

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УзССР
ТАШКЕНТСКИЙ ОРДЕНА ДРУЖБЫ НАРОДОВ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

На правах рукописи

ХАМИДОВ Рустам Асламович

УДК 631.358/621.547:633.51.001

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ИНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ
ХЛОПКОУБОРОЧНЫХ МАШИН С НОВЫМ
ВЕНТИЛЯТОРОМ-СЕПАРАТОРОМ

Специальность 05.20.04 — Сельскохозяйственные
и гидромелиоративные машины

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ташкент — 1986

Работа выполнена на кафедрах «Сельскохозяйственные машины» и «Аэрогидромеханика» Ташкентского ордена Дружбы народов политехнического института им. Абу Райхана Бери (ТашПИ).

Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент **Н. А. Артыков.**

Официальные оппоненты:

Заслуженный механизатор сельского хозяйства УзССР,
доктор технических наук, профессор **М. С. Ганиев,**
Заслуженный инженер УзССР, кандидат технических наук.
П. И. Зильберман.

Ведущее предприятие — Ташкентский завод сельскохозяйственного машиностроения «Ташсельмаш» им. К. Е. Ворошилова.

Защита диссертации состоится **31** января 1987 г. в 10.00 часов на заседании специализированного совета К 067.03.10 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Ташкентском ордена Дружбы народов политехническом институте имени Бери (ТашПИ).

Адрес: 700011, г. Ташкент, ул. Навои, 13, ТашПИ.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ТашПИ.

Отзывы в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по указанному адресу.

Автореферат разослан **27** декабря 1986 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент



А. Д. ДЖУРАЕВ

АННОТАЦИЯ

В диссертации изложен обзор пневмотранспортных систем хлопкоуборочных машин. Установлена степень влияния различных типов пневмосистем на повреждаемость семян хлопка-сырца в процессе машинной уборки урожая. Объектом исследования выбрана пневмотранспортная система всасывающе-нагнетательного типа с новым вентилятором-сепаратором, снижающие механическое повреждение семян при транспортировке хлопка-сырца от уборочных аппаратов до бункера при машинной уборке, особенно тонковолокнистых сортов хлопка, а также обеспечивающие уменьшение энергоёмкости процесса.

Аналитически решена задача движения хлопка-сырца в целевой приёмной камере в ускоряющемся потоке воздуха, определены потери давления на разгон хлопка-сырца в ней и влияние отвода на скорость транспортируемого материала.

Описана созданная экспериментальная установка с барабанно-ленточным питателем, обеспечивающая получение достоверных данных при исследованиях. Экспериментально определены гидравлические потери при пневмотранспортировании хлопка-сырца. Скоростной киносъёмкой определены скорости движения хлопка-сырца. Получены обобщенные зависимости, позволившие провести гидравлический расчет пневмотранспортной системы хлопкоуборочных машин для определения характеристики сети и рабочего режима вентилятора-сепаратора. Описаны новый вентилятор-сепаратор, экспериментальная установка для его аэродинамических и технологических исследований. Выполнен пятифакторный эксперимент и оптимизация параметров.

Приведены результаты полевых испытаний четырехрядной хлопкоуборочной машины Т4ХВ-2,4, оборудованной экспериментальной пневмотранспортной системой с новым вентилятором-сепаратором, изготовленных по рекомендуемым рациональным параметрам.

Автор защищает

- аналитические зависимости описывающие изменение скорости движения хлопка-сырца в вертикальном материалопроводе с нижней приёмной камерой и в отводе и потери давления на разгон;
- закономерности изменения гидравлических потерь в пнев-

мосистеме хлопкоуборочных машин в зависимости от её геометрических параметров и режимов транспортирования хлопка-сырца;

– аэродинамические и технологические параметры нового вентилятора-сепаратора для хлопкоуборочных машин.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В соответствии с решениями XXIII съезда КПСС предусмотрено довести среднегодовое производство хлопка-волокна до 2,8...3,0 млн. тонн к 1990 году. Эта цель должна быть достигнута не только за счет увеличения валовых сборов, но и за счет сохранения природных качеств хлопка-сырца в процессе машинной уборки и повышения выхода волокна, особенно его тонковолокнистых сортов.

Важным направлением в решении этой задачи является повышение агротехнических показателей, технического уровня и качества хлопкоуборочных машин. Одним из путей увеличения выхода хлопка-волокна тонковолокнистых сортов является устранение механической повреждаемости семян при машинной уборке урожая. Наличие дробленых семян в хлопке-сырце является, главным образом, следствием ударного воздействия лопаток рабочего колеса применяемого вентилятора, а также необоснованно высоких скоростей пневмотранспортирования.

Совершенствование пневмотранспортной системы хлопкоуборочных машин применением высокоэффективного вентилятора-сепаратора с целью снижения механической повреждаемости семян хлопка-сырца и энергоёмкости процесса, является актуальной задачей, имеющей важное народнохозяйственное значение.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ТамНИ по темам: "Исследование технологических, энергетических и динамических показателей хлопкоуборочных машин для тонковолокнистого хлопчатника" (Гос. регистр. №0182.3053824), "Исследование и разработка вентиляторов для пневмотранспорта легкоповреждаемых материалов" (Гос. регистр. №0182.1046356), а также Республиканской научно-технической программе "ХЛОПОК".

