л., в том числе 3 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, патент на изобретение №226598.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 127 страницах, содержит 66 рисунков, 12 таблиц, 5 приложений, список литературы из 73 наименований, в том числе 3 на иностранном языке.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы и сформулированы основные научные положения, которые выносятся на защиту.

**В первой главе «Состояние вопроса. Цель и задачи исследований»** приводится краткая характеристика технологий заготовки прессованных кормов, рассмотрены грузозахватные устройства для погрузки тюков прессованных кормов, проанализировано современное состояние механизации погрузочно-разгрузочных работ с тюками прессованных кормов.

Повышением эффективности процесса заготовки крупногабаритных тюков занимались Особов В.И., Джамбуршин А.Ш., Дубинин В.Ф., Гуськов Ю.А. и др. Исследованиями взаимодействия рабочих органов с грубыми кормами занимались Веракша 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 результатов исследований позволил установить, что наиболее эффективными для погрузки тюков, упакованных в полиэтиленовую пленку, являются грузозахватные устройства обжимающего типа, используемые с универсальными фронтальными погрузчиками, и что вопрос влияния их конструкций на усилие сжатия тюков и производительность погрузчика изучен недостаточно.

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

- на основе исследований процесса погрузки и анализа информационно-патентных источников разработать конструктивно-технологическую схему обжимающего грузозахватного устройства для крупногабаритных тюков сенажа, упакованных в полиэтиленовую пленку;
- теоретически исследовать процесс погрузки тюков и получить аналитические выражения для определения производительности погрузчика и оценки удержания тюков в зависимости от конструктивных параметров грузозахватного устройства и физико-механических свойств материала;
- обосновать основные конструктивные и технологические параметры грузозахватного устройства;
- провести экспериментальные исследования процесса погрузки тюков обжимающим грузозахватным устройством и дать технико-экономическую оценку эффективности его применения.

*Во второй главе «Теоретическое исследование работы грузозахватного устройства при погрузке крупногабаритных тюков, упакованных в полиэтиленовую пленку»* изучен процесс погрузки тюков сенажа и предложена конструктивно-технологическая схема обжимающего грузозахватного устройств.

В результате проведенного анализа существующих схем грузозахватных устройств и информационно-патентного поиска была разработана новая конструктивно-технологическая схема обжимающего грузозахватного устройства. Оно применяется с универсальным фронтальным погрузчиком для погрузки тюков сенажа, упакованных в полиэтиленовую пленку, и позволяет компенсировать неточный подъезд погрузчика независимо от схемы

его движения. Устройство обеспечивает плотную укладку тюков в штабель или в транспортные средства без зазоров для выведения захватных органов.

Грузозахватное устройство (Патент № 2265986) содержит П-образную обжимающую раму (рис. 1), состоящую из подвижной части 1 с тремя упорами и направляющих 2, которые закреплены на основании 3 с помощью шарниров 4. На основании 3, представляющем собой прямоугольную раму, находятся кронштейны 5 крепления грузозахватного устройства к стреле погрузчика.

Привод обжимающей рамы обеспечивает гидроцилиндр 6, корпус которого закреплен на основании 3, а шток на подвижной части 1 обжимающей рамы.

Также на шарнирах 4 имеются два упора 7. В рабочем положении устройство удерживается пружинами 8, закрепленными на направляющих 2 обжимающей рамы и на основании 3.

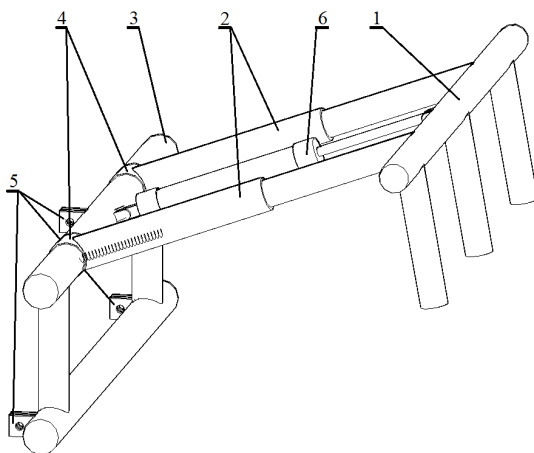


Рис. 1. Схема обжимающего грузозахватного устройства.

Технологический процесс погрузки крупногабаритных прямоугольных тюков сенажа, упакованных в полиэтиленовую пленку, показан на рисунке 2.

При подъезде погрузчика к тюку для захвата, необходимо выполнить согласование грузозахватного устройства относительно тюка. Для выполнения согласования погрузчик должен определенным образом передвигаться по полю, совершая дополнительные маневры (рис. 3).

