

6
А-29

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ
И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ТИИИСХ

Аспирант М. Л. Толчинский

МЕХАНИЗАЦИЯ ПОЛИВА ХЛОПЧАТНИКА ПО БОРОЗДАМ
С ДИСТАНЦИОННО-ПОДВЕСНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ
ГИБКОГО ТРУБОПРОВОДА

161 — машиноведение и детали машин

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ТАШКЕНТ—1968

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ
И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Аспирант М. Л. ТОЛЧИНСКИЙ

МЕХАНИЗАЦИЯ ПОЛИВА ХЛОПЧАТНИКА ПО БОРОЗДАМ
С ДИСТАНЦИОННО-ПОДВЕСНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ
 ГИБКОГО ТРУБОПРОВОДА

161 — машиноведение и детали машин

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ТАШКЕНТ—1968

Работа выполнена на кафедре теории механизмов и деталей машин Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИМСХ) и в Ташкентском специальном конструкторском бюро по машинам для ирригационно-мелноративных работ и поливов хлопчатника (ГСКБ по ирригации Главсредазирсовхозстроя при Минводхозе СССР).

Научный руководитель:

заслуженный деятель науки и техники УзССР, доктор технических наук, профессор Г. А. КОШЕВНИКОВ.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук П. В. БАЙДЮК,
кандидат технических наук, доцент В. Ф. МАНЫЧЕВ.

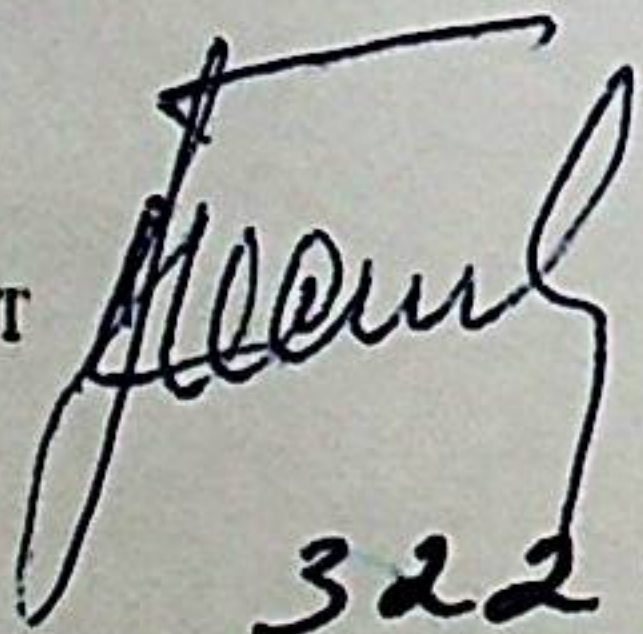
Ведущее предприятие: Ордена Трудового Красного Знамени Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации им. В. Д. Журина (САНИИРИ).

Автореферат разослан „ 8 “ декабрь 1968 года.

Защита диссертации состоится на заседании
Совета ТИИМСХ „ 28 “ январь 1969 года.

Ваши отзывы и замечания в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: г. Ташкент, ул. Учительская, 39, ТИИМСХ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета, доцент  Песников Е. С.

322464
Центральная научная
библиотека
Академии наук Киргизской ССР

Введение

Полив является трудоемким и одним из наименее механизированных процессов в хлопководстве. Затраты на эту операцию по Узбекистану достигают 130 млн. чел.-час труда, в основном ручного. На 1 ц хлопка в среднем при урожайности 25 ц/га на полив затрачивается 3,2 чел.-час или 8% всех трудовых затрат по производству хлопка. Низкая выработка одного поливальщика, 0,4—0,6 га в смену, приводит к сравнительно большой стоимости полива: 18—40 руб/га за сезон.

Применение новых высокопроизводительных средств механизации полива снизит его трудоемкость и стоимость, обеспечит дальнейший технический прогресс в орошаемом земледелии и, таким образом, будет способствовать выполнению принятой майским Пленумом ЦК КПСС (1966 г.) широкой программы по мелнорации земель и сельскохозяйственному освоению новых массивов.

К настоящему времени разработано несколько типов машин для полива хлопчатника по бороздам с помощью гибких переносных трубопроводов. Исследованиями и производственными испытаниями установлено, что эти машины, облегчая труд поливальщика, повышают производительность труда на поливе в 2—3 раза, увеличивают полезную площадь, занятую хлопчатником на 2—3% за счет замены временной оросительной сети гибкими трубопроводами, улучшают равномерность подачи воды в борозды.

Настоящая работа посвящена исследованию и обоснованию выбора основных параметров навесной на трактор машины для бороздкового полива хлопчатника, особенностью которой является оригинальный способ раскладки и дистанционно-подвесной уборки гибкого оросительного трубопровода. В работе отражено современное состояние механизации полива, обобщены агротехнические требования, предъявляемые к поливу хлопчатника по бороздам и к поливным машинам, дана их классификация и критический обзор, сделана оценка изученности вопроса. Приводится обоснование целесообразности применения предложенной нами поливной машины с новым способом перемещения гибкого тру-

бопровода, излагаются результаты теоретических и экспериментальных исследований, позволивших дать рекомендации по выбору оптимальных параметров, необходимых для ее проектирования. На основе исследований разработано техническое задание на проектирование поливной машины, согласованное с ВИСХОМ, В/О „Союзсельхозтехника“, Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР и утвержденное Министерством тракторного и сельхозмашиностроения СССР.

Полевые исследования и испытания опытной партии поливных машин, которым присвоена марка ПАН-165, спроектированных на основе наших исследований, проводились в период 1964—1968 гг. в совхозе № 1 Голодной степи, на опытно-полевой базе ГСКБ по ирригации и в колхозе „Северный Маяк“ Ташкентской области.

Государственные испытания машины, проводившиеся в 1967—1968 гг. на полях Среднеазиатской, Туркменской, Таджикской и Киргизской машиноиспытательных станций, показали, что она эффективна на поливе хлопчатника. В сравнении с ручным поливом трудозатраты снижаются в 3 раза, а годовой экономический эффект на одну машину составляет 913 рублей. Даны рекомендации по ее применению на поливе хлопчатника.

Состояние вопроса и цель исследования

Механизация полива хлопчатника развивается по трем основным направлениям: подача воды в борозды с помощью гибких переносных трубопроводов, дождевание и подпочвенное орошение. Наибольшее распространение имеет полив хлопчатника по бороздам. Мелиоративные параметры существующих поливных машин оценивались на основе агротехнических требований, предъявляемых к поливу хлопчатника по бороздам и к поливным машинам, обобщенных по рекомендациям СоюзНИХИ, САНИИРИ, САИМЭ, ТИИИМСХ, ТашСХИ, ВНИИГиМ, МГМИ, АзНИИГиМ, ЮжНИИГиМ, которые разработаны в трудах Х. А. Ахмедова, О. А. Гильдиева, В. Е. Еременко, А. Н. Костякова, С. М. Кривовяза, Н. Т. Лактаева, В. М. Легостаева, А. Н. Ляпина, М. П. Медниса, Г. Г. Подгорного, Г. А. Хорста, М. Д. Челюканова, И. А. Шарова, Г. Ю. Шейнкина, Б. А. Шумакова и других ученых.

У существующих поливных машин способ раскладки гибкого трубопровода по полю производится в движении с помощью трактора. подача воды в борозды осуществляется из водовыпусков, расположенных на гибком трубопроводе с шагом, равным

ширине междурядья (с расходами от 0,1 до 2,5 л/сек в зависимости от водопроницаемости почвы, уклона, ширины междурядий). Отличаются же они способом уборки гибкого трубопровода после полива.