Цель исследования. Разработка и обоснование параметров усовершенствованной пневмотранспортной системы хлопкоуборочных машин с новым вентилятором-сепаратором, снижающей механическое повреждение семян хлопка-сырца и энергоёмкость.

Объект исследования. Пневмотранспортная система хлопкоуборочных машин с новым вентилятором-сепаратором.

Методика исследований. Дифференциальные уравнения решены численным методом на ЭЦВМ "НАИРИ-3-1". При проведении лабораторно-полевых опытов применены специальные стенды для определения гидравлических потерь, скоростная киносъемка для определения скорости движения хлопка-сырца в пневмотранспортной системе, камера всасывания по ГОСТ 10921-74 для аэродинамических исследований вентилятора-сепаратора, а также специальные стенды с герметичным бункером-уловителем со встроеными расходомерами для технологических экспериментов.

Характеристики вентилятора строились по ГОСТ 10616-73, механическая поврежденность семян хлопка определялась по ГОСТ 218220.3-76. В хозяйственных условиях агротехнические показатели определялись по ОСТ 70.8.11-74.

Результаты опытов обработаны методами математической статистики с использованием ЭЦВМ, а параметры оптимизированы с применением методов математического планирования эксперимента.

Экономическая эффективность результатов исследования рассчитывалась по ГОСТ 23728-79 с использованием нормативно-справочных материалов.

Полевые испытания четырехрядной хлопкоуборочной машины 14XB-2,4 с усовершенствованной пневмотранспортной системой и новым вентилятором-сепаратором, изготовленным по рекомендованным рациональным параметрам, проводились в колхозе им. Ким Пен Ха Среднечирчикского района Ташкентской области по методике, разработанной в ГСКБ по машинам для хлопководства.

Научная новизна. Проведены комплексные исследования пневмотранспортной системы хлопкоуборочных машин с новым вентилятором-сепаратором. Получены обобщенные зависимости, на основе которых выполнен гидравлический расчет пневмотранспортной системы хлопкоуборочных машин, усовершенствована её конструкция, определены её рациональные параметры и необходимая для транспортирования скорость воздушного потока.

Предложена новая аэродинамическая схема и разработан высокоэффективный вентилятор-сепаратор (а.с. №942621), оптимизированы его геометрические параметры, при которых достигнута наименьшая повреждаемость семян и высокий КПД.

Практическая ценность. Применение на четырехрядной хлопкоуборочной машине усовершенствованной пневмотранспортной системы с новым вентилятором-сепаратором с рациональными параметрами позволяет при сборе тонковолокнистых сортов хлопка снизить механическую повреждаемость семян до 0,4% против 3,65% на существующей и энергоёмкость системы с 10 кВт до 4,9 кВт, что даст экономический эффект 786 рублей на одну машину в год.

Предложенные обобщенные зависимости позволяют выполнить гидравлический расчет пневмотранспортных систем хлопкоуборочных машин.

Реализация результатов исследований. По результатам исследований, переданным в ИСХБ по машинам для хлопководства, изготовлен опытный образец пневмотранспортной системы с новым вентилятором-сепаратором и установлен на четырехрядную хлопкоуборочную машину Т4ХВ-2,4. Полевые испытания в хозяйственных условиях в колхозе им. Ким Пен Хва Ташкентской области в 1985 и 1986 гг подтвердили его высокую эффективность по сравнению с серийной, а также достаточную надежность в работе.

Агробазис работы. Основные положения диссертации докладывались на ежегодных научно-теоретических конференциях профессорско-преподавательского состава ТашИИ в 1980...1986 гг, на Всесоюзной научной конференции по проблеме "Повышение агротехнических показателей, технического уровня и качества сельскохозяйственных машин для зоны орошаемого земледелия" (Ташкент, 1984 г.).

Публикация. По теме диссертации опубликованы 6 научных работ и получено одно авторское свидетельство на изобретение.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и рекомендаций, списка литературы и приложения. Изложена на 155 страницах машинописного текста, рис. 42, таблиц 12, библиограф. список, в том числе 9 иностранных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследований и сформулирована цель диссертационной работы.

В первой главе "Состояние вопроса и задачи исследований" приведен обзор конструкций пневмотранспортных систем хлопко-

уборочных машин, применяемых вентиляторов и методы гидравлического расчета.

Исследованиям пневмотранспортных систем для различных сыпучих и волокнистых материалов, аэродинамическим исследованиям и разработке высокоэффективных радиальных вентиляторов посвящены работы Дзядзио А.М., Зуева Ф.Г., Калинушкина М.П., Броунштейна Б.И., Ветрова Е.Ф., Нелюбова А.И., Соломаховой Т.С., Кислова Н.В., Пухлий В.А., Рахматуллина Х.А., Матипова К.Ш., Потапова Е.Д., Сорокина Н.С., Зильбермана П.И., Исмаилова М.И., Артыкова Н.А. и др.

Показано, что при пневмотранспорте с пропуском через вентилятор, большинства легкоповреждаемых материалов, в том числе и хлопка-сырца, их контакт с лопатками рабочего колеса не допустим, так как в одном случае это ведет к повреждению материала, а в другом - к износу лопаток. Так, из-за ударного воздействия лопаток вентилятора серийных хлопкоуборочных машин поврежденность семян хлопка тонковолокнистых сортов достигает более 4%.

