Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ОБЛАСТИ МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИКИ ПОЛИВА

Москва 1983

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им.А.Н.Костякова

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ОБЛАСТИ МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИКИ ПОЛИВА

Москва 1983

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Балаев Л.Г. (председатель)

Божко И.А., Дзюбенко Б.В., Дмитриев В.С. (зам.председателя), Емельянов В.А. (зам.председателя), Зюликов Г.М., Казаков В.С. (зам.председателя), Кац Д.М., Кременецкий Н.Н. (зам.председателя), Куксин И.Е., Луцкий В.Г., Лысов Ю.Н., Новиков В.М., Панов Е.П., Рагимов М.К., Родин Я.С. (секретарь), Степанов А.Н., Харин А.И.

Редакционная коллегия сборника

Угрюмов А.В. (ответственный редактор)

Носенко В.Ф. (зам.ответственного редактора), Луцкий В.Г. (зам. ответственного редактора), Данильченко Н.В., Пензин М.П., Митрюхин А.А., Фомин Г.Е., Ландес Г.А., Савушкин С.С., Виннико-ва Н.В., Давиан А.П., Петренко С.А. (секретарь).

Материалы сборника подготовлены Всесоюзным научно-исследовательским институтом механизации и техники полива Минводхоза СССР.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ), 1983 г.

УДК 631.347.001.2

А.В.Угркмов, д-р экон.наук,
В.Ф.Носенко, канд.техн.наук,
Г.А.Ландес, канд.экон.наук
(ВНИИМиТП)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПОЛИВА В СССР

В свете поставленных партией и правительством задач по мелиорации земель, направленных на полное удовлетворение потребностей населения продуктами питания, трудно переоценить роль и значимость проблемы механизации полива, одного из самых сложных и трудоемких процессов орошаемого земледелия. На сегодня механизация полива - это то звено, которое во многом определяет технический прогресс сельского и водного хозяйства страны.

За годы, прошедшие после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС механизация полива получила значительное развитие. За этот период площадь земель, орошаемых с помощью средств механизации, возросла на 6,5 млн.га и достигла в 1981 году 7,3 млн.га, а уровень механизации полива составил 42 %.

Сельское хозяйство страны в настоящее время располагает значительным парком поливной техники. Наиболее высокими темпами оснащается сальское хозяйство дождевальной техникой, в том числе широкозахватной. Механизация поверхностного полива не получила практического развития, и поливная техника применяется на площади менее 600 тыс.га. Механизация полива сельскохозяйственных культур на современном этапе осуществляется в условиях дефицита трудовых, водных, энергетических и материальных ресурсов. Требования к технике полива и водоподводящей сети становятся все более жесткими.

Обеспечение высоких темпов механизации полива предопределяет необходимость поиска эффективных средств орошения, наиболее полно отвечающих требованиям социалистического сельскохозяйственного производства на современном этапе развития. Ученые и конструкторы страны ведут поиск, направленный на создание комплекса поливной техники для разнообразных природных районов страны.

Необходимость выявления перспективных направлений и тенденции развития средств механизации полива с учетом всего мирового опыта

диктуется, во-первых, стремлением сосредоточить все усилия на разработке и внедрении наиболее совершенных и экономичных в настоящее время способов и технологии полива, видов поливной техники и, во-вторых, обосновать научно-технический прогноз их развития на ближайшую перспективу, без чего немыслим технический прогресс в любой отрасли народного хозяйства.

С помощью методов инженерного прогнозирования ("тенденций", "целей и стратегий", "обобщенных параметров") на основании качественной и количественной оценок изменений в технике полива, происшедших в последние годы, а также анализа развития техники полива в странах социалистического содружества и наиболее развитых капиталистических странах выявлены основные направления и тенденции технического прогресса в области механизации и автоматизации полива на ближайшую и более отдаленную перспективу.

Неотложными задачами являются обеспечение дальнейшего роста площади механизированного полива, совершенствование технических средств и обеспечение возможности интенсификации сельскохозяйственного производства на основе развития орошаемого земледелия в зонах, слабообеспеченных рабочей силой, а также улучшение качества полива и использования природных ресурсов.

В последние годы произошли заметные сдвиги в развитии механизации полива. В отдельные годы прирост площади механизированного полива достигал I млн.га, а в среднем за семидесятые годы составил более 460 тыс.га. На конец X пятилетки всеми техническими средствами орошалось 40 % политых земель (табл.I.).