Поливные машины классифицированы нами по способу механизированного перемещения гибкого трубопровода и разделены на четыре группы.

К первой группе отнесены машины, наматывающие гибкий трубопровод на барабан, которым оборудован трактор,двигающийся в процессе уборки вдоль трассы трубопровода (машины ТШП-400, ПУ-1200, АШН-150А, НГМ-200/150).

Ко второй группе отнесены машины, осуществляющие уборку гибкого транспортирующего трубопровода в движении, послойно укладываящие его в контейнер с помощью челночно-двигающихся валков (тип ПШН-165).

В третью группу выделены машины, которые убирают поливной трубопровод с поля не в движении, а дистанционно, подтягивая его волоком по земле с помощью каната и наматывая на барабан машины стоящей на позиции у края поливаемого участка (машины ПУ-1200, НУ-59, НТП-400, ТШП-400, ПШН-165).

В четвертую группу выделена новая машина, которая приподнимает гибкий трубопровод над землей с помощью несущего каната и в таком подвешенном состоянии убирает его вторым стягивающим канатом к машине, стоящей на позиции у края поливаемого участка (тип ПАН-165).

Изучение литературных источников, протоколов государственных испытаний МИС, а также результатов исследований и испытаний поливных машин конструкции ГСКБ по ирригации, разработкой и внедрением которых автор систематически занимался в период 1958—1968 гг., позволило дать следующую оценку качества работы этих машин и эффективности их применения.

Механизированная уборка трубопроводов машинами 1-ой и 2-ой групп возможна во избежание буксования колес трактора по увлажненному полю только после просыхания почвы на 4—5 день после полива. В течение этого времени трубопроводы не используются, что снижает эффективность их применения. Обеспечение машин дополнительными комплектами трубопроводов, которые можно было бы использовать во время подсыхания поля, приводит к значительному удорожанию полива. Применяемый в машинах 3-ей группы дистанционный способ уборки гибких трубопроводов по земле вызывает их повышенный износ и повреждает растения.

Поливные машины 4-ой группы осуществляют уборку гибких

трубопроводов дистанционно, без заезда трактора в увлажненные междурядья и свободны от недостатков, присущих машинам первых трех групп.

Навесная поливная машина ПАН-165, в которой применен дистанционно-подвесной* способ уборки трубопровода, разработана ГСКБ по ирригации Главсредазирсовхозстроя Минводхоза СССР при нашем непосредственном участии и научно-техническом руководстве, признана изобретением (авторское свидетельство № 202644) и удостоена в 1964 году I премии на Всесоюзном конкурсе Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР.

На машине, навешиваемой на пропашной трактор 3 (рис. 1)

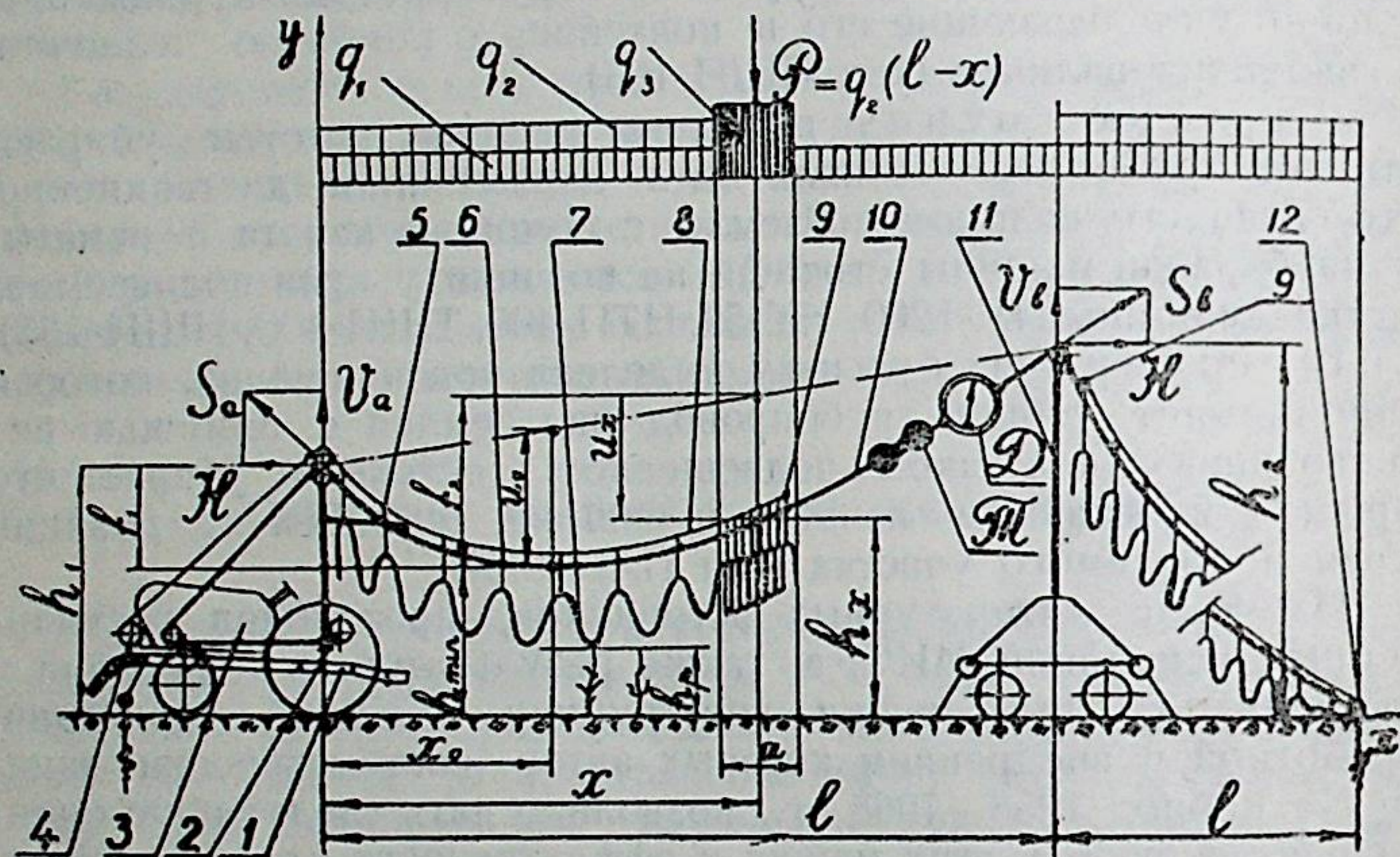


Рис. 1. Поливной агрегат навесной ПАН-165 и схема действия сил на его несущий канат.

марки Т28ХЗ, установлены: осевой насос 1 и лебедка 2, имеющая два барабана для намотки несущего каната 10, состоящего из трех кусков—первый из которых обслуживает участок между трактором и промежуточной опорой 11, второй—между опорой и якорем 12, третий 13 (рис. 2В)—постоянно находится на блоке промежуточной опоры и служит соединительным звеном при подъеме над землей первых двух кусков каната. На машине

* Термин предложен нами.

имеются два отрезка гибкого трубопровода 7 (см. рис. 1), подвешенные к несущему канату на скользящих подвесках 6; лебедка 4 с двумя барабанами для намотки двух отрезков стягивающего каната 8, который свободно проходит через все подвески и закреплен только на последних из них 9. В транспортном положении машины гибкий трубопровод, собранный гармошкой в два компактных пакета, подвешен на два кронштейна 5.