С целью исключения прохода транспортируемого хлопка-сырца через вентилятор разработаны пневмотранспортные системы магнетательного типа у нас в стране и эжекционного в США. Такие системы весьма энергоёмки и не позволяют на базе существующих хлопководческих тракторов создавать четырехрядный вариант хлопкоуборочных машин.

В серийной пневмотранспортной системе всасывающе-магнетательного типа хлопок проходит через вентилятор с угловым эллиптическим входом. Хлопок двигаясь по наружной стенке отвода входит в спиральный корпус минуя рабочее колесо. Однако, значительная часть хлопка попадает на лопатки. С целью снижения повреждаемости семян к лопаткам этого вентилятора предложено прикреплять эластичные накладки, которые не нашли применения из-за ненадежности.

С аналогичной целью рядом авторов предложены вентиляторы, имеющие сложную конструкцию рабочего колеса. Повреждаемость семян в них удалось снизить только до 2%.

Для пневмотранспорта хлопка-сырца наиболее эффективен по принципу работы является вентилятор-сенатор, разработанный Н.А. Артыковым, Э.Г. Таджиевым и Х.Т. Арифджановым. Наблюдениями за его работой установлено, что некоторая часть

долек хлопка-сырца ударяется о язык спирального корпуса, с последующим зависанием на нем, приводящем к их повреждению. Повреждаемость семян хлопка-сырца средневолокнистых сортов в этом вентиляторе составила 0,2%, однако его КПД ниже чем у известных вентиляторов. Это объясняется тем, что влияние угла входа лопаток рабочего колеса и раскрытие спирального корпуса на его аэродинамические характеристики изучены недостаточно, а влияние языка и длины выходного отверстия не исследовались.

Анализ методов расчета пневмотранспортных систем показал, что наиболее подробно изучены вопросы пневмотранспорта зернистых и др. сыпучих материалов, существенно отличающихся по своим физико-механическим свойствам от хлопка-сырца. Влияние хлопка-сырца на потери давления в вертикальной пневмотранспортной системе хлопкоуборочных машин не изучено, поэтому провести её научно обоснованный гидравлический расчет не представляется возможным.

Добиться снижения механической повреждаемости семян хлопка-сырца при его пневмотранспортировании от уборочных аппаратов до бункера хлопкоуборочных машин можно разработкой нового вентилятора-сепаратора, а технологической надежности и снижения энергоёмкости – обоснованием его рациональных параметров. С этой целью определены следующие задачи исследования:

1. Провести теоретический анализ движения хлопка-сырца в вертикальном материалопроводе с целевой приёмной камерой и по отводу, а также потерь давления на разгон.
2. Разработать и изготовить экспериментальные установки для исследования пневмотранспортных систем хлопкоуборочных машин.
3. Исследовать гидравлические потери в пневмотранспортной системе хлопкоуборочных машин при движении воздуха и хлопка-сырца.
4. Экспериментально обосновать рациональные параметры вентилятора-сепаратора.
5. Изготовить по рациональным параметрам на базе четырехрядной хлопкоуборочной машины опытную пневмотранспортную систему с новым вентилятором-сепаратором и провести полевые испытания для проверки эффективности её работы в хозяйственных условиях.

В второй главе "Теоретические предпосылки к исследованию

движения хлопка-сырца в воздушном потоке" на основе анализа сил, действующих на дольку хлопка-сырца, аналитически определены изменения её скорости в вертикальном материалопроводе с целевой приёмной камерой и отводе, а также потери давления на разгон.

Движение хлопка-сырца в вертикальном материалопроводе с целевой приёмной камерой. На участке разгона затраты энергии идут главным образом на преодоление инерции масс твердых частиц и изменения скорости при разгоне. На дольку хлопка-сырца в вертикальном воздушном потоке, действуют силы тяжести mg и сила аэродинамического воздействия потока на дольку P_d . В приёмную камеру воздух всасывается через нижний открытый торец со скоростью $V_{B0} = 0,45 V_B$ (V_B - скорость воздушного потока после приёмной камеры) и через боковое продольное отверстие. Рассмотрены два вида изменения средней по сечению её патрубка скорости воздушного потока V_{BC} : линейное $-V_{BC} = V_{B0} + K_1 X$ и нелинейное $-V_{BC} = V_{B0} + K_2 X^2$. Здесь и в последующих выражениях X - величина безразмерная, численно равная её координате замеренной в метрах.

Для условия, что скорость воздушного потока по сечению патрубка приёмной камеры одинакова и равна V_{BC} , составлено дифференциальное уравнение движения хлопка-сырца в ней:

$$V_M \frac{dV_M}{dX} = K_{II} (V_{BC} - V_M)^2 - g. \quad (I)$$

Решением уравнения (I) численным методом Рунге-Кутты на ЭЦМ определены среднеинтегральные значения скорости хлопка-сырца в приёмной камере:

- при линейном изменении V_{BC}

$$V_{M1}' = (130X^3 - 207X^2 + 110,8X - 19,51)V_B; \quad (2)$$

- при нелинейном изменении V_{BC}

$$V_{M2}' = (225X^3 - 356X^2 + 188,5X - 33,04)V_B; \quad (3)$$

для которых соответствует место ввода хлопка-сырца с координатой соответственно $X_{H1} = 0,4$ м и $X_{H2} = 0,42$ м.

