

На правах рукописи

ЧИНЯЕВ Ильгиз Рашитович



**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ
НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ
ШИБЕРНЫХ ЗАДВИЖЕК**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск – 2013

Работа выполнена на кафедре «Механизация животноводства» ФГБОУ ВПО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Фоминых Александр Васильевич

Официальные оппоненты: **Круглов Геннадий Александрович**,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Тепловодогазоснабжение
сельского хозяйства» ФГБОУ ВПО «Челябинская
государственная агроинженерная академия»

Мансуров Рустам Шамильевич,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение,
вентиляция и гидромеханика»
ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный
аграрный университет»

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный
аграрный университет»

Защита состоится «25» октября 2013 г., в 13.00 часов на заседа-
нии диссертационного совета Д 220.069.01 на базе ФГБОУ ВПО «Челя-
бинская государственная агроинженерная академия» по адресу: 454080,
г. Челябинск, пр. им. В. И. Ленина, 75.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Че-
лябинская государственная агроинженерная академия».

Автореферат разослан «20» сентября 2013 г. и размещен на официальном
сайте ВАК при Министерстве образования и науки России <http://vak.ed.gov.ru>
и на сайте ФГБОУ ВПО ЧГАА <http://www.csa.ru>.

Ученый секретарь
диссертационного
совета



Возмилов
Александр Григорьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В сельскохозяйственном производстве важную роль играют системы водоснабжения, мелиорации, приготовления и раздачи жидких кормов, транспортирования навоза и другие гидравлические системы. Системы гидромеханизации позволяют полностью перейти на комплексную механизацию таких технологических процессов, как охлаждение, увлажнение и очистка от примесей, и создать безопасные и нормальные условия труда на производстве, обеспечить требования охраны труда.

К приоритетным направлениям развития водохозяйственного комплекса относятся реконструкция, модернизация и новое строительство водопроводных сооружений. Одной из задач программы «Чистая вода» является стимулирование производства инновационного отечественного оборудования для систем водоснабжения. Для регулирования потоков жидкости в данных системах нужна трубопроводная арматура. Проектные и эксплуатирующие арматуру организации часто устанавливают запорные задвижки в режиме регулирования, что приводит к появлению кавитации, интенсивному износу и быстрому выходу задвижек из строя.

В связи с этим вопросы исследования и установления закономерностей движения жидкости в шиберных задвижках и взаимодействия жидкости с затворным узлом с целью определения рациональных значений конструктивных параметров задвижек для повышения точности регулирования потоков жидкости и исключения повреждения затворного узла во всем диапазоне хода шибера являются актуальными.

Работа выполнена в соответствии с разделом федеральной программы по научному обеспечению развития АПК РФ: шифр 01.02 «Разработать перспективную систему технологий и машин для производства продукции растениеводства и животноводства на период до 2015 года».

Цель работы. Повышение эффективности гидромеханизации сельскохозяйственных процессов на основе совершенствования шиберных задвижек.

Объект исследования. Процесс движения жидкости в системах гидромеханизации сельскохозяйственных процессов при использовании шиберных задвижек.

Предмет исследования. Закономерности движения жидкости в шиберных задвижках; взаимосвязь между конструктивными параметрами систем гидромеханизации сельскохозяйственных процессов и шиберных задвижек.

Научная новизна основных положений, выносимых на защиту:

– закономерности, описывающие процесс движения жидкости в шиберных запорно-регулирующих задвижках при использовании стабилизатора;

– методика расчета и значения чисел Рейнольдса, коэффициентов сжатия струи, сопротивления, скорости и расхода шиберных запорно-регулирующих задвижек в зависимости от хода шибера при использовании стабилизатора;

– методика использования программного комплекса ANSYS для моделирования процесса прохождения воды через шиберные задвижки, определения кавитационных и пропускных характеристик задвижек;

– метод регулирования расположения кавитационной зоны за запорным узлом шиберных задвижек с помощью стабилизатора;

– режимы работы предлагаемых задвижек в системах гидромеханизации сельскохозяйственных процессов.

Практическая значимость работы и реализация ее результатов. Разработана методика расчета, позволяющая на стадии проектирования определять влияние конструктивных параметров систем гидромеханизации при использовании в них шиберных запорно-регулирующих задвижек на расход жидкости. Разработана конструкция шиберной запорно-регулирующей задвижки со стабилизатором, защищенная патентами Российской Федерации. Методика расчета задвижек внедрена на предприятии по производству трубопроводной арматуры ООО НПФ «МКТ-АСДМ». Результаты исследований используются ООО «ГПИмясомолпром» и ООО «Кургантрансмашпроект-Р» при разработке проектов для АПК России. Предлагаемые задвижки внедрены в систему водозабора села Лесниково Кетовского района и систему водоснабжения животноводческих ферм СПК «Искра» Сафакулевского района, проект реконструкции систем водоснабжения и удаления жидкого помета в ЗАО «Агрофирма „Боровская“» Курганской области. Результаты теоретических и экспериментальных иссле-

дований используются в учебном процессе Курганской ГСХА имени Т. С. Мальцева.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научных конференциях в КГСХА и ЧГАА (2012, 2013 гг.); на международных совещаниях «Безопасность, техническое обслуживание и ремонт на энергоблоках АЭС» (2010 г., г. Марианские Лазни, Чехия); «Создание и изготовление нового оборудования и арматуры для энергоблоков АЭС» (2010 г., г. Марсель, Франция); международной выставке «Нефтегаз» (2011 г., г. Москва).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 18 научных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 патента на изобретения РФ и 5 патентов на полезную модель.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов, библиографии и приложений. Работа изложена на 163 страницах машинописного текста, содержит 52 иллюстрации, 4 таблицы и 29 приложений. Список использованной литературы включает в себя 129 наименований, в том числе 7 источников на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассматривается актуальность темы, поставлена цель исследования, кратко излагаются основные положения, выносимые на защиту, дана общая характеристика выполненных исследований.