Все операции технологического процесса выполняются трактором и поливальщиком. Перед раскладкой машина (рис. 2 А)

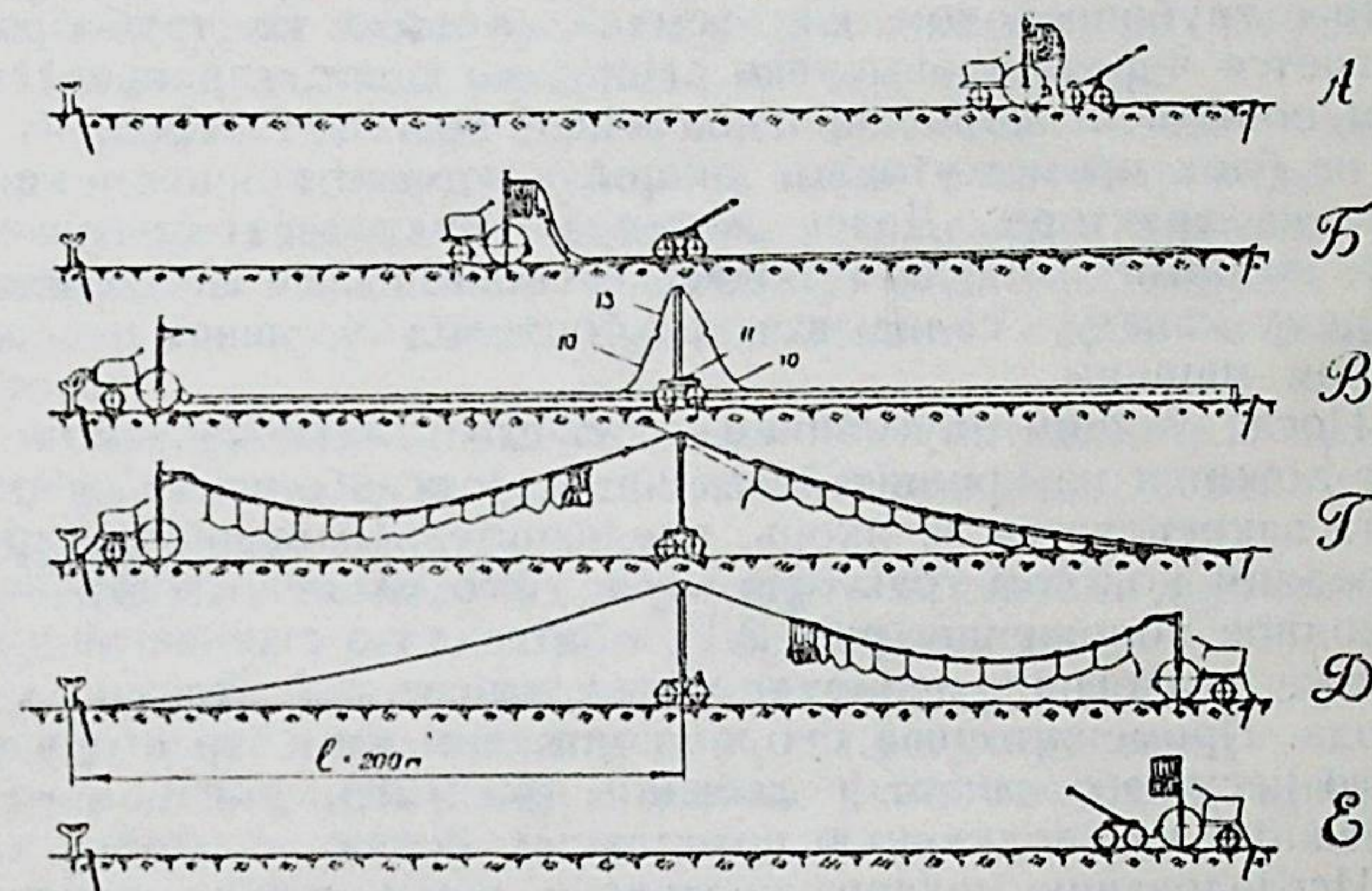


Рис. 2. Последовательность выполняемых агрегатом ПАН-165 операций технологического процесса: раскладка (А, Б), бороздковый полив (В) и дистанционно-подвесная уборка (Г, Д, Е) гибкого трубопровода.

механически заворачивает в землю якорь, представляющий собой трубу с винтовым пером на конце. К нему закрепляются концы канатов. Затем, двигаясь поперек борозд, машина раскладывает одновременно гибкий трубопровод, несущий и стягивающий канаты. Промежуточная опора отцепляется (рис. 2В) от трактора по окончании раскладки первого комплекта трубопроводов и канатов, затем раскладывается второй комплект. Концы комплектов трубопровода и несущего каната соединяются между собою муфтами.

Закончив раскладку (рис. 2В), всасывающую и нагнетательную линии насоса переводят из транспортного в рабочие положения, включают насос, приводимый во вращение от вала отъема мощности трактора, и производят полив. Насос подает воду

из оросителя в гибкий трубопровод, а из него через регулируемые водовыпуски вода поступает в борозды. Поливальщик следит за равномерностью поступления воды в борозды, переводит промежуточную опору 11 из транспортного в рабочее положение, соединяет первый и второй куски 10 несущего каната муфтами с третьим отрезком 13.

После окончания полива, не ожидая подсыхания поля, разъединяют концы трубопроводов и приступают к его уборке (рис. 2Г). Для этого лебедка натягивает несущий канат, приподнимая его вместе с трубопроводом над землей, и вода из трубопровода выливается через водовыпуски. Несущий канат, прикрепленный одним концом к якорю, при подъеме опирается в середине пролета на блок промежуточной опоры, а вторым концом — на блок опоры на тракторе. Далее лебедка наматывает стягивающий канат, который заставляет подвески скользить по неподвижному несущему канату, складывая трубопровод в пакет над кронштейном машины.

Последующим опусканием несущего каната на землю этот пакет ложится на кронштейн машины, а освободившийся конец каната закрепляется за якорь, предварительно ввернутый рядом с передним колесом трактора, после чего машина возвращается в исходное положение (рис. 2Д), в объезд по еще не политому участку. Аналогично первому, убирается второй отрезок трубопровода. Промежуточная опора подтягивается к трактору с помощью несущего каната и лебедки (рис. 2Е), после чего они переезжают на следующую позицию.

Исследованию механизированного перемещения оросительных трубопроводов при поливе хлопчатника по бороздам посвящены работы И. И. Величко (ВНИИГиМ), А. П. Косова (САИМЭ), С. Х. Гусейн-заде (АзНИИГиМ), Л. С. Беглярова (ТНИИЗ) и др., в которых изучались способы раскладки гибкого трубопровода и его уборки с поля при намотке на барабан как в движении трактора, так и дистанционно волоком по земле. Исследования дистанционно-подвесного способа перемещения гибких трубопроводов до сих пор не проводились. Полученные нами результаты являются первыми работами, выполненными для этого способа.

В процессе разработки технического задания на поливную машину ПАН-165, ее конструктивного оформления, изготовления опытных и опытно-промышленных образцов, а также при производстве всех видов испытаний возникла необходимость в обосновании ее параметров, проведении ряда теоретических и экспериментальных исследований.