Решением уравнения (I) для условия $V_{BC} = V_B$ установлено, что длина участка разгона после приёмной камеры в вертикальном материалопроводе составляет менее 2 м. Изменение скорос-

ти хлопка-сырца после приёмной камеры соответственно будет:

- при линейном изменении $V_{вс}$

$$V_{M1}'' = (-0,108X^4 + 0,517X^3 - 0,913X^2 + 0,794X + 0,54)V_B; \quad (4)$$

- при нелинейном изменении $V_{вс}$

$$V_{M2}'' = (-0,05X^4 + 0,315X^3 - 0,765X^2 + 0,888X + 0,46)V_B \quad (5)$$

При разгоне хлопка-сырца в приёмной камере и после неё в вертикальном материалопроводе изменяется не только сила аэродинамического воздействия потока P на него, но и концен-трация хлопковоздушной смеси M . Для этих условий составлено дифференциальное уравнение, описывающее потери давления на разгон хлопка-сырца в вертикальном потоке:

$$dP_P = \mu \rho \frac{V_B}{V_M} \left[K_n (V_{вс} - V_M)^2 - g \right] dX. \quad (6)$$

Решением уравнения (6) численным методом для соответствую-щих значений $V_{вс}$ и V_M , определены потери давления на разгон хлопка-сырца в вертикальном материалопроводе с щелевой приём-ной камерой:

$$\Delta P_P = (1,62 \dots 1,65) M \frac{\rho V_B^2}{2}. \quad (7)$$

Влияние геометрических параметров отвода на скорость хлопка-сырца. На дольку хлопка-сырца, движущуюся по внешней стенке отвода, при повороте потока действуют: сила тяжести mg , центробежная сила P_c , сила трения P_T и сила аэродинамического воздействия воздушного потока P'_a . Дифференциальное уравнение движения дольки хлопка-сырца в отводе будет:

$$m \frac{dV_M}{dt} = P'_a - P_T - mg \cos \varphi. \quad (8)$$

Для удобства расчетов из уравнения (8) исключили перемен-ную dt и преобразовали к виду:

$$V_M \frac{dV_M}{d\varphi} = R_1 K_n' (V_B - V_M)^2 - f_a V_M^2 + R_1 g (f_a \sin \varphi - \cos \varphi). \quad (9)$$

Решением уравнения (9) установлено, что скорость хлопка-сырца на выходе из отвода линейно зависит от скорости воздуш-ного потока, а с увеличением относительного радиуса в пределах $R/D = 1 \dots 5$ потери скорости хлопка-сырца в отводе снижаются и

составляют $V_M^K/V_M^H = 0,53...0,66$.

В третьей главе "Экспериментальная установка и методика исследования пневмотранспортной системы хлопкоуборочных машин" описана экспериментальная установка, включающая в себя специальный барабанно-ленточный питатель, имитирующий работу уборочного аппарата и обеспечивающий равномерную дозированную подачу хлопка-сырца в приёмную камеру. Скорость движения хлопка-сырца определена при помощи скоростной киносъёмки. Всасывающий воздушный поток создавался вентилятором-сепаратором, имеющим герметичный бункер-накопитель. Транспортируемый хлопок-сырец через полый вал входит в вентилятор-сепаратор и далее по инерции пролетает через противоположное отверстие в задней стенке спирального корпуса в герметичный бункер-накопитель. Из вентилятора-сепаратора выходит слегка запыленный воздух, расход которого замеряется оттарированной трубой Вентури.

Методом математической статистики определено необходимое число фиксирований показаний батарейного микроманометра. Адекватность полученных математических моделей и значимость их коэффициентов проверены по критериям Фишера и Стьюдента при 5% ном уровне значимости.

В четвертой главе "Результаты экспериментальных исследований пневмотранспортной системы хлопкоуборочных машин" получены обобщенные адекватные зависимости для определения гидравлических потерь на участках разгона и равномерного движения вертикального материалопровода и в отводах. Приведены результаты скоростной киносъёмки.

Гидравлические потери определены для материалопроводов диаметром $D = 0,15; 0,18$ и $0,21$ м и отводов с $R/D = 1; 2; 2,5; 4$ и 5 при $V_B = 15...23$ м/с и концентрации $M = 0,04...0,4$ кг/кг.

Начальным участком пневмосистемы является щелевая приёмная камера, гидравлические потери в которой складываются из потерь на чистом воздухе $\Delta p_{пкв}$ и на разгон хлопка-сырца Δp_p . Потери давления на чистом воздухе оценивали по формуле проф. В.И. Ханжонкова (ЦАГИ). Опытные значения коэффициента сопротивления приёмной камеры для этой формулы определены в зависимости от геометрических параметров и аппроксимированы как:

$$\xi_{пкв} = 15,46 - 13,95 \left(\frac{F_0}{F_T} \right) - 36b + 9,84\ell - 0,51 \left(\frac{F_0}{F_T} \right)^2 - 491b^2 - 50\ell^2 + 62,4 \left(\frac{F_0}{F_T} \right) b + 23 \left(\frac{F_0}{F_T} \right) \ell + 67,4b\ell, \quad (10)$$

где ℓ и b — длина и ширина бокового отверстия;

F_0/F_T — отношение суммарной площади входа в приёмную камеру к площади сечения выходного отверстия.