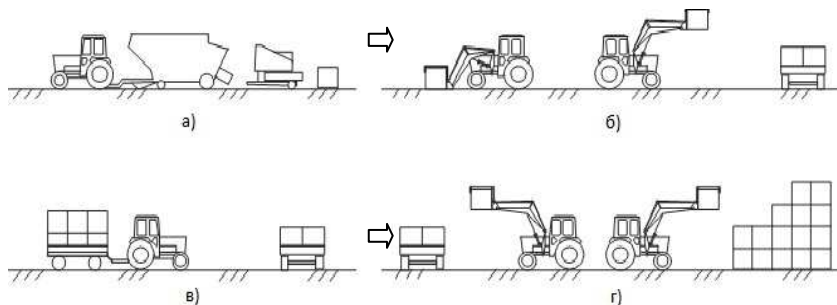


Рис. 2. Технологический процесс погрузки крупногабаритных тюков сенажа, упакованных в полиэтиленовую пленку:  
 а) формирование и упаковка тюка; б) погрузка тюка в транспортное средство; в) транспортировка тюков; г) укладка тюка в штабель.

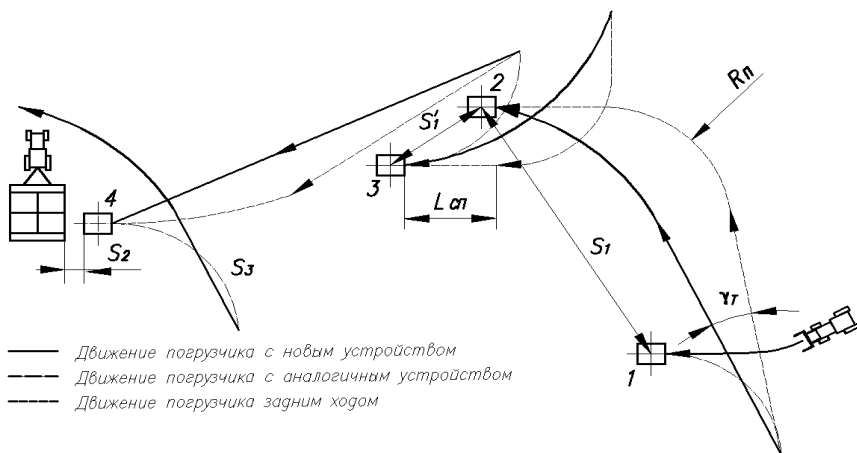


Рис. 3. Схема маневрирования погрузчика при подъезде к тюку.

Теоретическая производительность погрузки с поля или штабелирования тюков в единицу времени при условии непрерывной работы фронтального погрузчика с максимальным использованием его технических параметров определяется выражением:

$$Q = \frac{3,6m_T}{t_u} = \frac{3,6 \cdot \rho \cdot V}{t_u} \quad , \quad (1)$$



где  $m_T$  – масса тюка, кг;  $\rho$  – плотность тюка, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – объем тюка, м<sup>3</sup>;  $t_u$  – время цикла погрузки, с.

Для учета особенностей процесса погрузки тюков при определении производительности фронтального погрузчика предлагается ввести следующие коэффициенты:

- $k_C$  – коэффициент, учитывающий снижение скорости трактора при выполнении согласования грузозахватного устройства с тюком:

$$k_C = \frac{v}{v - v_{\Pi} k_{\Pi}}, \quad (2)$$

где  $v$  – рабочая скорость погрузчика, м/с;  $v_{\Pi}$  – скорость погрузчика при согласовании с тюком, м/с;  $k_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий количество промахов агрегата.

$$k_{\Pi} = \frac{N}{2n}, \quad (3)$$

где  $N$  – число промахов при подъезде к  $n$  количеству убираемых тюков, шт.;

- $k_T$  – коэффициент, учитывающий увеличение траектории для согласования с тюком и предотвращения неточного подъезда:

$$k_T = \frac{\frac{S_T}{\cos \gamma_T} + 1,57R_{\Pi} + L_{\text{СП}}}{1,75R_{\Pi} + S_T}, \quad (4)$$

где  $R_{\Pi}$  – радиус поворота трактора, м;  $\gamma_T$  – угол отклонения траектории подъезда 0–45 град.;  $L_{\text{СП}}$  – расстояние, необходимое для выполнения согласования с тюком, м;  $S_T$  – прямолинейный участок траектории подъезда, м.

В результате преобразований выражение (1) примет следующий вид:

$$Q = \frac{3,6\rho Vv}{v(t_0 k_{\Pi} + t_2 + t_3 + t_5) + k_C k_T (S_1 + S_2 + S_3)}, \quad (5)$$

где  $t_0$  – время на остановку и переключение передач, с;  $S_1, S_2, S_3$  – длина кратчайшего пути холостого переезда по-

грузчика к тюку, подъезда к транспортному средству и отъезда от него, м (рис. 3).