В **первой главе** «Состояние вопроса, цель и задачи исследования» дана оценка состояния и перспектив использования систем гидромеханизации сельскохозяйственных процессов, перспектив развития систем водоснабжения сельскохозяйственного назначения.

Изучением систем гидромеханизации сельскохозяйственных процессов занимались В. А. Дидур, А. П. Исаев, Б. И. Сергеев и другие ученые. Большой вклад в развитие арматуростроения внесли Д. Ф. Гуревич, Р. Р. Ионайтис, Ю. Я. Казинер, М. С. Слободкин, П. Ф. Смирнов, О. Н. Шпаков и другие ученые. Большинство научных исследований,

посвященных процессу регулирования потоков жидкости, направлено на повышение точности регулирования расхода проводимой среды и увеличение срока службы трубопроводной арматуры.

Основное преимущество применяемых в настоящее время запорных шиберных задвижек – малое сопротивление при полном открытии. Применение запорных задвижек для регулирования потока рабочей среды (не по назначению) не обеспечивает требуемой точности регулирования и приводит к разрушению деталей узла затвора.

С учетом изложенного и в соответствии с поставленной целью были определены следующие **задачи исследования**:

1. Установить закономерности движения жидкости в шиберных задвижках.

2. Разработать методики использования программного комплекса ANSYS для моделирования процесса прохождения воды через шиберную задвижку и экспериментальных исследований.

3. Определить закономерности изменения параметров потоков жидкости в зависимости от хода шибера и обосновать конструктивные параметры шиберных запорно-регулирующих задвижек для систем гидромеханизации сельскохозяйственных процессов.

4. Выработать рекомендации по использованию шиберных запорно-регулирующих задвижек в системах гидромеханизации сельскохозяйственных процессов и дать оценку эффективности производственной реализации результатов исследований.

Во **второй главе «Теоретические исследования процесса движения потоков жидкости в шиберных задвижках»** разработаны расчетные схемы (рисунок 1) и методики расчета шиберных задвижек.

Принятые допущения. При $b/h > 2$ зазор между шибером и стенкой трубы рассматриваем как насадок. При $b/h < 2$ течение в зазоре рассматриваем как через отверстие. Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения скоростей в сечении потока, $\alpha = 1$. Запишем уравнение Бернулли для выбранных сечений:

$$\begin{aligned} P_1/(\rho \cdot g) + V_1^2/(2 \cdot g) &= P_2/(\rho \cdot g) + V_2^2/(2 \cdot g) + h_{1-2} = \\ &= P_3/(\rho \cdot g) + V_3^2/(2 \cdot g) + h_{1-3} = P_4/(\rho \cdot g) + V_4^2/(2 \cdot g) + h_{1-4}, \end{aligned} \quad (1)$$

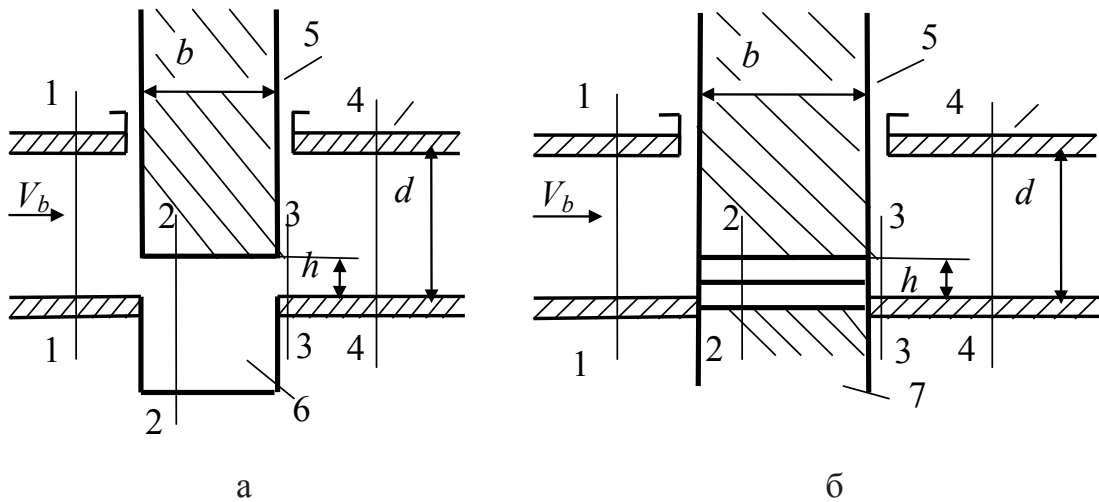
где P_1 , P_2 и P_3 – абсолютные значения давлений в соответствующих сечениях, Па;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

V_1, V_2, V_3 – абсолютные значения скорости в соответствующих сечениях, м/с;

$h_{1-3} = h_{1-2} + h_{2-3}$, $h_{1-4} = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4}$ – потери напора на соответствующих участках задвижки, м.



1–1 – сечение трубы перед шибером; 2–2 – сечение под шибером;
 3–3 – выходное сечение из зазора; 4–4 – сечение трубы после шибера
 на расстоянии $5d$ от шибера; 5 – шибер; 6 – подшиберное пространство;
 7 – стабилизатор; d – диаметр трубы, м; b и h – толщина и ход шибера, м;
 V_b – скорость жидкости, м/с

Рисунок 1 – Расчетные схемы шиберных задвижек:
 а – серийная задвижка; б – предлагаемая задвижка

Значение коэффициента сжатия струи ε при несовершенном сжатии зависит от соотношения площадей зазора и трубы и может быть определено:

$$\varepsilon = 0,62 + 0,38 \cdot (S_3/S_4)^2. \quad (2)$$

После преобразований определим коэффициент сопротивления задвижки:

$$\zeta = (S_4/S_3)^2 \cdot \zeta_{\text{вх}}/\varepsilon^2 + (S_4/S_3)^2 \cdot (1/\varepsilon - 1)^2 + (S_4/S_3 - 1)^2, \quad (3)$$

где $S_4/S_3 = f(h)$, отношение площади трубы к площади проходного сечения задвижки, является функцией хода шибера;

$\zeta_{\text{вх}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления входа в зазор.