Гидравлические потери в приёмной камере растут с увеличением F_0/F_T и ℓ , и практически не зависят от формы сечения её патрубка. При проектировании приёмных камер рекомендуется не увеличивать длину бокового отверстия.

Потери давления на разгон Δp_p хлопка-сырца в приёмной камере не зависят от диаметра вертикального материалопровода:

$$\Delta p_p = 1,33 \mu p V_B^2 / 2 \quad (II)$$

Опытные значения Δp_p отличаются от теоретических (7) всего на 25...28%, однако это указывает на сложность процесса разгона хлопко-сырца в приёмной камере.

Для участка равномерного движения вертикального материалопровода гидравлические потери на трение воздуха и хлопко-сырца оценивались по формуле Дарси-Вейбаха, а потери на подъем взвешенного материала — действительной концентрации смеси. Экспериментальные значения коэффициента сопротивления на трение материала λ_T^B аппроксимированы как

$$\lambda_T^B = 54,1 Re^{-0,6} \left(\frac{D}{L} \right)^{-0,95} \mu^{0,45} \quad (I2)$$

При $D < 0,18$ м потери на трение хлопко-сырца резко возрастают, так как он заполняет всё большую часть сечения материалопровода и количество его взаимодействий со стенками и между собой увеличивается. Рекомендуется в пневмотранспортной системе хлопкоуборочных машин применять материалопроводы с $D \geq 0,18$ м.

Коэффициент сопротивления на трение воздуха для исследованных диаметров материалопроводов аппроксимирован как

$$\lambda = 0,164 Re^{-0,187} \quad (I3)$$

Для определения действительной концентрации хлопковоздушной смеси $\mu_B = \mu \cdot V_B / V_M$ скорость хлопко-сырца V_M на участке равномерного движения определена при помощи скоростной киносъёмки и аппроксимирована зависимостью:

$$V_M = 0,878 \cdot V_B \quad (I4)$$

Скорость хлопко-сырца V_M от концентрации смеси $\mu = 0,04$... $0,4$ кг/кг и диаметра $D = 0,15$... $0,21$ м практически не за-

висит.

Гидравлические потери в отводах складываются из потерь на трение и завихрение транспортирующего воздушного потока, потерь на трение материала о внешнюю стенку отвода и на разгон его после отвода. По данным скоростной киносъёмки длина участка разгона хлопка-сырца после отвода составляет 0,35...0,45 м, что в 3...4 раза меньше длины участка с неустановившимся потоком. Поэтому потери на разгон отнесены к потерям в самом отводе. Гидравлические потери в отводе оценивались по формуле Вейсбаха. Экспериментальные значения входящего в неё коэффициента сопротивления отвода при транспортировании хлопка-сырца аппроксимированы зависимостью:

$$\xi_T = 131 \left(\frac{R}{D}\right)^{-0,25} \cdot Re^{-0,3} \left(\frac{D}{L}\right)^{0,2} \cdot Fz^{-0,2} \mu. \quad (15)$$

Увеличение R/D от 1 до 2,5 не влияет на потери скорости хлопка-сырца в отводе V_M^k/V_M^H и снижение ξ_T в этом диапазоне R/D происходит за счет уменьшения потерь на трение о стенки.

При увеличении R/D от 4 до 5 значение V_M^k/V_M^H увеличивается на 14...15%. Одновременно возрастает потеря на трение за счет большего увеличения развернутой длины отвода. В результате снижение ξ_T составляет всего 3...4%.

Скоростной киносъёмкой установлено, что в приёмной камере транспортирование хлопка-сырца начинается при скоростях воздушного потока $V_B = 8...13$ м/с в зависимости от подачи. При этом хлопок-сырец движется неустойчиво, колеблясь и ударяясь о стенки вертикального материалопровода. При скоростях $V_B = 16...17$ м/с наблюдается устойчивое движение, а приёмная камера надежно работает даже при подачах хлопка-сырца до 0,25 кг/с с влажностью 9...12%. Эта скорость рекомендуется для транспортирования хлопка-сырца вместо принятой 25 м/с.

Скорость хлопка-сырца на выходе из отвода V_M^k линейно зависит от скорости воздушного потока и с увеличением R/D потери скорости V_M в отводе снижаются. Экспериментальные значения $V_M^k/V_M^H = 0,56...0,78$ отличаются от теоретических на 5...15%, что подтверждает их достоверность.

Для отводов $R/D = 1...2,5$ при $\mu < 0,15$ кг/кг винтообразное движение хлопка спрямляется на расстоянии 0,25...0,35 м после отвода, а при $\mu > 0,15$ - почти сразу же. На входе в вентиллятор-

сепаратор возможна установка отвода с $R/D = 1 \dots 2,5$.

Гидравлический расчет пневмотранспортной системы хлопкоуборочных машин выполнен с использованием полученных расчетных зависимостей. При исходных данных $V_B = 17$ м/с и $\mu = 0,3$ кг/кг, расчетным путем определены потери давления в элементах системы с последующим их суммированием.