По выражениям (2 – 5) были проведены расчеты и построены графики. Анализ зависимостей (рис. 4, 5) показывает, что наибольшую производительность можно получить при коэффициентах  $k_C$  и  $k_T$ , стремящихся к единице.

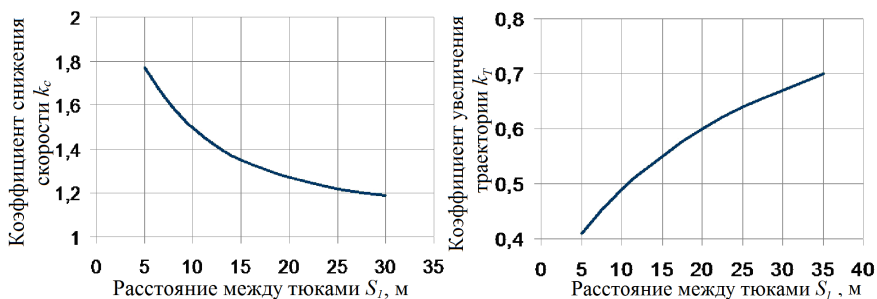


Рис. 4. Зависимость коэффициентов, учитывающих снижение скорости  $k_C$  и увеличение длины траектории  $k_T$  движения погрузчика, от расстояния между тюками

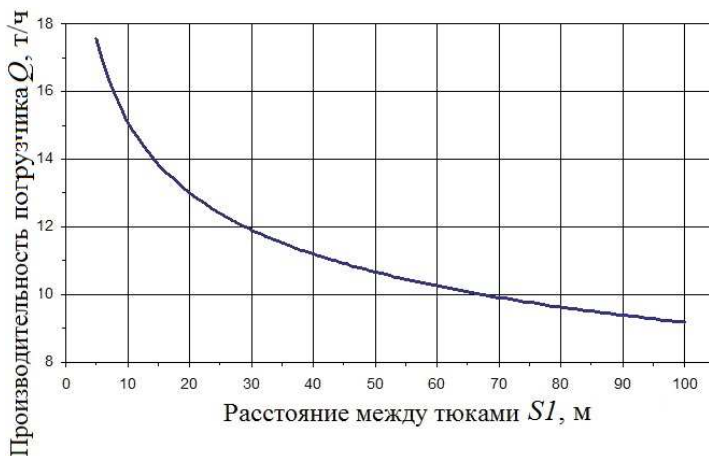


Рис. 5. Зависимость производительности погрузчика тюков  $Q$  от расстояния между тюками  $S_1$

Данное условие выполняется при расстоянии между тюками более 30...35 м, когда происходит длительный непроизводитель-

ный переезд, или при движении погрузчика по кратчайшему пути. При этом конструкция грузозахватного устройства должна позволять захват тюка без осуществления дополнительного маневрирования и с минимальным снижением скорости движения при проведении захвата, что позволит повысить производительность погрузчика более чем на 15 %.

При проектировании грузозахватных устройств необходимо определить конструктивные параметры, которые обеспечивают минимальные энергетические затраты и захват тюков без повреждения упаковочной пленки. Для решения выполним анализ напряженно-деформированного состояния системы «грузозахватное устройство – тюк».

Удержание тюка определяется коэффициентом запаса сцепления  $k_{зс}$ , который должен быть больше или равен двум, поскольку учитывает инерционные нагрузки в процессе перемещения тюка, неточность захвата и неоднородность материала тюка:

$$k_{зс} = \frac{P_{уд}}{G}, \quad (6)$$

где  $P_{уд}$  – сила удержания тюка грузозахватным устройством, Н;  $G$  – сила тяжести тюка, Н.

Тюк с геометрическими размерами  $a$ ,  $l$ ,  $h$  и средней плотностью  $\rho$  при погрузке находится в горизонтальном положении.

Рассмотрим составные части грузозахватного устройства по отдельным элементам (рис. 6), определим действующие на них усилия (рис. 7) и возникающие на поверхностях контакта материала тюка и грузозахватного устройства напряжения.