В зависимости от площади проходного сечения задвижки определяем расход жидкости через проходное сечение проточной части задвижки Q , м³/с:

$$Q = \mu \cdot S_3 \sqrt{2 \cdot \Delta P / \rho}, \quad (4)$$

где ΔP – перепад давления на задвижке, Па;

$\mu = 1 / \sqrt{1 + \zeta}$ – коэффициент расхода.

Зная расход, определяем среднюю скорость потока в зазоре V_2 , м/с. Числа Рейнольдса потока жидкости в зазоре между шибером и стабилизатором в зависимости от хода шибера определяем по выражению

$$\text{Re} = V_2 \cdot h / \nu, \quad (5)$$

где ν – кинематическая вязкость жидкости, м²/с;

h – ход шибера, м.

Расчет чисел Рейнольдса свидетельствует о течении воды в зоне турбулентной автомодельности. При влажности кормовых и навозных масс свыше 95 % расчет ведут по тем же закономерностям, что и для воды.

Для расчета критериев кавитации шиберных задвижек используем формулы, полученные из уравнения Бернулли (1):

$$X = 2(P_1 - P_s) / \rho \cdot V_1^2, \quad (6)$$

где P_1 и V_1 – абсолютное давление и скорость потока в сечении трубы перед задвижкой, Па и м/с;

P_s – давление насыщенных паров, Па;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

$X_{\text{кр}}$ – критическое число кавитации – определили как отношение квадрата площади сечения трубы к квадрату площади проходного сечения задвижки, которая является функцией хода шибера h , м:

$$X_{\text{кр}} = S_1^2 / S_2^2 - 1, \quad (7)$$

где S_1 – площадь проходного сечения трубы, м²;

$S_2 = f(h)$ – площадь проходного сечения задвижки, м².

При закрытии задвижки критическое число кавитации стремится к бесконечности. Кавитация возникает при достижении потоком критической скорости $V_{кр}$, когда давление в потоке становится равным давлению насыщенных паров:

$$V_{кр} = \sqrt{2(P_1 - P_s)/\rho \cdot X_{кр}}. \quad (8)$$

Из уравнения Бернулли (1) определим абсолютное давление в сечении 2 под шибером (рисунок 1):

$$P_2 = P_3 - 2 \cdot \varphi^2 \cdot (1/\varepsilon - 1) \cdot (P_1 - P_3). \quad (9)$$

Расчеты по формуле (9) проводились при температуре воды 20 °С. Установлено, что при перепаде давления на задвижке 450 кПа давление в сечении 2 составит 1,8 кПа. Это означает, что давление приближается к давлению насыщенного пара. При данных условиях появляется кавитация.

Использование программного комплекса ANSYS для моделирования прохождения жидкости через задвижку позволяет визуализировать процесс дросселирования жидкости в проходном сечении задвижки (рисунок 2).

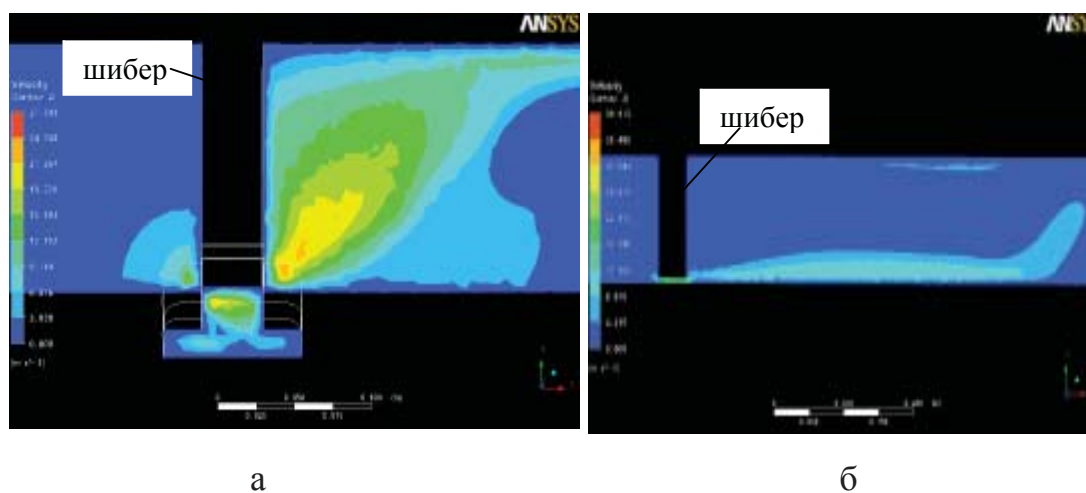
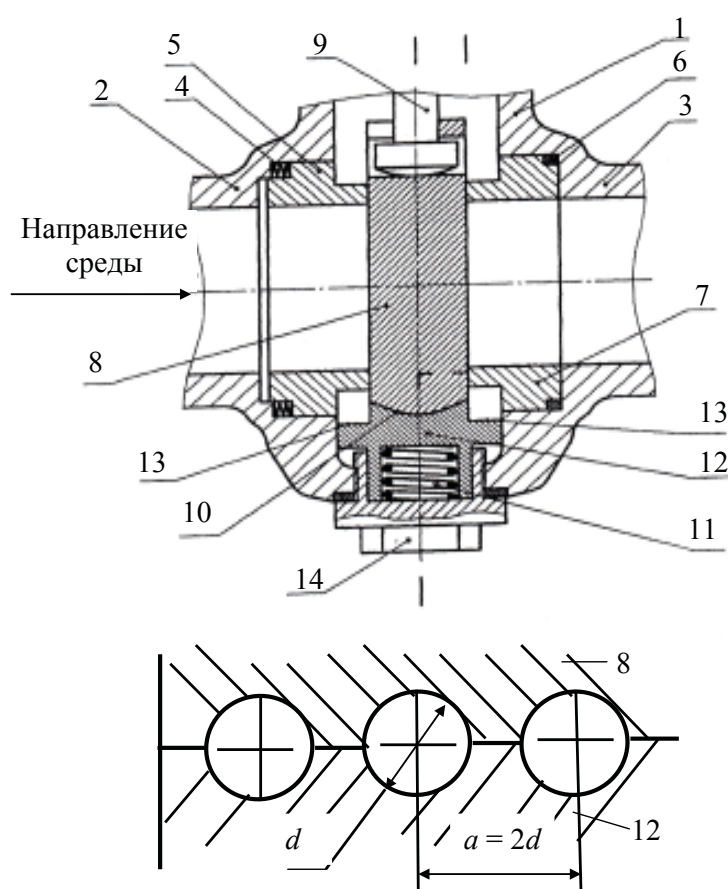