Таблица I

Развитие механизации полива в СССР

Пятилетка	Площадь механизированного полива		Среднегодовые темпы прироста площади механизированного полива, тыс.га	В том числе за счет дождевания
	тыс.га	в % к площади политых земель		
Седьмая	748,7	9,I	I49,8	I09,0
Восьмая	I954,6	I9,2	24I,2	226,5
Девятая	4798	34,5	568,7	548,8
Десятая	6590,0	40,0	358,1	3I5,9

В ближайшей перспективе представляется необходимым увели-

чить эти темпы за счет роста площади механизированного полива по бороздам и полосам.

Заметные сдвиги произошли в росте производительности труда на поливе как за счет увеличения расхода поливной техники, так и в результате внедрения "многостаночного" обслуживания. Если в 60-е годы один оператор имел возможность управлять током воды до 50 л/с, то в 70-е годы, благодаря внедрению широкозахватной дождевальной техники, уже до 240-400 л/с. Внедрение электрифицированной дождевальной машины фронтального действия "Кубань" позволит управлять одному оператору поливным током до 800 л/с.

Коллективные и индивидуальные экспертные оценки ведущих специалистов в рассматриваемой области выявили высокую перспективность техники полива, основанной на возможно полном рассредоточении тока воды при орошении. Об этом же свидетельствует динамика роста патентов по широкозахватным малоинтенсивным дождевальным машинам, капельному орошению, импульсному дождеванию и др.

В последнее время разработана техника, основанная на принципе подачи воды рассредоточенным током при использовании широкозахватных поливных машин со шлейфами, перемещающихся поперек и вдоль поливных борозд.

Совершенствование поливной техники, улучшение ее параметров стало возможным в результате применения в конструкциях машин новых материалов (алюминиевые сплавы, полимеры). Благодаря малому удельному весу полимеров конструкции машин и оборудования из них в 5-7 раз легче, чем из стали. Трудоемкость изготовления деталей из полимеров снижается в 5-6 раз, а себестоимость изготовления - в 4-10 раз по сравнению с металлическими.

Характерно, что развитие промышленности алюминиевых сплавов дало толчок в создании многоопорных широкозахватных дождевальных машин, а развитие производства полимеров явилось побудительной причиной и обусловило возможность создания и бурного развития систем капельного орошения с огромной протяженностью дешевых полимерных трубопроводов малого диаметра. Созданные в последние годы высоконапорные шланги из полимеров позволили использовать в конструкциях мобильных поливных машин новые технические решения подвода воды к ним.

Внедрение механизации орошения в зонах с различными природно-хозяйственными условиями производства, повышение КЗИ и КПД систем и др. предопределили непрерывное увеличение числа типов поливной техники, отличающихся между собой принципом водораспределения, конструкцией водоподводящего и водораспределительного устройств, рабочими параметрами, уровнем производительности труда и др.

Если в Системе машин на 1966–1970 гг. было 11 наименований машин, то на 1971–1975 гг. – 14, 1976–1980 гг. – 23, а в XI пятилетке намечается увеличение до 30 и в XII – до 34 наименований дождевальной и поливной техники.

В нашей стране уже через три года после выпуска первых образцов промышленность стала поставлять хозяйствам ряд модификаций машины "Фрегат" (по расходу и длине) для полива участков различных размеров с различными типами почв. Серийно производятся модификации машин этого типа увеличенной длины (20–22 тележки) и с гибкими вставками для работы на пересеченной местности.

Особое место в совершенствовании техники полива занимает автоматизация этого трудоемкого процесса и его отдельных операций. В нашей стране, как и в других странах мира, интенсивно разрабатываются автоматические технические средства, о чем свидетельствует, в частности, непрерывно пополняющийся фонд патентных материалов по автоматизации полива. Причем, значительная часть этих материалов относится к средствам (устройствам, системам) гидроавтоматического управления поливом. Использование технологических водоводов оросительных систем и поливных машин в качестве каналов связи и для передачи сигналов, а напора воды в них – в качестве источника энергии для привода исполнительных устройств является характерной положительной особенностью гидроавтоматического оборудования оросительных систем. Необходимость в проводной системе на поле и трудность обеспечения нормальной эксплуатации электрических устройств в условиях высокой влажности окружающей среды затрудняют, хотя и не исключают, использование чисто электрических средств управления поливом.