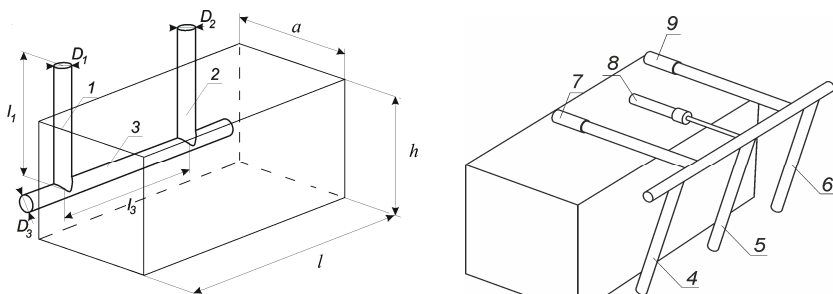


Рис. 6. Элементы грузозахватного устройства

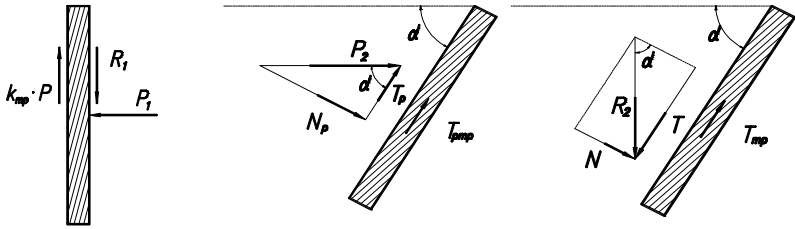


Рис. 7. Схема распределения усилий по наклонной и вертикальной частям грузозахватного устройства и усилий, действующих на них со стороны тюка

Усилия, с которыми стержни 1-6 (рис. 6) воздействуют на тюк:

$$P_{x_1} = P_{x_2} = \int_{l_1} \sigma_{x_1} D_1 ds = D_1 \int_{-y_0}^{y_1} \sigma_{x_1} dy = D_1 l_1 \sigma_{x_1}, \quad (7)$$

$$P_{x_3} = D_3 l_3 \sigma_{x_1}, \quad (8)$$

$$\tilde{P}_{x_4} = \tilde{P}_{x_5} = \tilde{P}_{x_6} = \int_{l_4} \tilde{\sigma}_{x_4} D_4 ds = \frac{D_4}{\sin \alpha} \int_{y_{B_1}}^{\tilde{y}_D^*} \tilde{\sigma}_{x_4} dy. \quad (9)$$

Так же были рассмотрены усилия от элементов 7-9 (рис. 6).

Наложив ограничение в виде максимально допустимого напряжения упаковочной пленки, определили необходимые конструктивные параметры грузозахватного устройства.

$$\sigma_{1,2} = \frac{1}{2} (\sigma_n \pm \sqrt{\sigma_n^2 + 4\tau_{ns}^2}) \quad (10)$$

$$[\sigma] > \max(\sigma_1, \sigma_2), \quad (11)$$

где  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение упаковочной пленки на разрыв.

Если условие (11) выполняется, то целостность упаковочной пленки сохраняется.

Для определения параметров грузозахватного устройства, при которых обеспечивается надежное удержание тюка без повреждения упаковочной пленки и минимальные затраты энергии на сжатие, были произведены расчеты в системе компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования *MathCAD 7.0 PRO* и построены графики (рис. 8).

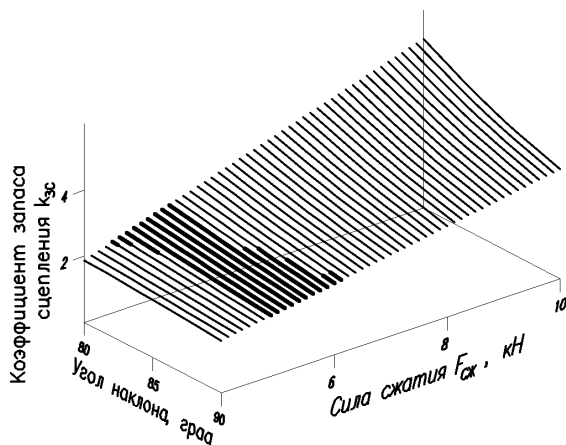


Рис. 8. Зависимость коэффициента запаса сцепления от силы сжатия и угла наклона упоров

Из анализа зависимости (рис. 8) следует, что грузозахватное устройство с углом наклона упоров  $\alpha$  относительно направляющих обжимающей рамы менее  $85^\circ$  при усилии сжатия более 6 кН в наибольшей степени обеспечивает удержание тюка без повреждения упаковочной пленки.

**В третьей главе «Методика экспериментальных исследований и производственных испытаний»** приводится обоснование факторов и критериев, влияющих на процесс захвата и удержания тюка грузозахватным устройством, и методика проведения лабораторно-полевых исследований. В ней также описана конструкция экспериментальной установки, методики обработки опытных данных и проведения производственных испытаний.

Порядок выполнения опытов устанавливался с помощью схемы рандомизированных блоков с доверительной вероятностью 0,95 и среднеквадратической ошибкой  $\pm 3\sigma$ , при повторности измерений, равной 3. Рандомизация опытов проводилась независимо для каждого блока по таблице случайных чисел.

Исследования технологических свойств тюков включали в себя определение значений массы, длины, ширины, высоты и расстояния между тюками на поле по стандартным методикам.

Исследования физико-механических свойств материала тюков и лабораторно-полевые исследования были осуществлены на экспериментальной установке (рис. 9), позволяющей проводить их на тюках в натуральную величину.