Рисунок 2 – Результаты моделирования прохождения жидкости через задвижку в программном комплексе ANSYS: а – серийная задвижка; б – предлагаемая задвижка

Большие скорости (25...26 м/с) проводимой среды под шибером и за шибером являются причиной кавитации, износа и разрушений в запорной задвижке. Расчеты в программе ANSYS также показали, что при перепаде давления на задвижке 450 кПа в зонах под шибером и за шибером давление приближается к давлению насыщенного пара. Соответственно, при данных условиях появляется кавитация.

На основании проведенных расчетных исследований движения жидкости в задвижках предложена конструкция запорно-регулирующей задвижки, патенты на изобретение № 2464470 и полезную модель № 77657 (рисунок 3).



1 – корпус задвижки; 2 и 3 – подводящий и отводящий патрубки;
 4 – пружины седла; 5 и 7 – седла; 6 – уплотнение; 8 – шибер; 9 – шпindelь;
 10 – поверхность стабилизатора, сопрягаемая с рабочей поверхностью
 шибера (как вариант поверхности профилированные); 11 – пружина
 стабилизатора; 12 – стабилизатор; 13 – заплечики стабилизатора; 14 – пробка

Рисунок 3 – Схема запорно-регулирующей задвижки
 (патенты на изобретение № 2464470 и полезную модель № 77657)

При подъеме шиберов стабилизатор занимает пространство под шибером и закрывает уплотнительные поля седла от воздействия проводимой среды. Стабилизатор уменьшает турбулизацию потока жидкости за шибером, направляет поток жидкости вдоль нижней стенки корпуса задвижки. Меняя конструкцию стабилизатора, можно управлять местами расположения зон образования и схлопывания кавитационных пузырьков. Нижняя торцевая радиусная поверхность шиберов и ответная поверхность стабилизатора снабжены рядом выборок (канавок). Канавки выполняют роль разделителей потока в начальной стадии открытия, что обеспечивает проход через эти каналы проводимой среды.

Расчеты позволили оценить влияние числа и размера канавок на расходную характеристику задвижки. Размер $a = 2d$ выбран в соответствии с конструктивными и технологическими условиями. При этом размер отверстий несущественно влияет на расход. В предлагаемой задвижке за шибером скорость движения жидкости составляет около 1 м/с (рисунок 2 б).

В зонах, где абсолютное давление достигнет давления насыщенного пара, начинается процесс кавитации, но схлопывание пузырьков в запорной задвижке происходит сразу за шибером, а в предлагаемой задвижке – в выходном патрубке в районе фланцев, и это особенно важно на начальной стадии открытия.

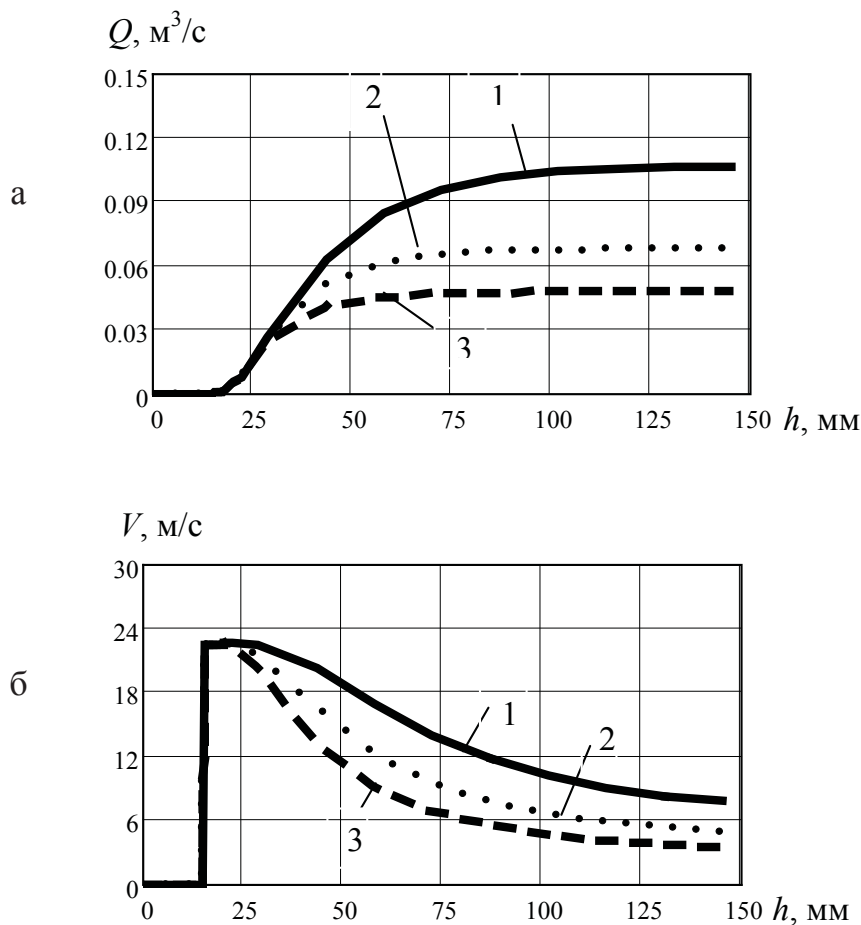
Проведено сравнение результатов расчетного исследования гидравлических и кавитационных характеристик шиберных задвижек с использованием программного комплекса ANSYS и по методике, разработанной на основе уравнения Бернулли. Оба подхода дали качественно близкие показатели.