На базе нового вентилятора-сепаратора предложена усовершенствованная пневмотранспортная система для четырехрядной хлопкоуборочной машины И4ХВ-2,4. Ее гидравлический расчет показал, что на рабочем режиме вентилятор системы должен при производительности $Q_B = 1,73$ м³/с развивать статическое давление $P_{sv} = 670$ Па, что на 60 Па меньше, чем для серийной И4ХВ-2,4. Достоверность расчетов подтверждена полевыми испытаниями.

В пятой главе "Экспериментальные лабораторно-полевые исследования вентилятора-сепаратора и пневмотранспортной системы хлопкоуборочных машин" приведены описания конструкции, результаты аэродинамических и технологических исследований вентилятора-сепаратора, полевых испытаний всей системы и расчет экономической эффективности результатов работы.

Конструкция и принцип действия нового-вентилятора-сепаратора. В спиральном корпусе I (рис.1) язык расположен только над рабочим колесом 2 и имеет боковую перегородку 4. За ней находится прямая боковая стенка 3 обечайки, установленная с подъемом $\alpha = 5^\circ \dots 10^\circ$ в направлении выходного отверстия и выполняющая функцию направителя материала. Рабочее колесо полукрытого типа установлено на полом вале 7. В вентилятор-сепаратор хлопок-сырец всасывается через патрубок 6. Основ-

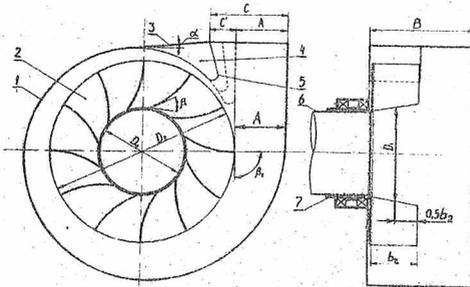


Рис.1. Аэродинамическая схема нового вентилятора-сепаратора (а.с. №942621)

ная часть воздушного потока проходит между лопатками, а хлопок-сырец по инерции пролетает в свободное от рабочего колеса пространство спирального корпуса, откуда уносится воздушным потоком. Незначительная часть хлопка-сырца достигнув поверхности направлятеля 3 или перегородки 4 совершает вращательное движение по поверхности обечайки спирального корпуса без зависания, которое имело место до усовершенствования аэродинамической схемы вентилятора-сепаратора.

Аэродинамические испытания проводились с помощью камеры всасывания по ГОСТ 10921-74. Все испытания выполнены на вентиляторе-сепараторе с диаметром рабочего колеса $D_2 = 0,7$ м, диаметре входа $D_0 = 0,325$ м и угле выхода лопаток $\beta_2 = 90^\circ$. Результаты испытаний всех исследованных вариантов вентилятора-сепаратора приведены в виде безразмерных характеристик по ГОСТ 10616-73.

Оптимизация параметров вентилятора-сепаратора: ширины рабочего колеса b_2 , раскрытия A , ширины B и относительного удлинения выходного отверстия $C' = C - A$ спирального корпуса, и угла входа лопаток β_1 осуществлена выполнением экспериментов по симметричному композиционному плану Бокса второго порядка типа B_5 . Уровни варьирования факторов приведены в табл. I.

Таблица I. Уровни варьирования факторов

	Факторы				
	b_2 , м	A , м	β_1 , град.	C' , м	B , м
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Основной уровень ($X_0 = 0$)	0,175	0,160	25	0,050	0,400
Интервал варьирования (ΔX)	0,040	0,040	10	0,050	0,050

Критериями оптимизации взяты номинальные значения полного ($\Psi^H > 1,15$) и статического ($\Psi_3^H > 1,05$) давлений вентилятора-сепаратора, соответствующие его максимальному КПД ($\Psi_H = 0,1$), а также статическое давление $\Psi_3^{0,13} > 0,85$, соответствующее коэффициенту расхода $\Psi = 0,13$ при рабочем режиме. В результате об-

работки экспериментальных данных на ЭЦВМ получены адекватные уравнения регрессии для определения номинальных значений коэффициентов полного Y_1 и статического Y_2 давлений, а также для $\psi = 0,13$ коэффициента статического давления Y_3 :

$$Y_1 = 1,185 - 0,026X_1 + 0,048X_5 + 0,012X_2X_4 + 0,01X_3X_5 + \\ + 0,003X_1^2 - 0,003X_2^2 + 0,019X_3^2 - 0,008X_4^2 - 0,032X_5^2; \quad (16)$$

$$Y_2 = 0,98 + 0,047X_1 + 0,126X_2 - 0,013X_3 + 0,143X_4 + \\ + 0,053X_5 + 0,008X_1X_2 + 0,018X_1X_3 - 0,004X_1X_4 - \\ - 0,002X_1X_5 + 0,004X_2X_3 - 0,072X_2X_4 - 0,029X_2X_5 + \\ + 0,002X_3X_4 + 0,002X_3X_5 - 0,032X_4X_5 - 0,046X_1^2 - 0,034X_2^2 + \\ + 0,017X_3^2 - 0,058X_4^2 - 0,005X_5^2; \quad (17)$$

$$Y_3 = 0,686 + 0,022X_1 + 0,215X_2 - 0,01X_3 + 0,237X_4 + \\ + 0,094X_5 + 0,005X_1X_2 + 0,02X_1X_3 - 0,005X_1X_4 - 0,004X_1X_5 + \\ + 0,001X_2X_3 - 0,111X_2X_4 - 0,04X_2X_5 + 0,005X_3X_5 - 0,043X_4X_5 - \\ - 0,056X_1^2 - 0,05X_2^2 + 0,023X_3^2 + 0,086X_4^2 - 0,017X_5^2. \quad (18)$$

Методом перебора по "сетке" определены и рекомендуются следующие оптимальные параметры: $A = 0,2$ м; $C = 0,3$ м; $b_2 = 0,175$ м; $\beta_1 = 25^\circ$; $B = 0,35 \dots 0,45$ м. При этом КПД вентилятора-сепаратора составляет $\eta = 0,59 \dots 0,64$.