Научно-технические разработки вызваны, с одной стороны, увеличивающимся дефицитом пресной воды требуемого качества и, с другой – стремлением использовать в качестве транспортного

агента для доставки к растениям и в окружающую среду (почва, приземный слой воздуха) растворенные химические вещества для направленного воздействия на них и регулирования водного, пищевого, теплового и газового режимов.

Многими исследованиями доказана высокая эффективность внесения с поливной водой минеральных и органических удобрений, микроэлементов, ядохимикатов, гербицидов, мелиорирующих веществ.

По данным ВНПО "Радуга" экономическая эффективность многоцелевого использования поливной техники составляет 10-15 руб./га; урожайность повышается на 10 %. Ведутся опыты полива насыщенной газами (в частности углекислыми), ионизированной и омагниченной водой, обработанной в постоянном магнитном и электромагнитном полях для стимуляции развития растений и интенсификации процессов фотосинтеза, а также имеется положительный опыт терморегулирования при орошении.

Становится очевидным, что на современном этапе развития сельскохозяйственного производства недопустимо ограничиться при орошении направленным воздействием только на один фактор (влажность почвы). Стоит вопрос о создании оросительных систем и поливной техники многоцелевого назначения для комплексного регулирования водного, теплового, химического и газового режимов в среде почва-растение-приземный слой воздуха. В ряде стран мира (ФРГ, Англия, США, Италия) уже функционируют многоцелевые оросительные экспериментальные микросистемы и установки, обеспечивающие кроме полива внесение с поливной водой удобрений, пестицидов.

Тенденция многоцелевого использования оросительных систем и поливной техники хорошо согласуется с общей тенденцией сельскохозяйственного производства - минимальной обработкой почвы. Комплексное проведение приемов подготовки площадей к поливам и агротехнических приемов по уходу за растениями, включая поливы, позволяет сократить излишнее число обработок почвы, улучшить организацию труда, снизить издержки на производство сельскохозяйственной продукции. Кроме того, выполнение ряда операций с помощью поливной техники повышает интенсивность и эффективность ее использования.

Одним из сложных вопросов механизации полива был и остается вопрос подвода воды к стационарным и мобильным поливным ус-

тройствам. До последнего времени забор воды поливными устройствами, работающими в движении, как правило, осуществлялся из открытых оросителей или лотков, а подача ее к стационарным или позиционно работающим поливным устройствам от сети закрытых трубопроводов - при помощи надземных или подземных гидрантов, расположенных в специальных колодцах. Несовершенство открытых водоводов и надземных гидрантов на сети закрытых трубопроводов очевидно. И в том и в другом случае оросители, лотки, надземные гидранты или стационарные колодцы являются серьезной помехой для работы сельскохозяйственных машин и орудий. Во всем мире сейчас ведутся интенсивные поиски и разработки совершенных систем подвода воды к поливным устройствам, не препятствующих механизированным работам на орошаемом участке.

В СССР, США, Болгарии, Чехословакии и других странах разработан ряд конструкций надземных выдвижных гидрантов, задвигаемых при необходимости ниже пахотного горизонта. В Болгарии осуществляется серийное производство пластмассовых выдвижных гидрантов. В ФРГ, США, Чехословакии, Франции и других странах создана целая серия самоходных дождевальных машин, питающихся водой от высоконапорного шланга диаметром до 200 мм, наматываемого на барабан или перемещаемого по полю петлей. В нашей стране осваивается производство высоконапорного шланга диаметром 100 и 200 мм для машин такого типа.

Анализ патентных материалов свидетельствует о перспективности так называемых троллейных систем питания поливных ма. ин, движущихся по всей длине водоводов специальных конструкций (желобов, жестких и гибких трубопроводов с клапанами и замком по образующей), а также различного рода телескопических и шарнирных жестких трубопроводов и гибких сминаемых шлангов.