Выполненные расчеты позволили провести следующие изменения в конструкции: отказаться от замены материалов запорно-регулирующего узла на более прочные, дорогие материалы и покрытия; увеличить толщину стенок выходного патрубка за запорно-регулирующим узлом, куда была выведена кавитация.

В третьей главе «*Результаты теоретических исследований процесса регулирования потоков жидкости*» приведены результаты расчета характеристик систем гидромеханизации сельскохозяйственных процессов с предлагаемой задвижкой. Полный ход шиберов

составляет 145,5 мм. При длине трубопровода 200 метров, в котором установлена задвижка, диапазон регулирования расхода составляет от 16,48 до 80,0 мм от хода шибера, что составляет 60...65 % от всего хода (рисунок 4 а). При длине 1000 метров диапазон регулирования составляет около 20 %.

В начальный момент дросселирования скорость струи не зависит от длины трубопровода (рисунок 4 б).



1 – длина трубы 200; 2 – 500; 3 – 1000 метров

Рисунок 4 – Зависимость расхода и скорости жидкости от хода шибера и длины трубопровода диаметром 150 мм при напоре 1000 кПа

С момента дросселирования до хода 30 мм скорость потока несущественно зависит от длины трубопровода, значит, износ седла, шибера и стабилизатора будет одинаковым для задвижек, установленных в трубопроводах разной длины и работающих при малых расходах.

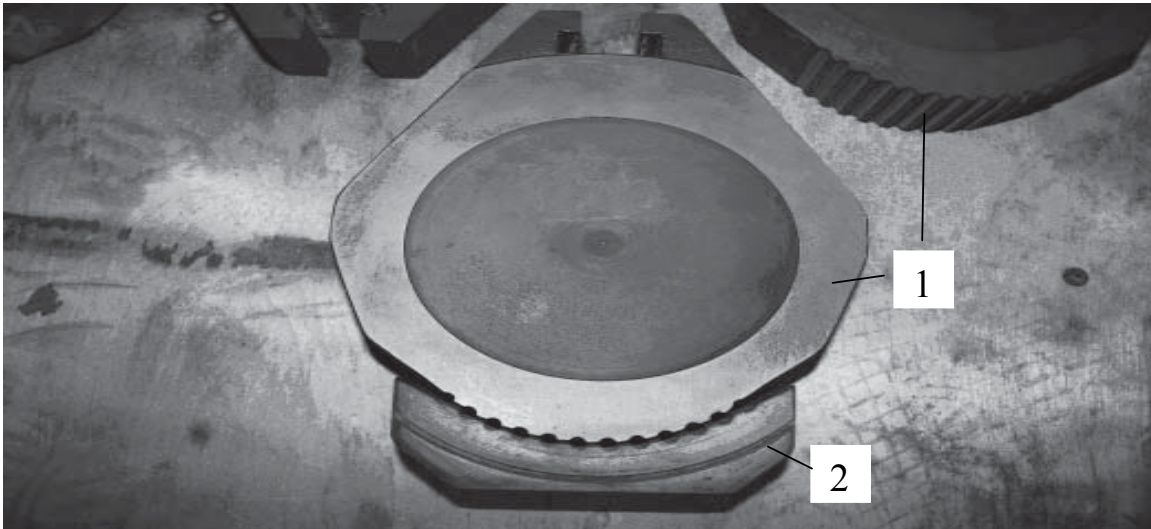
В четвертой главе «Программа и методика экспериментальных исследований» приведены требования, предъявляемые к задвижкам, поступающим на испытания. Задвижка должна соответствовать спецификации и сборочному чертежу. Соответствие устанавливается визуально-измерительным контролем. Повреждения наружных поверхностей арматуры не допускаются. Задвижка должна обеспечивать ход регулирующего элемента, указанный в конструкторской документации в пределах допусков.

Приведены требования, предъявляемые к испытательному участку стенда, который должен состоять из двух прямых отрезков сменных трубопроводов без дополнительных местных сопротивлений. Длина прямых отрезков сменных трубопроводов стенда должна быть не менее пяти номинальных диаметров на входе и выходе задвижки.

Для определения гидравлических и кавитационных характеристик задвижек на испытательном стенде подлежат измерению следующие параметры: расход испытательной среды; время измерения расхода испытательной среды, давления до и после испытуемой задвижки, перепад давления на испытуемой задвижке; температура испытательной среды перед испытуемой задвижкой; ход шибера. Экспериментальное определение гидравлических характеристик следует проводить в области квадратичного сопротивления. Собран комплекс оборудования и приборов для экспериментальных исследований.