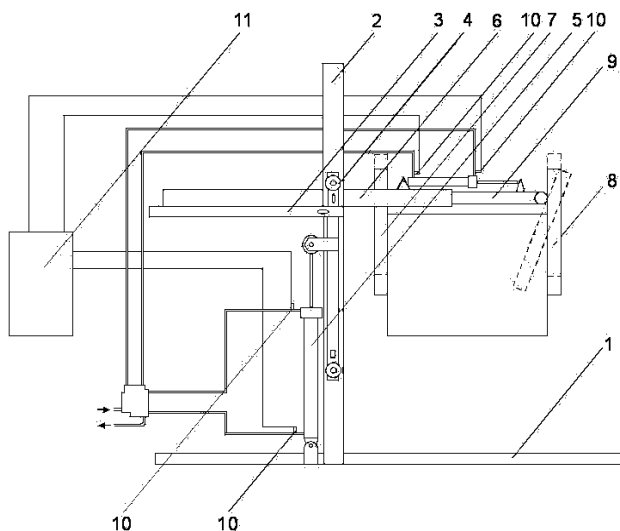


Рис. 9. Схема экспериментальной установки:

- 1 – основание; 2 – вертикальная рама; 3 – Г-образная рама;
- 4 – ролики; 5 – гидроцилиндры; 6 – грузозахватное устройство;
- 7 – задняя стенка захватной рамы; 8 – упоры; 9 – направляющие;
- 10 – датчики давления; 11 – измерительная аппаратура

Для представления работы обжимающего грузозахватного устройства с тюками сенажа различной плотности были заготовлены тюки из травосмеси люцерны с кострцом плотностью 340, 360, 380 кг/м<sup>3</sup>. В процессе исследований были определены физико-механические свойства материала тюков: влажность, плотность, коэффициент бокового расширения, модуль деформации и коэффициент трения упаковочной пленки по стали.

При проведении лабораторно-полевых исследований были получены данные по значению силы сжатия, необходимой для удержания тюков сенажа различной плотности, упакованных в полиэтиленовую пленку.

Производственные испытания были проведены в СПК «Семёновское» Камышинского района Волгоградской области с целью определения работоспособности и технико-экономических показателей работы фронтального погрузчика с опытным образцом обжимающего грузозахватного устройства. Программа испытаний включала в себя определение пооперационного времени погрузочного цикла, испытания грузозахватного устройства на по-

грузочных работах и штабелировании крупногабаритных прямоугольных тюков сенажа.

*В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований и производственных испытаний»* представлены результаты проведенных в соответствии с разработанными методиками экспериментальных исследований и производственных испытаний и дан их анализ. Приведена технико-экономическая оценка использования обжимающего грузозахватного устройства.

Экспериментальные исследования и производственные испытания (рис. 10) проводились на тюках, образованных пресс-подборщиком фирмы CLAAS «QUADRANT 1150» размером 1100×800×500 мм, упакованных полиэтиленовой пленкой в 6 слоев.

Средняя влажность материала корма составила 50 %, среднее расстояние между тюками на поле – 107 м вдоль хода пресс-подборщика и 19,5 м поперек траектории его движения.



Рис. 10. Погрузка тюка в транспортное средство

Во время экспериментальных исследований были определены конструктивные параметры грузозахватного устройства, позволяющих создать минимально необходимую силу удержания  $F_{уд}$ , достаточную для удовлетворения условия:

$$F_{уд} \geq k_{зс} \cdot mg, \quad (12)$$

где  $k_{3C}$  – коэффициент запаса сцепления,  $k_{3C} = 2,0-2,5$ ;  $m$  – масса груза, кг;  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ .

Анализ результатов экспериментальных исследований показал зависимость упругих свойств материала крупногабаритных прямоугольных тюков сенажа от его плотности. При плотности материала  $\rho = 340 \text{ кг/м}^3$  среднее значение модуля деформации  $E_X$  в поперечном направлении составляет 1,24 МПа для поверхностных слоев и 2,42 МПа для внутренних слоев. Среднее значение  $E_Z$  в продольном направлении 1,55 МПа для поверхностных слоев и 3,75 МПа для внутренних. Увеличение плотности материала  $\rho$  на  $20 \text{ кг/м}^3$  приводит к росту модуля деформации  $E$  для поверхностных слоев в поперечном направлении на 6,5 %, в продольном на 31,2 %, для внутренних слоев на 10 и 25,6 % соответственно.

Обработка данных, полученных в результате экспериментальных исследований, проводилась с использованием универсальной математической системы *MathCAD 7.0 PRO*, позволившей получить достоверные результаты с определением выборочного среднего и среднеквадратического отклонения, коэффициентов вариации и корреляции,  $t$  – критерия Стьюдента и  $F$  – критерия Фишера. В результате вычислений были получены уравнения регрессии (13–18).