В соответствии с рассмотренными тенденциями и проведенным прогнозом развития механизации полива в настоящее время определены основные направления технического прогресса, характерными особенностями которого являются дальнейший рост уровня механизации, повышение технического уровня оросительных систем с экономичной поливной техникой. В перспективе по-прежнему предусматривается наиболее широкое развитие дождевания и поверхностного способа полива. Интересы производства и намечаемое развитие заводских мощностей определяют необходимость и возможность обеспечения среднегодовых темпов роста уровня механизации полива на

2–2,3 % и проведение механизированного полива в 2000 году на 80–85 % площади.

Прирост площади механизированного полива в 80–е годы будет обеспечен за счет внедрения технических средств на новых орошаемых землях, а в последующие годы – за счет применения машин и оборудования на землях реконструируемых оросительных систем.

Для обеспечения и реализации намеченного прогнозом прогресса в области механизации полива в конечном счете предусматриваются:

модернизация и широкое внедрение всей серийно выпускаемой дождевальной и поливной техники, дальнейшее увеличение ее номенклатуры, модификаций и типоразмеров для разнообразных условий нашей страны, в том числе за счет создания универсальных машин с набором водораспределяющих устройств для изменения способов и технологии полива;

многоцелевое использование оборудования оросительных систем и поливной техники для внесения вместе с поливной водой минеральных и органических удобрений, микроэлементов и мелиорирующих веществ, в том числе для обеспечения безотходной технологии при утилизации животноводческих, хозяйственно–бытовых и промышленных стоков (разработан и предлагается комплекс оборудования, включающий подпочвенные перфорированные увлажнители, гидроподкормщики, модернизированные дождевальные и поливные машины для внесения животноводческих стоков);

создание и промышленное освоение экономичного сортамента мелиоративных труб диаметром до 500 мм и комплекса запорной, соединительной и регулирующей арматуры для оросительных систем с механизированным (автоматизированным) поливом;

рациональное территориальное размещение и эффективное использование поливной техники на участках с различными природно–хозяйственными условиями (разработаны и находятся в стадии апробации и производственной проверки программа и алгоритм оценки и выбора видов поливной техники на современных ЭВМ);

укрепление инженерной службы эксплуатации и обеспечение на этой основе существенного (I5–20 %) роста производительности труда при поливе, высокоинтенсивного использования поливной техники на протяжении всего нормативного срока ее службы (предложена и внедряется служба эксплуатации РПО "Полив");

оптимизация параметров и типизация поливной техники в составе всего оросительного комплекса и обеспечение на этой основе индустриализации методов проектирования, поставки и монтажа оборудования, строительства совершенных оросительных систем с высокой степенью механизации (автоматизации) процесса полива (в стадии разработки находятся поливные модули оросительных комплексов);

коренная реконструкция оросительных систем в староорошаемых районах страны в первую очередь за счет рациональной организации территории и капитальной планировки земель и перехода от открытой к закрытой низконапорной сети трубопроводов.

Рекомендуемая номенклатура машин и устройств для полива характеризуется параметрами (табл.2), обеспечивающими:

обслуживание оператором группы машин;

более равномерное распределение воды по площади;

снижение металлоемкости и энергоемкости процесса полива;

повышение КЗИ и КПД внутрихозяйственной части оросительной сети;

универсализацию технических средств и на этой основе совмещение процесса полива с внесением удобрений, микроэлементов, химмелиорантов;

максимальное удовлетворение биологических требований сельскохозяйственных культур в воде за счет внедрения технологий подачи воды растениями в соответствии с ходом водопотребления;

утилизацию животноводческих, хозбытовых и других видов промышленных стоков.

Таблица 2

Ориентировочные технико-экономические параметры новой поливной техники

Наименование машин, устройств	Номинальный расход, л/с	Расход воды, управляемый оператором в смену, л/с	Металлоемкость машины, кг/га	Годовой экономический эффект, руб./га
I	2	3	4	5
ЭДМ "Кубань"	I80	720	305,9	I0,4
ДМ "Каравелла"	I40	280	263,I	9,54
ДМ "Коломенка"	I00	400	I90	9,22

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5
ДКН-80	80	I60	50	9,2
"Фрегат" ДМУ-Б	75-90	300-360	I67,I	I4
"Фрегат" ДМУ-А	28-55	II2-220	2I9	7,I
Шланговые дождевальные машины	30	60	42	I7,4
Дождевальные плейфы ПД 25/300	30,5	244	70	26,7
СИД	I x)	I00	-	572,9
Стационарные автоматизированные системы дождевания	I x)	I00	-	I26,4
АШПУ	4,8	67,2	-	69,5
Консольные поливные машины	I40	70	69	7,7
Многоопорные поливные машины	I00	200	49,3	3I,9
Стационарные системы поверхностного полива	I x)	I00	-	73

x) В расчете на I га площади.