Основное условие, которому должен отвечать механизм дистанционно-подвесного перемещения гибких трубопроводов заключается в том, чтобы при их уборке не повреждались растения хлопчатника. При проектировании машины необходимо знать, какие натяжения и провесы несущего каната возникают в процессе дистанционно-подвесной уборки гибкого трубопровода, поскольку по этим значениям подбираются прочностные параметры каната, производится расчет лебедки для его натяжения, проверяется устойчивость трактора и промежуточной опоры, определяется несущая способность якоря, производятся другие расчеты.

Целью и задачей настоящей работы являются:

- разработка технологического процесса полива машиной с дистанционно-подвесной уборкой гибкого трубопровода;
- теоретические исследования натяжений и провесов несущего каната в зависимости от диаметра и длины гибких трубопроводов, разности высот промежуточной опоры и опоры на тракторе;
- экспериментальные исследования натяжений и провесов несущего каната в процессе дистанционно-подвесной уборки гибких трубопроводов;
- выбор оптимальных параметров механизма дистанционно-подвесного перемещения гибких трубопроводов;
- разработка рекомендаций по расчету и выбору основных параметров поливной машины при ее проектировании;
- полевые испытания и оценка экономической эффективности работы поливной машины.

Программа и методика исследований

Теоретические исследования имели целью установление зависимостей натяжения несущего каната от основных параметров механизма перемещения трубопроводов, необходимых для проектирования машины. Экспериментальные исследования проводились с целью проверки достоверности теоретических выводов. Полевые и хозяйственные испытания проводились для определения технико-экономической и эксплуатационной оценки новой поливной машины.

Теоретические исследования включают определение натяжения каната в зависимости от: q_1 и q_2 — погонной нагрузки на канат от собственного веса и веса гибкого трубопровода, $(h_2 - h_1)$ — разности высот промежуточной опоры и опоры на тракторе и l — расстояния между опорами. Были приняты следующие допущения:

— несущий канат представляет гибкую нерастяжимую нить,
 — нагрузки q_1 и q_2 равномерно распределены по пролету l ,
 — опоры вертикальны и лежат в одной плоскости,
 — натяжения каната S_a и S_b (кГ) приняты равными их горизонтальным составляющим H (кГ), поскольку для пологих нитей при отношении максимального провеса U_0 (м) к пролету l (м) составляющее $\frac{U_0}{l} < \frac{1}{40}$, какое имеет рассматриваемый несущий канат, натяжение превышает горизонтальную составляющую не более, чем на 0,5%, что следует из формулы*

$$S_{a,b} = H \sqrt{1 + 16 \frac{U_0^2}{l^2}}; \quad (1)$$

— нагрузка от веса пакета трубопровода q_3 (кГ/м) на участке a (м) заменена сосредоточенной силой P (кГ)

$$P = q_3 a = q_2 \left(l - x + \frac{a}{2} \right), \quad (2)$$

где x — расстояние в м от опоры на тракторе до середины пакета трубопровода; так как $a < 0,005 l$, то принято:

$$P = q_2 (l - x). \quad (3)$$

Принятые допущения позволили установить зависимости между натяжением несущего каната и основными параметрами механизма дистанционно-подвесного перемещения гибких трубопроводов на основе теории висячих систем, разработанной Н. М. Беляевым, А. И. Дукельским, В. К. Качуриным, Р. Н. Мацелинским и другими учеными. Применение теории висячих систем к решению задачи об определении максимального натяжения каната при последовательном переходе распределенной нагрузки от веса гибкого трубопровода в сосредоточенную нагрузку дало возможность выполнить исследования механизма дистанционно-подвесной уборки трубопровода.

При теоретических исследованиях принимались следующие значения параметров:

- высота промежуточной опоры h_2 —4; 5; 6 и 7 м;
- высота опоры на тракторе h_1 принята постоянной 3,5 м из условия транспортабельности машины;
- длина трубопровода L —100; 200; 300 и 400 м, а соответствующие этой длине пролеты l —50; 100; 150 и 200 м;
- нагрузка q_2 от веса гибкого капронового трубопровода

принята в зависимости от его диаметра D равной (включая вес водовыпусков, подвесок и стягивающего каната):

$D, \text{ м}$	250	300	350	400
$\frac{\text{кГ}}{\text{м}}$	0,55	0,63	0,70	0,77

— вес водовыпусков, подвесок и стягивающего каната принят 0,15 кГ/м, а вес оставшейся в трубопроводе воды и прилипшей к нему почвы принят равным 35% от веса трубопровода (по данным наших замеров);

— величина минимального расстояния каната от поверхности земли h_{min} принята равной не менее 2 м; эта величина складывается из высоты растений хлопчатника 0,8—1,0 м, высоты пакета трубопровода 0,9 м и высоты подвесок 0,1—0,3 м;

— нагрузка q_1 от собственного веса несущего каната принята 0,7 кГ/м.

Программа экспериментальных исследований включала: измерение усилия H и расстояния h_x (см. рис. 1) от поверхности земли до каната посередине собранного пакета трубопровода в процессе его уборки; определение веса трубопровода (до и после полива), канатов, подвесок; измерение высот опор; нивелировку полосы поля, на которую уложен трубопровод; математическую обработку опытных данных.

Экспериментальные исследования проведены на лабораторной натурной установке в полевых условиях. Трубопроводы, канаты, опоры и пролеты были выполнены в натуральную величину. Натяжение каната измерялось динамометром Д (см. рис. 1) марки ДПУ-5 с точностью до 25 кГ. Динамометр был закреплен к канату с помощью коушей. Расстояние каната от поверхности земли h_x измерялось рейкой с точностью до 1 см. Измерения проводились через каждые 0,125 l (повторность опытов пятикратная.) В процессе исследований изменялась разность высот $h_2 - h_1$ для нахождения оптимального ее значения, а остальные параметры не менялись. Измерение усилия H и расстояния h_x определялось в функции величины x при всех остальных неизменных параметрах для нахождения экстремальных значений H_{max} и h_{min} .

Экспериментальные экстремальные значения (индекс „Э“) сравнивались с теоретическими (индекс „Т“), для чего строились кривые:

* В. К. Качурин. Теория висячих систем. Госстройиздат, 1962.

$$k_1 = \frac{H_{max}^{\tau}}{H_{max}^{\theta}} = f(x), f(h_2 - h_1), \quad (4)$$

$$k_2 = \frac{h_{min}^{\tau}}{h_{min}^{\theta}} = f(x), f(h_2 - h_1). \quad (5)$$

Измерение натяжения каната дублировано проводилось методом тензометрирования. Тензометрическая аппаратура состояла из электронного усилителя ТА-5, шлейфового осциллографа Н-700, стабилизатора напряжения СН-350, генератора и тензотяги Т (см. рис. 1) серьгообразной формы, закрепленной последовательно с динамометром Д. Тензотяга была протарирована до и после опытов с помощью лебедки и образцового динамометра. Запись на ленту осциллографа сигналов натяжения каната велась непрерывно в процессе подъема трубопровода над землей, его уборки и опускания несущего каната на землю. Расшифровка осциллограмм позволила определить величину натяжения каната для всех этапов процесса уборки трубопровода.