Зависимость силы удержания  $F_{уд}$  от силы сжатия тюка устройством  $F_{сж}$  и угла наклона упоров устройства  $\alpha$ ;

- для сенажа плотностью  $\rho = 340 \text{ кг/м}^3$ :

$$F_{уд} = 2,57F_{сж} + 0,47\alpha + 0,02 F_{сж}^2 + 0,08\alpha^2 - 1,49 F_{сж}\alpha - 1,21 \times 10^{-3}; \quad (13)$$

- для сенажа плотностью  $\rho = 360 \text{ кг/м}^3$ :

$$F_{уд} = 7,98 \times 10^{-4} + 2,59F_{сж} - 1,12\alpha - 2,87 \times 10^{-3}F_{сж}^2 - 0,73\alpha^2 - 1,34F_{сж}\alpha; \quad (14)$$

- для сенажа плотностью  $\rho = 380 \text{ кг/м}^3$ :

$$F_{уд} = 1,290 \times 10^{-3} + 1,51F_{сж} + 3,13\alpha - 0,04F_{сж}^2 - 2,89\alpha^2 - 0,27F_{сж}\alpha. \quad (15)$$

Зависимость коэффициента запаса сцепления тюка  $k_{3C}$  от силы сжатия тюка захватными органами устройства  $F_{сж}$  и угла наклона упоров устройства  $\alpha$ :

- для сенажа плотностью  $\rho = 340 \text{ кг/м}^3$ :

$$k_{3C} = 38,1 + 1,2F_{сж} - 49,5\alpha + 0,034F_{сж}^2 + 16,6\alpha^2 - 0,85F_{сж}\alpha; \quad (16)$$

- для сенажа плотностью  $\rho = 360 \text{ кг/м}^3$ :

$$k_{3C} = 30,8 - 2,1F_{сж} - 45,9\alpha + 3,7 \times 10^{-3}F_{сж}^2 + 16,9\alpha^2 - 1,2F_{сж}\alpha; \quad (17)$$

- для сенажа плотностью  $\rho = 380 \text{ кг/м}^3$ :

$$k_{3C} = 69,5 + 2F_{сж} - 97\alpha + 5,4 \times 10^{-3}F_{сж}^2 - 33,9 \alpha^2 - 1,2F_{сж}\alpha. \quad (18)$$



По полученным уравнениям регрессии были построены зависимости (рис. 11, 12).

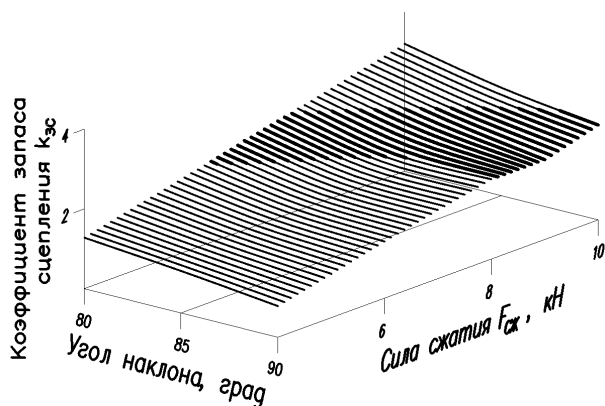


Рис. 11. Зависимость коэффициента запаса сцепления от силы сжатия и угла наклона упоров для тюков плотностью  $340 \text{ кг/м}^3$

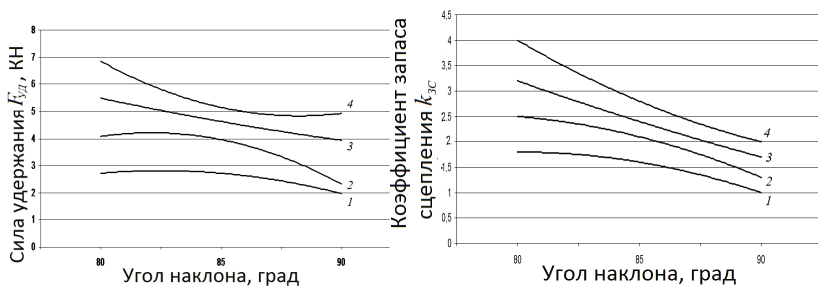


Рис. 12. Зависимости силы удержания и коэффициента запаса сцепления от угла наклона упоров для тюков плотностью  $340 \text{ кг/м}^3$  при различной силе сжатия: 1 – 4кН, 2 – 6кН, 3 – 8кН, 4 – 10кН.