Определение характеристик проводим для хода регулирующего элемента, соответствующего 5 % номинального хода в следующей последовательности: установить задвижку на испытательном участке в соответствии с требованиями; открыть регулируемую задвижку на требуемый ход h_i и зафиксировать регулирующий элемент в этом положении. Установку регулирующего элемента в каждое новое положение следует проводить от поверхности седла или от положения, принятого за начальное.

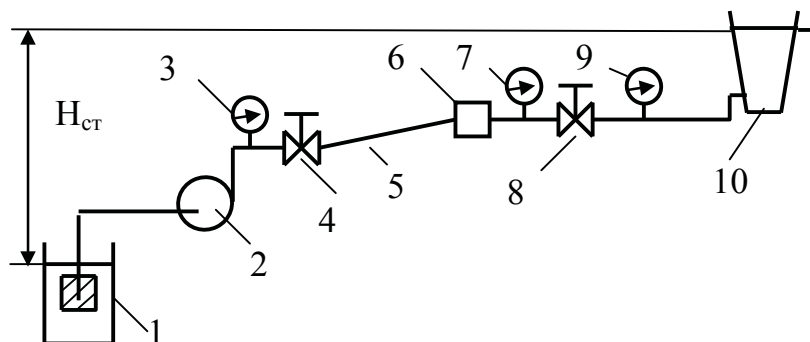
В пятой главе «Результаты экспериментальных исследований» представлены данные исследований, проведенных по методикам, изложенным в четвертой главе. Изготовлена запорно-регулирующая задвижка с шибером и стабилизатором (рисунок 5).



1 – шибер; 2 – стабилизатор

Рисунок 5 – Шибер в сборе со стабилизатором

Нижняя торцевая поверхность шибера, взаимодействующая с ответной поверхностью стабилизатора, выполнена по радиусу, равному радиусу внутреннего проходного канала седла, что обеспечивает при открытии проходного канала закрытие «мертвой» зоны в нижней части корпуса между седлами и, соответственно, исключает завихрения проводимой среды. Запорно-регулирующая задвижка установлена в водопроводе первого подъема системы водоснабжения села Лесниково Кетовского района Курганской области (рисунок 6).



1 – источник; 2 – насос К 160 30; 3, 7, 9 – манометры; 4 – задвижка;
5 – трубопровод диаметром 225 мм длиной 250 м; 6 – расходомер ИПРЭ-3;
8 – задвижка запорно-регулирующая; 10 – система очистки воды

Рисунок 6 – Схема линии первого подъема воды

Источником воды является река Тобол. Подача воды в систему очистки регулируется задвижкой 8 и определяется качеством воды. Проведены производственные испытания предлагаемой задвижки. Измерены показатели расхода и давления в характерных точках линии первого подъема воды. Исследования проводились по следующей схеме: задвижкой 4 устанавливалось давление в начале линии и задвижкой 8 регулировалась подача воды. Проведен полнофакторный эксперимент по определению зависимости расхода воды и перепада давления на задвижке от давления в начале линии и хода шибера.

Результаты проведенных расчетных и экспериментальных исследований гидравлических характеристик предлагаемой задвижки проиллюстрированы на графиках (рисунок 7 а, б).