Программой полевых и хозяйственных испытаний машины было определение ее основных технико-экономических и эксплуатационных показателей: производительности, затрат труда, повреждаемости растений при раскладке и уборке гибкого трубопровода, коэффициентов надежности технологического процесса, эксплуатационной надежности, использования рабочего времени смены, технологического обслуживания. Испытания проводились по методике, принятой в отраслевой нормали 02-66 В/О „Союзсельхозтехника“ — „Эксплуатационная оценка сельскохозяйственных машин при государственных испытаниях“ — с некоторыми добавлениями, связанными с особенностями технологического процесса поливных машин. Определенные испытаниями технико-экономические и эксплуатационные показатели сравнивались не только с показателями при ручном способе полива по бороздам, но и с наиболее производительными поливными машинами.

Теоретические и экспериментальные исследования

В этой главе приведены результаты теоретического и экспериментального исследований процесса уборки гибкого трубопровода и установленные закономерности, определяющие величину натяжения несущего каната. В процессе уборки гибкого

трубопровода можно выделить три этапа, характеризующихся различным сочетанием нагрузок, действующих на несущий канат (см. рис. 1).

Первый этап соответствует периоду от начала подъема несущего каната с поверхности земли до момента, когда он поднимается на заданную высоту вместе с трубопроводом. При этом на канат действует собственный вес q_1 и вес трубопровода q_2 , переданный канату подвесками.

Второй этап соответствует периоду уборки трубопровода стягивающим канатом. При этом распределение нагрузки на несущий канат по пролету l изменяется. В любой выбранный момент, когда середина собранного пакета трубопровода определяется абсциссой x , находящейся в пределах $0 \leq x \leq l$, имеем:

— на участке $(l-x-0,5a)$, где трубопровод убран, — погонную нагрузку на канат q_1 только от его собственного веса;

— на участке a , где расположена собранная часть трубопровода, — погонная нагрузка равна (q_3+q_1) , где q_3 определяется формулой (2);

— на участке $x-0,5a$, где трубопровод еще не собран действует погонная нагрузка q_1+q_2 .

Очевидно, в последний момент стягивания трубопровода, когда $x=0,5a$, на несущий канат действует: на участке $l-a$, где трубопровод убран, — погонная нагрузка q_1 , а на участка a — погонная нагрузка q_3+q_1 . Действие ее приближенно заменено действием сосредоточенной силы.

Третий этап заключается в перемещении собранного пакета трубопровода на кронштейн машины. После этого на несущий канат действует только погонная нагрузка q_1 .

Для первого и третьего этапов величину горизонтального натяжения H (кГ) можно определять по известной формуле*, справедливой для нити, нагруженной равномерно распределенной по пролету нагрузкой:

$$H = \frac{(q_1+q_2)l^2}{2(\sqrt{f_1} + \sqrt{f_2})^2}, \quad (6)$$

где: $f_1 = h_1 - h_{min}$, м;

$f_2 = h_2 - h_{min}$, м.

В литературе, насколько нам известно, не рассмотрена задача по определению максимального натяжения каната, когда часть действующей на него равномерной нагрузки (от веса

* И. Я. Штаерман. Наука и техника. Труды Одесского Политехнического института, 1925.

трубопровода) переходит в сосредоточенную, как это имеет место на втором этапе; в диссертации эта задача рассмотрена и предлагается ее теоретическое решение. Согласно теории висячих систем* величина H определяется по формуле

$$H = \frac{M_x}{U_x}, \quad (7)$$

где: M_x — изгибающий момент в простой балке (балочный момент) для сечения x с длиной пролета и нагрузками, соответствующими канату, кГм;

U_x — стрелка провеса каната в м для сечения x (см. рис. 1).

Для второго этапа уборки трубопровода имеем

$$M_x = \frac{q_1 x}{2} (l - x) + \frac{q_2 x}{2} \left(2l - 3x + \frac{x^2}{l} \right), \quad (8)$$

$$U_x = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{l} x + h_x. \quad (9)$$

Из рассмотрения выражений (9) и (10) очевидно, что функция (8) на участке $0 < x < l$ непрерывна. Для нахождения значения $x = x_0$, при котором функция $H = f(x)$ достигает своего максимума, составлено уравнение

$$\frac{dH}{dx} = 0, \quad (10)$$

которое после преобразования имеет следующий вид кубического уравнения:

$$\left(\frac{x_0}{l} \right)^3 + \left(\frac{x_0}{l} \right)^2 \left(\frac{q_1 + 3q_2}{2q_2} - \frac{3}{2} \frac{h_1 - h_{min}}{h_2 - h_1} \right) - \left(\frac{x_0}{l} \right) \frac{q_1 + 3q_2}{q_2} \cdot \frac{h_1 - h_{min}}{h_2 - h_1} + \frac{q_1 + 2q_2}{2q_2} \cdot \frac{h_1 - h_{min}}{h_2 - h_1} = 0. \quad (11)$$

Уравнение (11) устанавливает взаимную зависимость основных параметров механизма для дистанционно-подвесной уборки трубопровода и позволяет определять максимальное натяжение несущего каната при заданных параметрах. Решая уравнение (11) относи-

* Р. Н. Мацелинский. Статический расчет гибких висячих конструкций. Госстройиздат, М.-Л., 1950. А. И. Дукельский. Подвесные канатные дороги и кабельные краны, Машгиз, М.-Л., 1951.

тельно x_0 и используя выражения (8), (9), на основании зависимости (7) вычисляем максимальное натяжение каната по формуле:

$$H_{max} = \frac{\frac{q_1 x_0}{2} (l - x_0) + \frac{q_2 x_0}{2} \left(2l - 3x_0 + \frac{x_0^2}{l} \right)}{h_1 + \frac{h_2 - h_1}{l} x_0 + h_{x_0}}. \quad (12)$$

Пользуясь формулами (12) и (13), вычислены и построены графические зависимости максимального натяжения несущего каната от величины пролета $H_{max} = f(l)$, диаметра гибкого трубопровода $H_{max} = f(D)$ и разности высот опор $H_{max} = f(h_2 - h_1)$. Эти графики необходимы для проектирования поливной машины с дистанционно-подвесной уборкой трубопровода как для зоны хлопководства, так и для других зон орошаемого земледелия, где применяются другие типоразмеры тракторов и другие схемы инженерных оросительных сетей. Пользуясь графиками можно выбрать длину трубопровода и его диаметр, руководствуясь допустимыми значениями H_{max} и $h_2 - h_1$. По величине H_{max} производят расчеты устойчивости трактора и промежуточной опоры, прочностные расчеты, выбор каната, мощности лебедки и др.

Для условий Голодной степи, где генеральной схемой ее проекта предусмотрена и строится инженерная лотковая сеть с максимальным расстоянием между оросителями 800 м — оптимальная длина трубопровода $L = 400$ м, расстояние между опорой на тракторе и промежуточной опорой $l = 200$ м, а диаметр трубопровода D , установленный расчетным путем 300—350 мм. Для $D = 300$ мм величина H_{max} находится в пределах от 3300 до 5600 кГ при изменении разности высот $h_2 - h_1$ от 3,5 до 0,5 м, а для $D = 350$ мм при тех же условиях H_{max} колеблется от 3800 до 6100 кГ. По конструктивным соображениям нами принята лебедка для натяжения несущего каната с приводом от гидромотора, развивающая тяговое усилие 4000 кГ. С помощью графиков находятся основные параметры механизма дистанционно-подвесной сборки трубопровода для этих условий. Например, для $D = 350$ мм высота промежуточной опоры $h_2 = 6,5$ м, высота опоры на тракторе $h_1 = 3,5$ м, пролет $l = 200$ м, диаметр несущего каната 12 мм (ГОСТ 3063-55, предел прочности проволок каната 150 кГ/мм², разрывное усилие 11550 кГ).