Реализация намеченных направлений технического прогресса в механизации полива позволит существенно снизить потребность в рабочей силе и обеспечить более рациональное использование земельных и водных ресурсов.

УДК 63I.347.22I.2I.002

А.В.Угрюмов, д-р экон.наук,
Л.А.Перевезенцев, канд.техн.наук,
В.М.Афанасьев, инж.
(ВНИИМиТП)

К ВОПРОСУ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПОЛИВА МНОГООПОРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ, РАБОТАЮЩИМИ В ДВИЖЕНИИ

Многоопорные дождевальные машины с электроприводом, работающие в движении, отличаются от аналогичных машин с гидравлическим приводом тем, что производят полив в широком диапазоне поливных норм, обеспечивают проведение выборочных поливов, имеют возможность изменять

направление движения без проведения трудоемких операций по перенастройке ходового аппарата, в большей степени поддаются автоматизации. Однако необходимо с большей эффективностью использовать эти положительные качества в достижении максимальной производительности машины путем выбора оптимальной технологической схемы полива для конкретных условий ее работы.

Качество работы многоопорных дождевальных машин, работающих в движении, в том числе и фронтальных, оценивается главным образом по агротехническим показателям, т.е. по равномерности и своевременности увлажнения почвы, по соответствию образуемого дождя впитывающей способности почвы, по величине повреждаемости сельхозкультур и глубине образующейся от колес колеи.

Несомненно, что все эти параметры формируют урожай и способствуют сохранению физического состояния почвы. Однако экономическая эффективность многоопорных дождевальных машин в конечном счете определяется по совокупным показателям, включающим капитальные вложения, эксплуатационные, трудовые и энергетические затраты как в целом по внутрихозяйственной оросительной сети, так и по машине, в частности, срок службы оросительной сети и машины, полученную урожайность и др.

Для достижения максимальной эффективности многоопорной дождевальной машины с электроприводом необходимо установить наиболее рациональные технологические схемы ее работы, обеспечить надлежащие условия ее эксплуатации и технического обслуживания.

Обычно при выборе схемы полива стремятся к минимальному числу проходов машины, избегая холостых ее перегонов, т.е., по существу, игнорируя одно из преимуществ машины с электроприводом - возможность передвигаться без полива в обоих направлениях.

Не отрицая правомерности установившихся принципов в выборе технологических схем полива многоопорными дождевальными машинами, в данной статье сделана попытка дать анализ известных схем с точки зрения энергетических затрат, с целью обратить внимание специалистов и на этот немаловажный ресурсосберегающий показатель при выборе технологических схем полива.

Работа многоопорных дождевальных машин с электроприводом может осуществляться по восьми основным технологическим схемам (рис.I).

По схеме I цикл работы машины состоит из двух этапов. На первом этапе машина, выдавая максимально допустимую поливную норму, проходит весь участок с рабочей скоростью