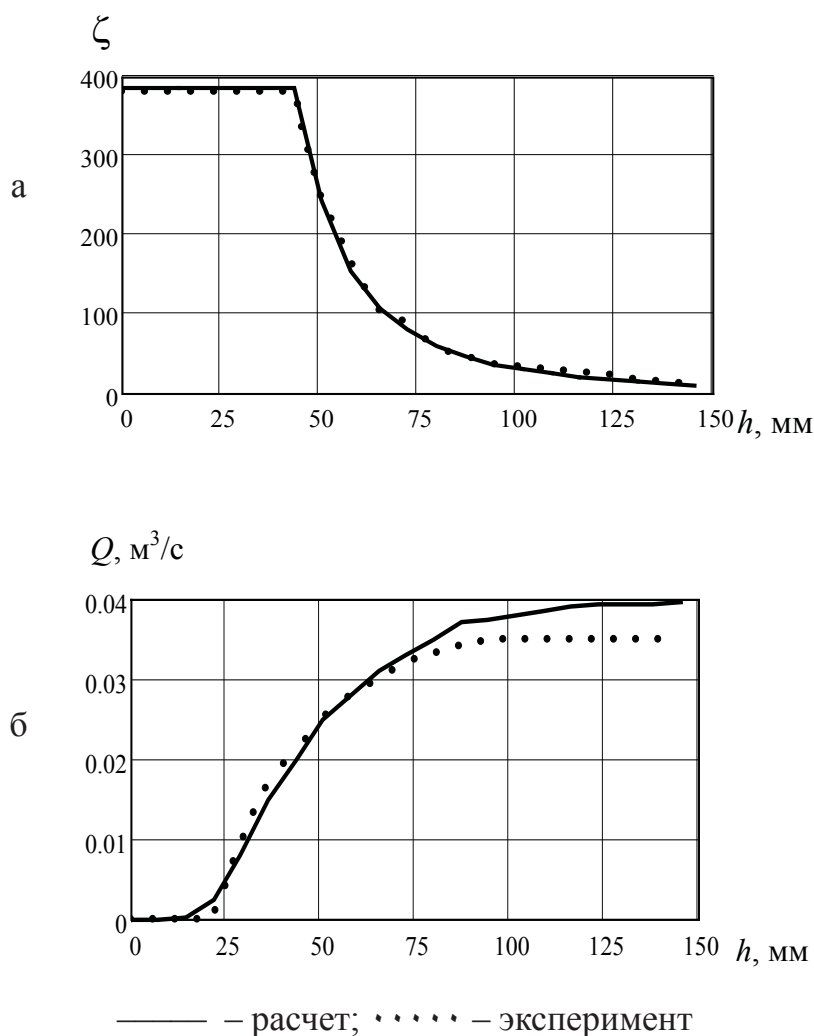


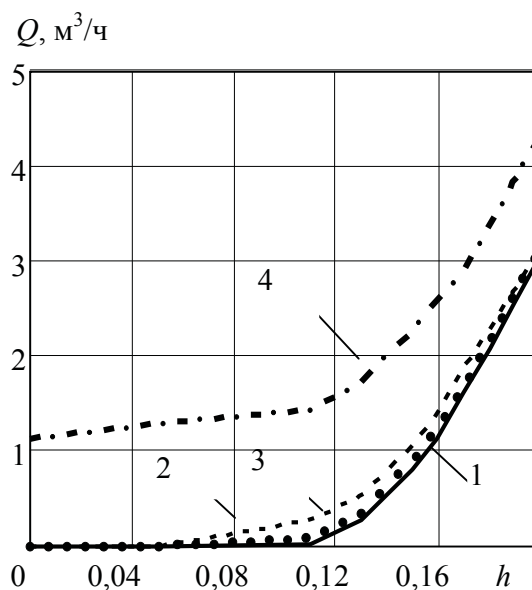
Рисунок 7 – Зависимость коэффициента сопротивления задвижки (а) и расхода воды (б) от хода шибера в системе первого подъема воды

Экспериментальным путем определена зависимость гидравлических характеристик запорно-регулирующей задвижки от ее конструктивных параметров и хода шибера. Результаты расчетов подтверждены экспериментально. Расчеты и эксперимент показали, что регулирующее воздействие задвижка оказывает до 15-го положения шибера. Полученные характеристики задвижек включаются в их паспорт. Годовой экономический эффект от внедрения одной запорно-регулирующей задвижки в систему первого подъема воды составляет 2050 рублей. Срок окупаемости – 7,8 года.

Ускоренные испытания задвижки предлагаемой конструкции проведены в производственных условиях при давлении 18 МПа. По истечении 18 месяцев эксплуатации шибера, седло, стабилизатор, герметичность и функция регулирования задвижки сохранились (рисунок 8).



Рисунок 8 – Шибера и седло запорно-регулирующей задвижки по истечении 18 месяцев работы



h – ход шибера в долях;
 1 – предлагаемая новая;
 2 – предлагаемая через 18 месяцев работы;
 3 – запорная новая;
 4 – запорная через 6 месяцев

Рисунок 9 – Пропускные характеристики задвижек

Запорная задвижка в таких условиях эксплуатации теряет герметичность через три месяца, через шесть месяцев работы через нее при шибере в нижнем положении проходит более 10 м³/ч воды (кривая 4, рисунок 9). Разделение потока под шибером предлагаемой задвижки на несколько струек улучшает регулирование малых расходов и отодвигает зону кавитации от тыльной стороны шибера, чем уменьшает ее разрушение (кривая 2, рисунок 9).

Запорно-регулирующие задвижки предлагаемой конструкции могут быть использованы в системах подачи воды и удаления навоза на действующих и проектируемых животноводческих и птицеводческих комплексах.

Годовой экономический эффект от внедрения 42 шиберных запорно-регулирующих задвижек в системы водоснабжения и удаления жидкого помета в ЗАО «Агрофирма „Боровская“» составит 95 тысяч рублей. Срок окупаемости 6,4 года.

Расчет экономической эффективности при реконструкции гидравлической системы удаления навоза с установкой предлагаемых задвижек в четырехрядном коровнике на 800 голов показал, что разработанные технологические и технические решения дают экономию энергоресурсов 20,6 ГДж в год, при этом годовой эффект от внедрения – 263 тыс. рублей. Срок окупаемости 1 год 10 месяцев.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Проектные и эксплуатирующие трубопроводную арматуру организации часто устанавливают запорные задвижки в режиме регулирования, что приводит к появлению кавитации, интенсивному износу, и арматура быстро выходит из строя. Поэтому установление закономерностей движения жидкости в шиберных задвижках и взаимодействия жидкости с затворным узлом с целью исключения повреждения затворного узла и повышения точности регулирования расхода жидкости в системах гидромеханизации сельскохозяйственных процессов является актуальным.

2. Разработаны аналитические выражения, которые описывают процесс движения жидкости в зазоре между шибером и седлом шиберных запорно-регулирующих задвижек при использовании

стабилизатора и позволяют исследовать влияние конструктивных параметров задвижек на процесс регулирования потоков жидкости в системах гидромеханизации сельскохозяйственных процессов.

3. Установлено, что течение воды через зазор между шибером и стабилизатором, а далее по мере подъема шибера между шибером и седлом происходит в зоне турбулентной автомодельности при значениях чисел Рейнольдса более 13 800. Установлены значения силы давления жидкости на шибер, коэффициентов сжатия струи, сопротивления, скорости и расхода запорно-регулирующей задвижки в функции от хода шибера при использовании стабилизатора.

4. Установлено, что использование программного комплекса ANSYS позволяет визуализировать процесс прохождения жидкости через задвижку и проверить адекватность математической модели, разработанной на основе уравнения Бернулли, реальному процессу движения жидкости. Расхождение результатов расчетов двух методов не превышает 10%.

5. Установлено, что при открытии проходного канала задвижки стабилизатор, взаимодействующий с нижней торцевой поверхностью шибера, обеспечивает закрытие пространства в нижней части корпуса между седлами, что изменяет расположение кавитационной зоны. Изменением диаметра отверстий между стабилизатором и шибером можно управлять расположением зоны схлопывания кавитационных пузырьков. Для задвижки DN 150 выбрано 12 отверстий диаметром 5 мм. Размер между осями отверстий $a = 2d$ определен в соответствии с технологическими условиями.