Экспериментальные исследования имели целью проверку достоверности результатов теоретических исследований. Опытным путем установлено, что величина максимального натяжения ка-

ната уменьшается от 5800 до 3450 кг при увеличении разности высот h_2-h_1 , от 0,5 до 3,5 м (рис. 3), а минимальное расстояние каната от земли до тех же условий возрастает от 1,85 до 2,20 м (рис. 4). Здесь кривые 1, 2, 3, 4 соответствуют разности высот опор (h_2-h_1)—0,5; 1,5; 2,5 и 3,5 м.

Исследованием установлено, что абсцисса x_0 , соответствующая максимальному натяжению каната, находится не в середине

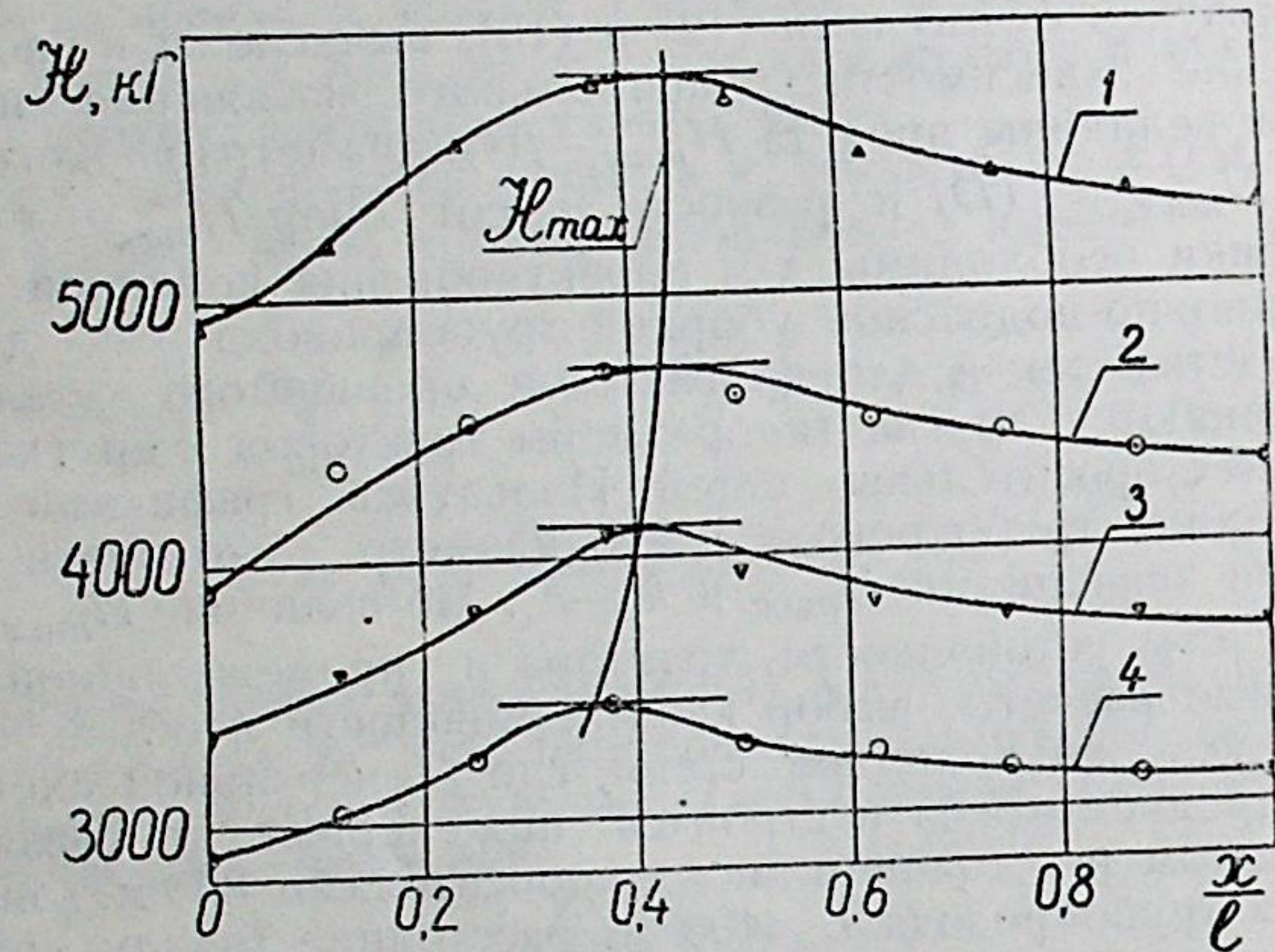


Рис. 3. Натяжение несущего каната H , измеренное в процессе дистанционно-подвесной уборки гибкого трубопровода при различной разности высот опор. H_{max} — максимальное значение натяжения каната.

пролета, а смещена в сторону опоры на тракторе. С увеличением величины h_2-h_1 до 3,5 м x_0 приближается к значению (0,45—0,36) l (меньшее значение соответствует наибольшей разности высот). Это явление объясняется тем, что пакет трубопровода представляет собой более интенсивную нагрузку, действующую на канат как сосредоточенная сила, а также тем, что опора на тракторе ниже промежуточной опоры.

Экспериментально, путем осциллографирования, записаны значения натяжения каната и одновременно измерены его минимальные расстояния от поверхности земли с помощью рейки.

Сравнение опытных данных с теоретическими предположениями показало достаточно близкую их сходимость. Отношение

максимального значения натяжения каната, определенного по формулам, к экспериментальному колеблется от 0,98 до 1,10 при изменении разности опор от 3,5 до 0,5 м. Эти данные позволи-