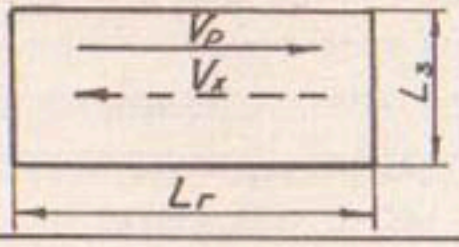
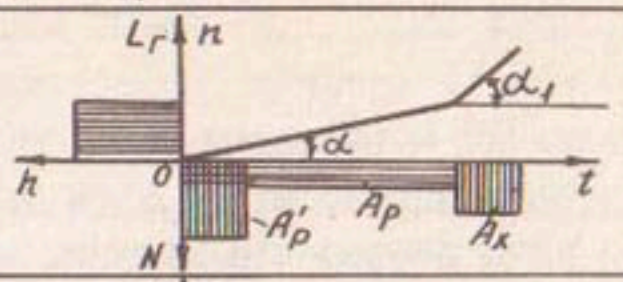
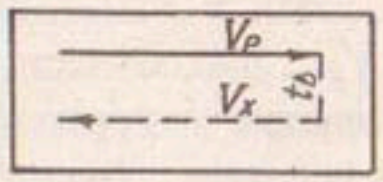
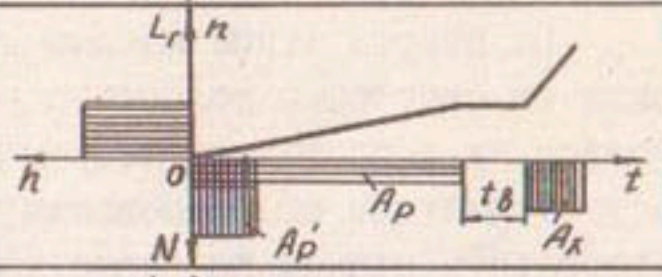
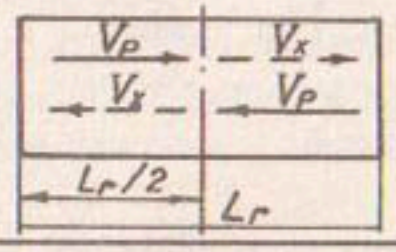
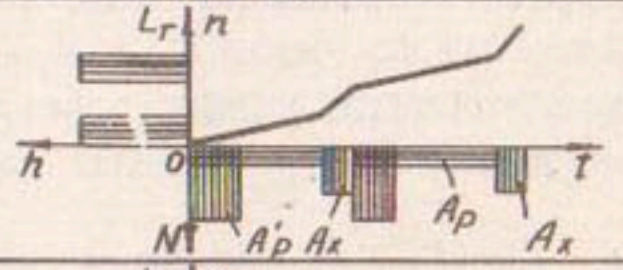
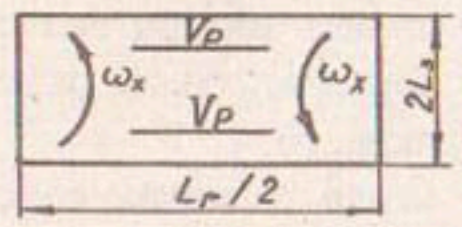
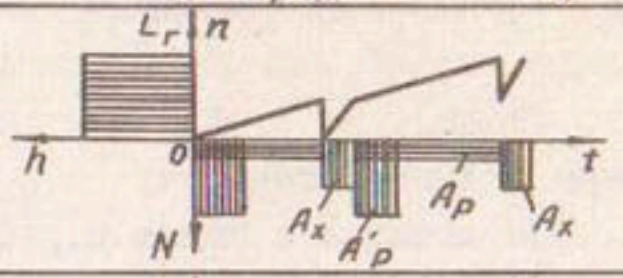
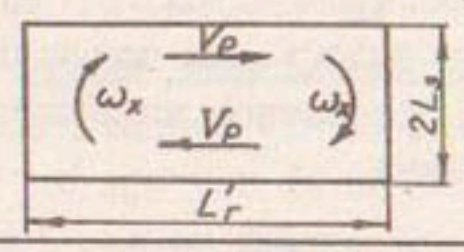
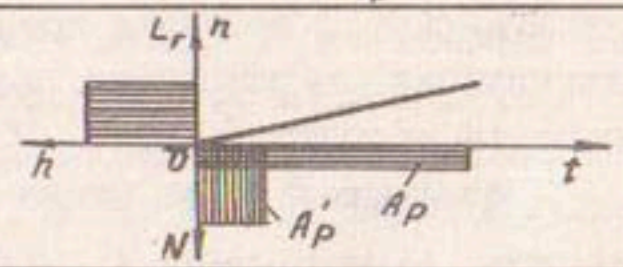
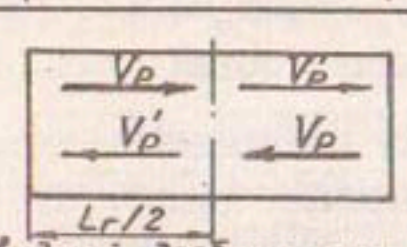
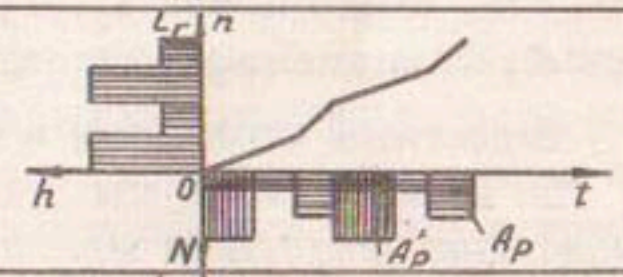
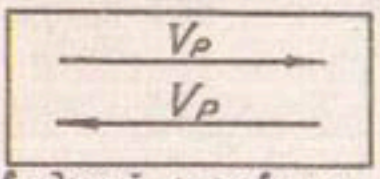
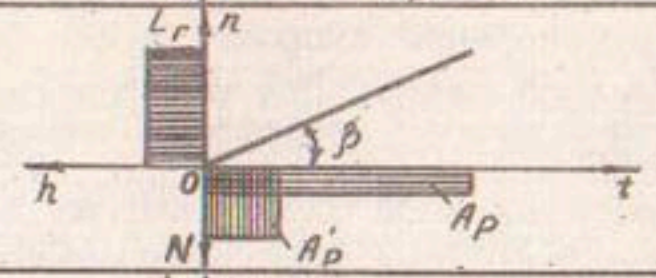
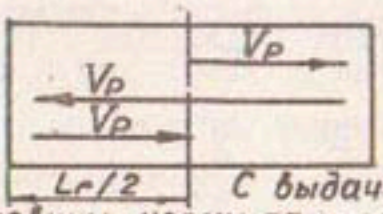
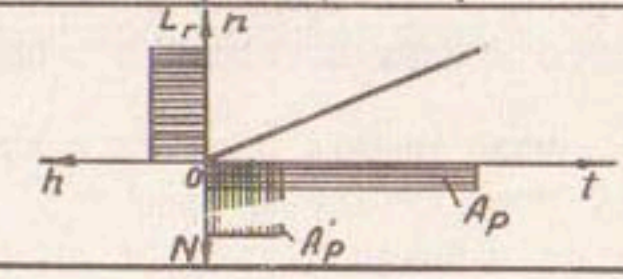
N схем	Особенности		Технологическая схема полива	Циклограммы схем
1	С выдачей поливной нормы за проход	Имеются холостые проходы		
2				
3				
4				
5	С выдачей поливной нормы за цикл	Холостые проходы отсутствуют		
6			 С выдачей дробных норм	
7			 С выдачей половины нормы за проход	
8			 С выдачей половины нормы за проход	