Технологические исследования вентилятора-сепаратора.

Повреждаемость семян в значительной степени зависит от ширины свободного от рабочего колеса пространства спирального корпуса ($B - b_2$), а при постоянном b_2 - от ширины B . При транспортировании тонковолокнистых сортов хлопка 5904-И с влажностью 8...9% поврежденность семян составила для $B = 0,4$ м 0,3% и 0,4% соответственно при горизонтальном и вертикальном расположении оси полого вала. При $B > 0,4$ м повреждаемость семян снижается незначительно, однако заметно снижается КПД.

При $V < 0,4$ м КЩД несколько выше, но повреждаемость семян превышает допустимые ГОСТом пределы. Рекомендуется $V = 0,4$ м.

Полевые испытания. По рекомендованным рациональным параметрам в ГСКБ по машинам для хлопководства на базе четырехрядной хлопкоуборочной машины I4XB-2,4 спроектирован и изготовлен опытный образец пневмотранспортной системы с новым вентилятором-сепаратором, с вертикальным расположением его оси (рис.2).

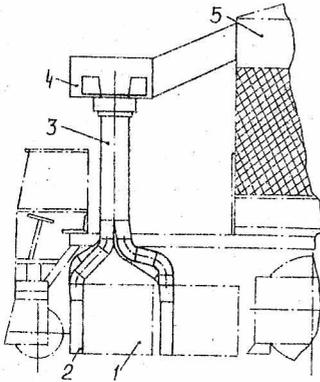


Рис.2. Усовершенствованная схема пневмотранспортной системы хлопкоуборочной машины I4XB-2,4:

1-уборочный аппарат; 2-приёмная камера; 3-вертикальный материалопровод; 4-вентилятор-сепаратор; 5-бункер

На размерной аэродинамической характеристике вентилятора-сепаратора (рис.3), рекомендованного для машины I4XB-2,4, приведена также характеристика сети $\Delta p(Q_B)$. Его рабочий режим определяется точкой пересечения характеристик вентилятора

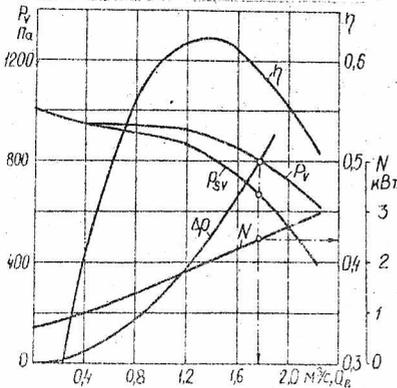


Рис.3

и сети $\Delta p(Q_B)$. Его рабочий режим определяется точкой пересечения характеристик вентилятора $p_v(Q_B)$ и сети $\Delta p(Q_B)$, которому соответствует полное давление $p_v = 800$ Па и статическое — $p_{sv} = 670$ Па и потребляемая мощность $N = 2,45$ кВт при $\eta = 0,6$ мин⁻¹. Серийная пневмотранспортная система

I4XB-2,4 потребляет на 2 рядка 5 кВт мощности.

При полевых испытаниях два рядка обслуживались опытной, а два других - серийной пневмотранспортной системой I4XB-2,4. В 1986 г. машиной собрано 65 т. хлопка-сырца сорта С-4880, Агротехнические показатели машины I4XB-2,4 приведены в табл.2.

Таблица 2. Результаты полевых испытаний машины I4XB-2,4

Агротехнические показатели	Опытная	Серийная
Полнота сбора, %	73,2	73,1
Оставлено хлопка на кустах, %	20,4	20,4
Сбито хлопка на землю, %	6,4	6,5
Сбито зеленых коробочек, шт/п.м.	0,45	0,5
Поврежденность семян, %	0,13	1,2

Годовой экономический эффект от внедрения результатов исследований за счет снижения повреждаемости семян хлопка-сырца тонковолокнистых сортов при машинном сборе и снижения энергоёмкости пневмотранспортной системы составляет 786 рубл. на одну четырехрядную машину.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Анализ конструкций существующих пневмотранспортных систем хлопокоуборочных машин и вентиляторов показал, что наименьшую энергоёмкость по сравнению с другими, имеет пневмотранспортная система всасывающе-нагнетательного типа, однако, из-за ударного воздействия лопаток рабочего колеса применяемого в ней вентилятора с угловым эллиптическим входом и высоких скоростей транспортирования, повреждаемость семян хлопка-сырца значительно превышает допустимые пределы.

Разработка и обоснование параметров пневмотранспортной системы с новым вентилятором-сепаратором, с целью снижения повреждаемости семян хлопка-сырца при машинном сборе и её энергоёмкости, является актуальной задачей.