Анализ зависимостей (рис. 11, 12) показывает, что конструктивными параметрами обжимающего грузозахватного устройства, удовлетворяющими условию (12), будут являться все значения угла наклона упоров  $\alpha$  и силы удержания  $F_{\text{СЖ}}$ , соответствующие коэффициенту запаса сцепления  $k_{\text{ЗС}}$ , лежащему в пределах от 2 до 2,5. Конструктивные параметры, обеспечивающие превышение  $k_{\text{ЗС}}$  более 2,5, приведут к опасности разрыва упаковочного мате-

риала, увеличению металлоемкости устройства и повышению энергозатрат на процесс захвата и удержания тюка.

Исследованиями установлено, что увеличение плотности материала тюка на каждые  $20 \text{ кг/м}^3$  приводит к снижению коэффициента запаса сцепления в среднем на 10 %, и необходимости увеличения силы сжатия на 14,3 %.

Таким образом, удержание тюков сенажа различной плотности, упакованных в полиэтиленовую пленку достигаются при количестве упоров  $n = 3$  шт., угле их наклона относительно направляющих устройства  $\alpha = 83^\circ$  и силе сжатия  $F_{СЖ} = 7 \text{ кН}$ , что полностью подтверждает теоретические предпосылки.

Проведенные производственные испытания показали работоспособность обжимающего грузозахватного устройства и надежность выполнения технологического процесса погрузки. Основные технико-экономические показатели получены на погрузке и штабелировании тюков сенажа.

Характер теоретической и экспериментальной зависимостей производительности погрузчика от расстояния между тюками представлен на рисунке 13.

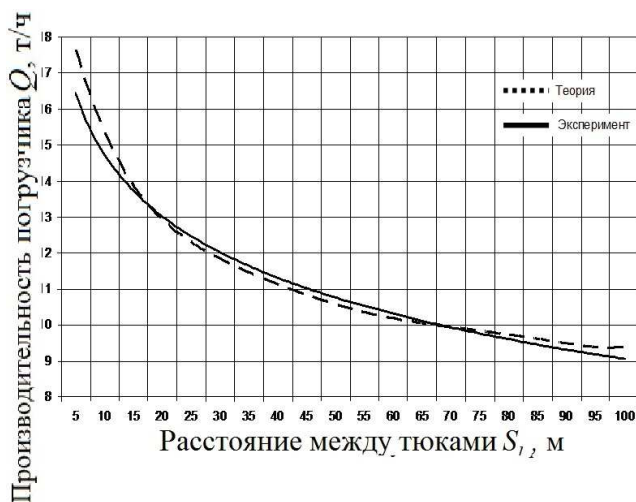


Рис. 13. Теоретическая и экспериментальная зависимости производительности погрузчика  $Q$  от расстояния между тюками  $S_1$

Анализ времени рабочего цикла показывает, что основное время затрачивается на холостой переезд погрузчика к тюку и согласование грузозахватного устройства, что в среднем составляет: при движении погрузчика вдоль хода пресс-подборщика 59,6 %, при движении поперек хода пресс-подборщика 36,5 % от общего времени цикла.

При сравнении с серийным аналогом ПМТ-01 время на подъезд погрузчика и захват тюка сократилось при движении погрузчика поперек хода пресс-подборщика на 31,6 %; вдоль хода – на 13,6 %, что привело к увеличению производительности погрузки на 17 %, транспортировки – на 7 %, штабелирования – на 13 %.

Годовой экономический эффект от использования разработанного грузозахватного устройства для погрузки тюков сенажа в сравнении с серийным аналогом составил 105900 рублей при сроке окупаемости дополнительных капитальных вложений 0,19 года, себестоимость заготовки кормов сократилась на 35,3 руб./т.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ процесса погрузки тюков показал, что повысить эффективность работы погрузчика можно за счет сокращения времени на подъезд к тюку и согласование грузозахватного устройства. Это достигается разработкой конструктивно-технологической схемы обжимающего грузозахватного устройства, обеспечивающего согласование с тюком без дополнительного маневрирования при различных схемах движения погрузчика.

2. Теоретические исследования производительности погрузчика при уборке тюков сенажа показали, что обжимающее грузозахватное устройство позволит повысить производительность погрузки тюков с поля более чем на 15% за счет сокращения траектории движения погрузчика при подъезде к тюку и времени на согласование грузозахватного устройства с тюком.

3. Полученная теоретическая зависимость коэффициента запаса сцепления от конструктивных параметров грузозахватного устройства и физико-механических свойств материала тюков позволяет определить, что для обеспечения удержания тюка необходимо иметь: количество упоров  $n = 3$  шт., угол наклона упоров относительно направляющих обжимающей рамы  $\alpha$  менее  $87^\circ$ , силу сжатия  $F_{сж}$  более 6 кН.