Рис.I. Технологические схемы и циклограммы

$$V_p = Q / h L_з \beta \ , \qquad (I)$$

где Q – расход машины, м³/с; h – поливная норма, мм; $L_з$ – ширина захвата, м; β – коэффициент, учитывающий потери оросительной воды в процессе полива.

На втором этапе машина возвращается в исходное положение без полива со скоростью холостого хода V_x. Недостаток этой схемы заключается в том, что на втором этапе машина двигается по сырой почве, а это приводит к образованию глубокой колеи. Продолжительность цикла при работе машины по схеме I можно выразить формулой

$$t_ц = t_p + t_x + 2t_н \ ,$$

где $t_p = L_г / V_p$ – время движения машины с поливом (время первого этапа), ч; $t_x = L_г / V_x$ – время движения машины без полива (время второго этапа), ч; $t_н$ – время, затраченное на перенастройку машины в конце каждого этапа, ч; $L_г$ – длина гона, м.

По схеме 2 в конце первого этапа движения со скоростью V_p делается перерыв, во время которого проводятся агротехнические и профилактические мероприятия. После подсыхания почвы машина движется со скоростью холостого хода V_x в обратном направлении.

Продолжительность цикла равна

$$t_ц = t_p + t_x + 2t_н + t_в \ ,$$

где $t_в$ – время перерыва, ч.

Недостаток этой схемы – низкий коэффициент использования машины.