2. Теоретическими исследованиями установлены закономерности изменения скоростей транспортируемого хлопка-сырца в приёмной камере и отводе, а также получены аналитические за-

зависимости для определения потерь давления на разгон в вертикальном материалопроводе с щелевой приёмной камерой.

3. Разработана экспериментальная установка с барабанно-ленточным питателем, имитирующим работу хлопкоуборочного аппарата и обеспечивающим равномерную подачу хлопка-сырца в щелевую приёмную камеру.

4. Получены обобщенные зависимости позволившие провести гидравлический расчет пневмотранспортной системы с щелевой приёмной камерой. Рекомендуются на хлопкоуборочных машинах принимать скорость транспортирующего воздушного потока равной 16...17 м/с, диаметр вертикального материалопровода $D \geq 0,18$ м и отводы на входе в вентилятор-сепаратор с $R/D = 1...2,5$.

5. Предложена для хлопкоуборочных машин пневмотранспортная система с вентилятором-сепаратором с вертикально расположенной осью вала, в которой гидравлические потери по сравнению с серийной меньше на 60 Па, а потребляемая мощность - на 5,1 кВт и позволяющая создавать четырехрядную хлопкоуборочную машину для уборки тонковолокнистых сортов хлопка-сырца.

6. Предложена и разработана новая аэродинамическая схема высокоэффективного вентилятора-сепаратора (а.с. №94262I) для хлопкоуборочных машин. Рекомендованы его следующие рациональные параметры $D_0 = 46,4$; $D_1 = 47,1$; $A = 28,6$; $B = 57,1$;

$C = 42,9$; $b_2 = 25$; $\beta_1 = 25^\circ$; $\beta_2 = 90^\circ$; $Z = 12$ шт. (размеры даны в процентах от диаметра рабочего колеса D_2). При этом его КПД равен 62,4%, повреждаемость семян хлопка-сырца тонковолокнистых и средневолокнистых сортов составляет соответственно не более 0,4% и 0,2% при вертикальном расположении оси вала.

7. По результатам исследований в ГСКБ по машинам для хлопководства спроектирован и изготовлен опытный образец пневмотранспортной системы с новым вентилятором-сепаратором для хлопкоуборочной машины I4XB-2,4. Полевые испытания подтвердили его высокую эффективность и соответствие агротехническим требованиям.

8. Ожидаемый годовой экономический эффект за счет снижения повреждаемости семян хлопка-сырца и энергоёмкости составляет 786 рублей на одну четырехрядную машину.

Приняты обозначения: $L = 0,085$ м - среднестатистическая длина дольки хлопка-сырца первого машинного сбора; M - масса

хлопка-сырца; ρ -- плотность воздуха, кг/м³; K_n -- коэффициент парусности, м⁻¹; f_0 -- коэффициент трения хлопка-сырца; R_1 и R_2 -- радиус внешней стенки отвода и средний его радиус, м; Re -- число Рейнольдса; Fz -- число Фруда.

По теме диссертации опубликованы следующие работы

1. Хамидов Р.А. Исследование гидравлического сопротивления приёмных камер хлопоуборочных машин. -- В кн.: Теория и конструирование машин для хлопководства. Сборник научных трудов. -- Ташкент: Издат. ТашПИ, 1983, с. 73...77.

2. Артыков Н.А., Хамидов Р.А. Исследование вертикальных материалопроводов при пневматическом транспортировании хлопка-сырца. -- Докл.АН УзССР, 1983, №7, с.22...24.

3. Артыков Н.А., Гембаржевский М.Я., Соломахова Т.С., Хамидов Р.А. Вентилятор-сепаратор. Авт. свид. №942621. -- Булл. изобрет., 1982, № 26.

4. Артыков Н.А., Хамидов Р.А. Пути усовершенствования пневмотранспортной системы хлопоуборочных машин. -- Тезисы докладов Всесоюзной научно-техн. конф.: Повышение агротехнических показателей, технического уровня и качества сельскохозяйственных машин для зоны орошаемого земледелия. Ч. II. -- Ташкент, 1984, с.131.

5. Артыков Н.А., Хамидов Р.А. Влияние отводов на потери давления и эффективность сепарации в вентиляторе-сепараторе при пневмотранспортировании хлопка-сырца. -- Докл.АН УзССР, 1986, №1, с.17...18.

6. Артыков Н.А., Арифджанов Х.Т., Хакимов В.В., Хамидов Р.А. Исследование и разработка новых вентиляторов для пневмотранспорта легкоповреждаемых материалов. -- Науч. отчет/ТашПИ, № гос. регистрации 01821046356, Инв. № 02860084587, 1986, с.65.

7. Хамидов Р.А. Исследование потерь давления в приёмных камерах и вертикальных материалопроводах пневмотранспортной системы хлопоуборочных машин. -- В науч. отчете ТашПИ: Исследование динамики и технологического процесса хлопоуборочных машин, № гос. регистрации 01820079536, Инв. №02860084071, 1986, -- 137 с.

Р18593. Подписано к печати 19/2.86. в. Формат бумаги 60x84 $\frac{1}{2}$.
Бумага писчая. Печать офсетная. Объем 1 в. л. Тираж 100 экз. Заказ №1943.

Отпечатано в типографии ТавиШЕ Гашкен, ул. Я. Кюльса, 16