6. В системе первого подъема воды с насосом К 160-30, трубопроводом диаметром 225 мм и длиной 250 м предлагаемая задвижка показала следующие результаты: при перепаде давления на задвижке 300 кПа расход достигает значения 0,05 м³/с при ходе шибера 40 мм. При этом скорость в трубе диаметром 225 мм составляет 1,46 м/с. При полностью открытой задвижке максимальная подача достигается при перепаде давления 20 кПа. Задвижка обеспечивает диапазон регулирования расхода воды в диапазоне до 70% хода шибера и может использоваться в качестве запорно-регулирующей в системах подачи воды.

7. Определено, что годовой экономический эффект от внедрения одной запорно-регулирующей задвижки в систему первого

подъема воды составляет 2050 рублей. Срок окупаемости – 7,8 года. Годовой экономический эффект от внедрения 42 шиберных запорно-регулирующих задвижек в системы водоснабжения и удаления жидкого помета на птицеводческой фабрике составит 95 тысяч рублей. Срок окупаемости – 6,4 года. Определено, что годовой экономический эффект от внедрения гидравлической системы удаления навоза с предлагаемыми задвижками из животноводческого помещения на 800 коров составляет 263 тыс. рублей. Экономия прямых энергозатрат составляет 20,6 ГДж в год, срок окупаемости – 1 год 10 месяцев.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Фоминых А. В., Овчинников Д. Н., Чиняев И. Р. Определение гидравлических характеристик запорно-регулирующих задвижек // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 2. – С. 27–30.

2. Чиняев И. Р., Фоминых А. В., Ерошкин В. С. Кавитация в шиберных задвижках // Территория «Нефтегаз». – 2013. – № 5. – С. 48–49.

3. Фоминых А. В., Овчинников Д. Н., Чиняев И. Р. Гидравлическая система удаления навоза из животноводческого помещения // Главный зоотехник. – 2013. – № 6. – С. 27–30.

4. Фоминых А. В., Сухов С. А., Чиняев И. Р. Повышение надежности и эффективности работы шиберной запорно-регулирующей задвижки // Экспозиция. Нефть. Газ. – 2013. – № 5. – С. 80–82.

Публикации в других изданиях

5. Узел затвора клиновой задвижки / И. Р. Чиняев [и др.] // Арматуростроение. – 2009. – № 1(58). – С. 21.

6. Запорно-регулирующая задвижка / И. Р. Чиняев [и др.] // Арматуростроение. – 2009. – № 1(58). – С. 21.

7. Чиняев И. Р. Запорно-регулирующая задвижка с пятой // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Аграрные регионы: тенденции и механизмы развития». – Курган : Изд-во Курганской ГСХА, 2012. – С. 448–450.

8. Чиняев И. Р. Методика расчета характеристик запорно-регулирующих задвижек // Вестник Курганской ГСХА. – 2012. – № 1. – С. 59–62.

9. Определение коэффициента сопротивления запорно-регулирующих задвижек / И. Р. Чиняев, А. В. Фоминых, В. М. Овчинников, В. С. Ерошкин // Материалы ЛП междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». – Челябинск : ЧГАА, 2013. – Ч. III. – С. 218–226.

10. Чиняев И. Р., Шанаурин А. Л., Фоминых А. В. Пример расчета прохождения среды через запорно-регулирующую задвижку // Зауральский научный вестник. – Курган : Институт развития образования и социальных технологий, КГУ, 2012. – Вып. 2(2012). – С. 20–21.

Авторские свидетельства, патенты

11. Пат. на изобретение № 2349820 РФ, МПК F16K 25/00(2006/01); F16K 1/46 (2006/01). Затвор трубопроводной арматуры / Р. М. Караев, И. Р. Чиняев, А. Л. Шанаурин ; заявл. 19.09.2007 ; опубл. 20.03.2009, Бюл. № 8.

12. Пат. на изобретение № 2375626 РФ, МПК F16K 3/02 (2006/01); F16K 3/32 (2006/01). Запорно-регулирующая задвижка / Г. А. Заславский [и др.] ; заявл. 14.07.2008 ; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 34.

13. Пат. на изобретение № 2464470 РФ, МПК F16K 3/12 (2006/01); F16K 3/32 (2006/01). Запорно-регулирующая задвижка / Г. А. Заславский, В. А. Рязанов, И. Р. Чиняев, А. Л. Шанаурин ; заявл. 29.06.2010 ; опубл. 20.10.2012, Бюл. № 29.

14. Пат. 69957 РФ, МПК F16K 25/00 (2006/01). Затвор трубопроводной арматуры / Р. М. Караев, И. Р. Чиняев, А. Л. Шанаурин ; заявл. 19.09.2007 ; опубл. 10.01.2008, Бюл. № 1.

15. Пат. 79159 РФ, МПК F16K 3/312 (2006/01). Запорно-регулирующая задвижка / Г. А. Заславский [и др.] ; заявл. 14.07.2008 ; опубл. 20.07.2008, Бюл. № 35.

16. Пат. 77657 РФ, МПК F16K 3/312 (2006/01). Запорно-регулирующая задвижка / Г. А. Заславский [и др.] ; заявл. 23.06.2008 ; опубл. 27.10.2008, Бюл. № 30.

17. Пат. 106702 РФ, МПК F16K 3/02 (2006/01); F16K 47/14 (2006/01). Запорно-регулирующая задвижка / Г. А. Заславский [и др.] ; заявл. 23.11.2010 ; опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20.

18. Пат. 107564 РФ, МПК F16K 27/04 (2006/01). Сварной корпус задвижки / В. С. Ерошкин [и др.] ; заявл. 19.07.2010 ; опубл. 20.08.2011, Бюл. № 23.

Подписано в печать 27.08.2013 г. Формат 60×84/16
Гарнитура Times. Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № КЗ-3

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Челябинская государственная агроинженерная академия»
454080, г. Челябинск, пр. им. В. И. Ленина, 75