4. Экспериментальными исследованиями установлено, что средняя производительность погрузчика при погрузке тюков с поля составила 11,8 т/ч, что на 17 % выше, чем у серийного аналога. Удержание тюков различной плотности достигается при количестве упоров  $n = 3$  шт., угле их наклона относительно направляющих обжимающей рамы  $\alpha = 85^\circ$  и силе сжатия  $F_{СЖ} = 7$  кН.

5. Производственные испытания обжимающего грузозахватного устройства показали его работоспособность и эффективность. Годовой экономический эффект от использования устройства для погрузки тюков сенажа в сравнении с серийным аналогом составил 105900 рублей при сроке окупаемости дополнительных капитальных вложений 0,19 года, себестоимость заготовки кормов сократилась на 35,3 руб./т.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:**

*Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ*

1. Володин, В. В. Совершенствование процесса погрузки крупногабаритных тюков, упакованных в полиэтиленовую пленку, путем применения нового грузозахватного устройства / В. В. Володин, М. С. Медведев // Сельский механизатор. – 2006. – № 12. – С. 1–3 (0,2/0,1).

2. Володин, В. В. Влияние параметров грузозахватного устройства на надежность удержания тюка / В. В. Володин, М. С. Медведев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2008. – № 1. – С. 29–32 (0,5/0,25).

3. Соколов, В. Н. Исследования процесса захвата тюка, упакованного в полиэтиленовую пленку / В. Н. Соколов, М. С. Медведев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2010. – № 7. – С. 62–65 (0,38/0,19).

*Публикации в других изданиях*

4. Глухарев, В. А. Технология погрузки крупногабаритных тюков, упакованных в полиэтиленовую пленку, новым грузозахватным устройством / В. А. Глухарев, М. С. Медведев // Актуальные инженерные проблемы АПК в XXI веке: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию Самарской ГСХА. – Самара, 2004. – С. 352–354. (0,14/0,07).

5. Медведев, М. С. Технология погрузки крупногабаритных тюков, упакованных в полиэтиленовую пленку, новым грузозахватным устройством / М. С. Медведев // Молодые ученые – агропромышленному комплексу Поволжского региона: сб. науч. работ. – Вып. 3. – Саратов, 2004. – С. 66–69. (0,25).

6. Глухарев, В. А. Совершенствование погрузки крупных тюков сенажа, упакованных в пленку / В. А. Глухарев, М. С. Медведев // Вавиловские чтения – 2004 : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 117-й годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова, 24–26 нояб. 2004 г. / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2004. – С. 20–21. (0,14/0,07).

7. Володин, В. В. Повышение эффективности работы фронтального погрузчика при погрузке тюков сенажа, упакованного в полиэтиленовую пленку / В. В. Володин, М. С. Медведев // Организация, технология и механизация производства : сб. науч. работ, посвящ. 70-летию профессора кафедры «Организация и управление инженерными работами» СГАУ им. Н. И. Вавилова П. С. Батеенкова. – Саратов, 2006. – С. 89–90. (0,14/0,07).

8. Володин, В. В. Совершенствование технологической схемы работы погрузочных работ с тюками сенажа, упакованными в полиэтиленовую пленку / В. В. Володин, М. С. Медведев // Организация, технология и механизация производства : сб. науч. работ, посвящ. 70-летию профессора кафедры «Организация и управление инженерными работами» СГАУ им. Н. И. Вавилова П. С. Батеенкова. – Саратов, 2006. – С. 91–93. (0,2/0,1).

9. Соколов, В. Н. Исследование процесса уборки крупногабаритных тюков сенажа, упакованных в полиэтиленовую пленку / В. Н. Соколов, М. С. Медведев // Вавиловские чтения – 2008 : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию Сарат. госагроуниверситета, 26–27 нояб. 2008 г. – Саратов, 2008. – С. 202–205. (0,5/0,25).

10. Соколов, В. Н. Совершенствование технологии погрузки крупногабаритных тюков сенажа, упакованных в полиэтиленовую пленку / В. Н. Соколов, М. С. Медведев // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения профессора Д. Г. Вадивасова. – Саратов, 2009. – С. 140–142. (0,12/0,06).

11. Соколов, В. Н. Экспериментальные исследования процесса захвата тюка новым грузозахватным устройством / В. Н. Соколов, М. С. Медведев // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию профессора В. Ф. Дубинина – Саратов, 2010. – С. 193–196. (0,18/0,09).

#### *Патенты*

12. Пат. 2265986 RU, МПК<sup>7</sup> А01D87/12. Грузозахватное устройство / Медведев М. С., Глухарев В. А., Соколов В. Н. – № 2004103162/12; заявл. 03.02.2004; опубл. 10.07.2005; Бюл. № 35. – 3 с.

Подписано в печать Формат 60×84 1/16  
Печ. л. 1. Тираж 100 Заказ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»  
410012, Саратов, Театральная пл., 1.