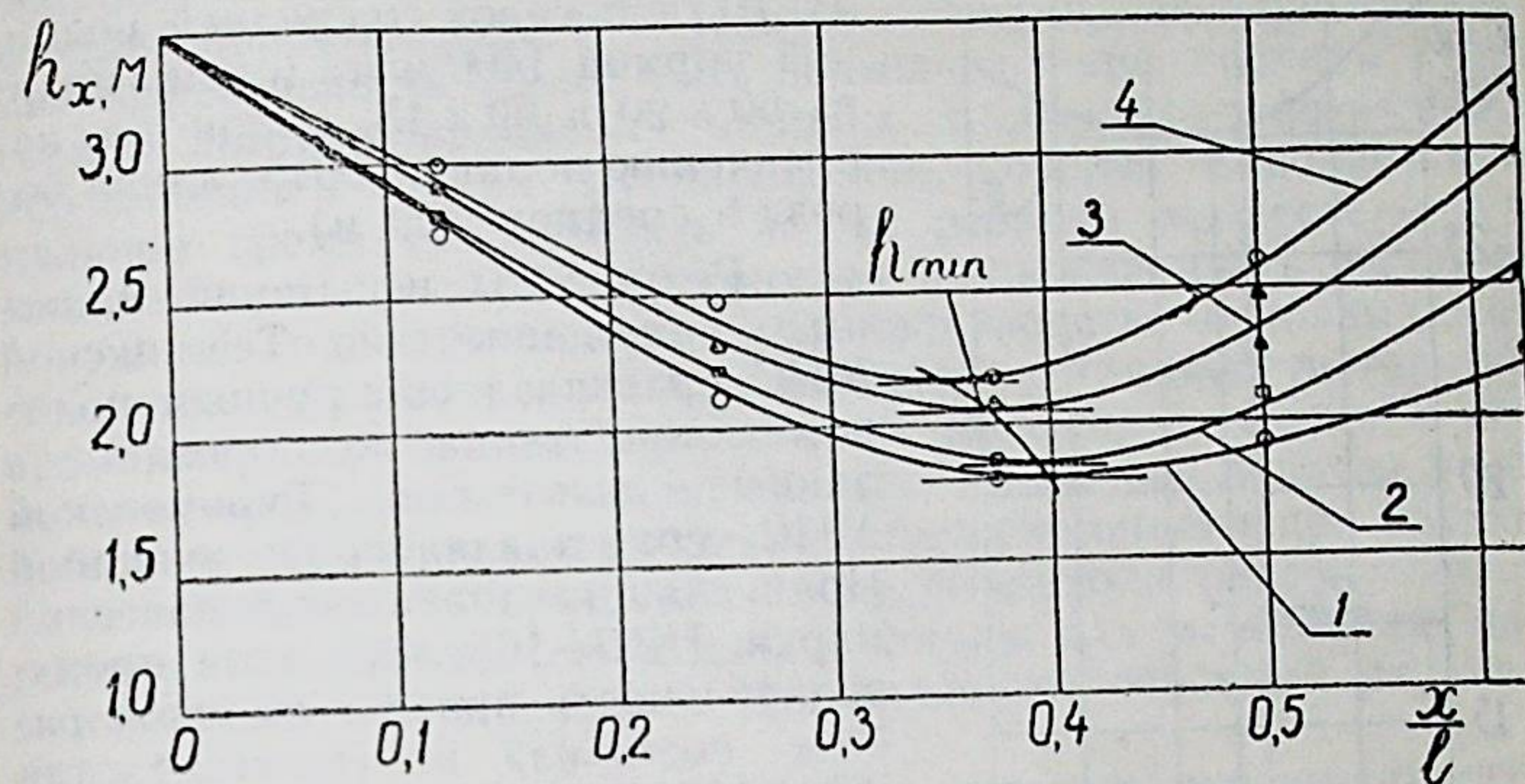


Рис. 4. Расстояние от поверхности земли до несущего каната h_x , измеренное в процессе дистанционно-подвесной уборки гибкого трубопровода при различной разности высот опор. h_{min} — минимальное расстояние каната от земли.

ли рекомендовать полученные теоретические зависимости с учетом экспериментальных поправок в практику проектирования и были использованы в ГСКБ по ирригации при конструировании поливного навесного агрегата марки ПАН-165.

Полевые исследования, проводившиеся в совхозе № 1 Голлодной степи, на опытно-полевой базе ГСКБ по ирригации, были направлены на усовершенствование технологии раскладки, полива и уборки гибкого трубопровода. В результате полевых исследований ряд узлов машины усовершенствован с целью уменьшения технологических потерь времени и повышения надежности технологического процесса. Установка в рабочее положение промежуточной опоры, выполненной в виде треноги, была трудоемкой и занимала по времени в среднем 30 мин. Эта конструкция заменена новой, выполненной в виде прицепной трехколесной тележки 11 (см. рис. 2), ее установка в рабочее положение занимает в среднем 5,5 мин.

Полевые и хозяйственные испытания машины ПАН-165 проводились на поливе хлопчатника. Так, на полях Туркменской

322464

МИС за вегетацию 1967 года было полито 120 га со средней поливной нормой 1600 м³/га (посев прямоугольно-гнездовой 60 x 25, длина борозд 400 м, уклон по направлению полива 0,0001 — 0,0002). На полях Таджикской МИС было полито в том же году 70 га посевов со средней поливной нормой 1400 м³/га (схемы полива 60 x 20 и 90 x 15, уклон по направлению полива 0,0045, длина борозд в среднем 300 м).

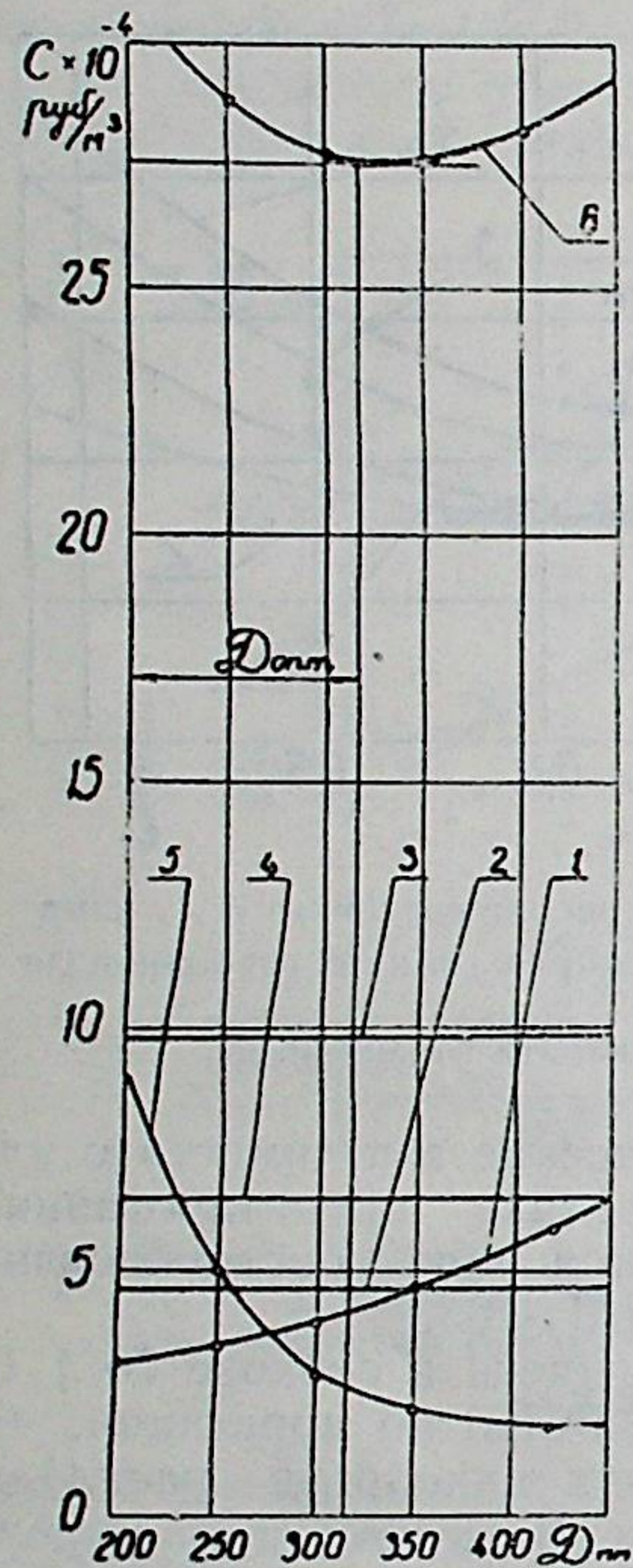


Рис. 5. Удельные капитальные и эксплуатационные затраты (С) на 1 м³ поданной воды в зависимости от диаметра гибкого трубопровода (D): 1—по стоимости трубопровода, 2—по стоимости навесного оборудования, 3—по оплате труда, 4—по стоимости трактора, 5—по стоимости горючих и смазочных материалов, 6—кривая суммарных затрат. D_{опт} — наилучший диаметр трубопровода.

Результаты испытаний машины, полученные на Таджикской МИС, сравнивались с ручным поливом хлопчатника по бороздам, а данные испытаний Туркменской МИС сопоставлялись с машиной Поливальщик шланговый навесной марки ПШН-165. Суточная производительность при 3-х сменной работе составила в га/сутки: для ПАН-165—7,92; для ПШН-165—7,7; для ручного полива по бороздам — 0,58. Затраты труда снизились в сравнении с ПШН-165 в 1,1 раза и в сравнении с ручным поливом по бороздам в 2,97 раза. Повреждаемость растений за один полив достигла при работе ПАН-165—0,02%, ПШН-165—0,08%, для ручного полива отчуждения на нарезку временной оросительной сети составили 1,3%.

Для нахождения наилучшего диаметра гибкого трубопровода D_{опт} по его стоимости проведено экономическое исследование. Дана зависимость диаметра трубопровода от капитальных, эксплуатационных и суммарных удельных затрат на подачу машиной 1 м³ воды. (рис. 5).

Выводы

1. Полив хлопчатника по бороздам с помощью гибких трубопроводов является прогрессивным способом, повышающим производительность труда и полезную площадь, занятую посевами. Его эффективность может быть повышена с применением предлагаемой автором поливной машины с дистанционно-подвесным перемещением гибких трубопроводов, которая позволяет максимальное время использовать их на рабочем процессе — поливе хлопчатника и значительно снижает повреждаемость растений.

2. Исходной величиной при производстве основных расчетов машины: выборе каната и лебедки, устойчивости трактора и промежуточной опоры, прочностных расчетах — является максимальное значение натяжения каната. На основе анализа условий работы и схематизации процесса, происходящего при дистанционно-подвесной уборке гибкого трубопровода, разработаны теоретические основы и выведены формулы для вычисления максимального натяжения каната при заданных основных параметрах устройства.

3. Построенные графические зависимости максимального натяжения каната от длины трубопровода, его диаметра, разности высот опор необходимы для ведения проектирования предлагаемой поливной машины как для зоны хлопководства, так и для других зон орошаемого земледелия.

4. Достаточно близкая для инженерных расчетов сходимость теоретических результатов с экспериментальными поправками позволила рекомендовать их для внедрения в практику. Эти результаты были использованы в ГСКБ по ирригации при конструировании поливного навесного агрегата марки ПАН-165.

5. Результаты исследования позволили выбрать оптимальные параметры дистанционно-подвесного механизма агрегата ПАН-165 для применения в условиях инженерных сетей Голодной степи: длина трубопровода 400 м, его диаметр 315 мм, высота промежуточной опоры 6,5 м, опоры на тракторе 3,5 м, несущий канат 12—150—ИСС ГОСТ 3063—55, стягивающий канат 3—150—ИСС ГОСТ 3063—55, расстояние от земли до каната в середине пролета перед началом стягивания трубопровода до 3 м, минимальное расстояние от земли до каната в процессе уборки трубопровода не менее 2 м.

6. Результаты полевых и хозяйственных испытаний показали, что машина эффективна и целесообразна на поливе хлопчатника. В сравнении с ручным поливом по бороздам производительность труда повышается почти в 3 раза. Повреждаемость растений снижается до 0,02%, в то время как отчуждение пло-

щади на нарезку временной оросительной сети для ручного полива составляет 1,3%. Годовая экономия от внедрения одной машины составляет 913 руб, что по Узбекистану при потребности 3000 машин составит 2 млн. 739 тыс. руб.

7. Дальнейшие исследования механизации полива по бороздам с дистанционно-подвесным способом перемещения гибких трубопроводов целесообразно проводить, на наш взгляд, в следующих направлениях:

— повышение надежности и долговечности узлов и деталей машины;

— улучшение ее мелноративных параметров и автоматизация водораспределения в борозды;

— изучение эксплуатации машины в широких хозяйственных условиях;

— ее усовершенствование для сокращения времени вспомогательных операций и повышение надежности технологического процесса;

— изучение применимости способа в различных зонах орошаемого земледелия.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Толчинский М. Л. Механизация полива хлопчатника. Брошюра, изд. БТИ ГСКБ по ирригации Ташсовнархоза, Ташкент, 1959.
2. Толчинский М. Л. Новые машины для орошения. Тезисы XXIV научно-производственной конференции профессорско-преподавательского состава. ТИИИМСХ, Ташкент, 1965.
3. Толчинский М. Л. Эксперименты по раскладке и сборке гибкого оросительного трубопровода для хлопководства. Тезисы XXV научно-производственной конференции профессорско-преподавательского состава ТИИИМСХ, Ташкент, 1966.
4. Толчинский М. Л. (в соавторстве). Водовыпуск. Авторское свидетельство № 198818, 1966.
5. Толчинский М. Л. Агрегат для механизации бороздкового полива. Научно-технический сборник „Механизация хлопководства“, № 9, 1966.
6. Толчинский М. Л. Элементы теоретических основ проектирования агрегата для механизированного полива хлопчатника. Труды ТИИИМСХ, „Вопросы механизации сельского хозяйства“, изд. „ФАН“, Ташкент, 1967.
7. Толчинский М. Л., Песиков С. И., Блайвас Е. О. Определение экономической эффективности машины для бороздкового полива хлопчатника. Научно-технический сборник „Механизация хлопководства“, № 4, 1967.
8. Толчинский М. Л. Полевые исследования механизма дистанционной сборки гибкого трубопровода машины для полива хлопчатника. Тезисы XXVI научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов ТИИИМСХ, Ташкент, 1967.

9. Переверзев С. К., Толчинский М. Л., Кац Н. Д. Передвижная насосная станция для орошения. Научно-технический сборник „Механизация хлопководства“, № 2, 1967.
10. Толчинский М. Л. (в соавторстве). Поливной навесной на трактор агрегат. Авторское свидетельство № 202644, 1967.
11. Толчинский М. Л. (в соавторстве). Переносной винтовой якорь. Авторское свидетельство № 1151937, 1957.
12. Весманов В. М., Толчинский М. Л. Механизация полива в хлопководстве. „Хлопководство“ № 1, 1968.
13. Толчинский М. Л. Исследование некоторых параметров машины для дистанционно-подвесной сборки гибкого трубопровода при поливах хлопчатника. Тезисы XXVII научной конференции профессорского состава и аспирантов ТИИИМСХ, Ташкент, 1968.
14. Весманов В. М., Толчинский М. Л. Машины для механизации полива. Материалы международного симпозиума социалистических стран по проблеме „Механизация полива сельскохозяйственных культур“, издание Гипроводхоз, Москва, 1968, стр. 280—288.
15. Кошевинов Г. А., Толчинский М. Л. Исследование перемещения оросительных трубопроводов при поливе хлопчатника. „Механизация хлопководства“, № 9, 1968.
16. Толчинский М. Л. Механизация полива с помощью гибкого трубопровода. Гидротехника и мелиорация, № 10, 1968.

Материалы диссертации доложены на XXIV, XXV, XXVI и XXVII научно-производственных конференциях профессорско-преподавательского состава ТИИИМСХ, г. Ташкент, в 1965, 1966, 1967 и 1968 гг.; на пятой объединенной конференции аспирантов и молодых ученых по сельскому хозяйству, МСХ УзССР, г. Ташкент, в 1967 г.; на Всесоюзном совещании по вопросам машинного орошения, САНИИРИ, г. Ташкент, в 1966 г.; на международном симпозиуме социалистических стран по проблеме „Механизация полива сельскохозяйственных культур“, г. Тирасполь, в 1967 г.