По схеме 3 на первом этапе движения машина проходит с поливом максимально допустимой нормой до середины участка. Затем задается транспортная скорость и она перемещается без полива до конца участка (второй этап). При реверсировании машины третий и четвертый этапы движения соответственно аналогичны первому и второму этапам. Недостаток этой схемы состоит в частой перенастройке машины на другую скорость, что требует вмешательства оператора. Длительность цикла при работе машины по схеме 3 выражается формулой

$$t_ц = t_p + t_x + 4t_н \ .$$

Схемы 4 и 5 применяются в том случае, когда машина работает по кругу и фронтально на участках с коротким гоном. Эти схемы имеют по четыре этапа. На первом этапе машина движется фронтально со скоростью V_p, на втором переключается для работы по кругу. По схеме 4 она движется без полива к середине поля с угловой скоростью $\omega_x = V_x / L'$, а по схеме 5 – с поливом по внешней стороне поля с угловой скоростью

$$\omega_p = 2V_p / L' , \qquad (2)$$

где L' – расстояние от центра поворота машины до крайней ее опоры.

Второй этап заканчивается после поворота машины на 180^0. Третий и четвертый этапы движения машины по смежному участку соответственно аналогичны первому и второму этапам соответствующих технологических схем. Время цикла машины, работающей по схеме 4, определяется по формуле

$$t_ц = t_p + t'_x + 4t_н ,$$

а, работающей по схеме 5, по формуле

$$t_ц = t_p + t'_p + 4t_н ,$$

где $t'_x = 2\pi L' / V_x$ – время движения машины по кругу без полива, ч;

$t'_p = \pi L' / V_p$ – время движения машины по кругу с поливом, ч.

Недостатки технологической схемы 4 заключаются в частой перенастройке машины на работу по кругу и фронтально, в увеличении заминаемости сельхозкультур при работе машины по кругу, в значительных потерях времени на перенастройку. Недостатками технологической схемы 5 являются: недополив углов участка, усложнение конструкции машины в части обеспечения переключения дождевальных аппаратов, перенастройка машины на различные режимы работы, возрастание гидравлических потерь в трубопроводе машины при ее работе по кругу и др.

Если схема 4 не имеет преимуществ перед рассмотренными выше технологическими схемами, то схема 5 позволяет обеспечить работу машины от одного гидранта закрытой оросительной сети путем применения шарнирного двухзвенного трубопровода или шланга, осуществлять движение по сухой почве, автоматизировать практически весь процесс полива вплоть до подхода машины к исходной позиции.

В схеме 6 этапы работы машины почти идентичны этапам схемы 3 с той лишь разницей, что при скорости V_p машина выдает слой осадков несколько меньше заданной нормы (этапы движения первый и третий).

При движении на втором и четвертом этапах со скоростью V_p'' машина выдает оставшуюся часть нормы. Скорости движения машины обратно пропорциональны частям выдаваемой поливной нормы. Недостаток этой схемы заключается в частой перенастройке машины на другую поливную норму, достоинство – в отсутствии холостых проходов. Длительность, цикла при работе машины по схеме 6 выражается формулой

$$t_ц = t_p + t_p'' + 4t_н \ ,$$

где $t_p'' = L_г / V_p''$ – время движения машины на втором и четвертом этапах, ч.

Схема 7 имеет два этапа, на которых машина движется со скоростью V_p и выдает половину поливной нормы за каждый проход. При условии выдачи одинаковых поливных норм скорость машины V_p по схеме 7 в два раза выше скорости V_p по схемам I–4. Это справедливо и для схемы 8, которая имеет в цикле три этапа. Начало движения машины осуществляется с середины орошаемого участка (первый этап). Дойдя до края участка, машина движется с той же скоростью V_p до другого края (второй этап). Затем после реверсирования возвращается в исходное положение (третий этап). Недостатки схем 7 и 8 заключаются в повышенном колееобразовании из-за движения машины по влажному полю и повышенном износе трущихся деталей, что является следствием повышения скоростей движения. Достоинством этих схем является повышение коэффициента использования машины. Длительность цикла по схемам 7 и 8 определяется по формуле

$$t_ц = t_p + 2t_н \ .$$

Приведенные выше схемы рассмотрены при условии выдачи поливной нормы за цикл. Однако на практике, исходя из впитывающей способности почвы, поливная норма может быть выдана за K циклов, тогда выражение (I) примет вид

$$h = \frac{Q \cdot K}{V_p \cdot L_з \cdot \beta} \ . \qquad (3)$$

Для количественной оценки рассмотренных технологических схем были приняты следующие данные: расход машины $Q = 0{,}1$ м^3/с, вес машины с водой $G = 3 \cdot 10^5$ Н, вес машины без воды $G_1 = 2 \cdot 10^5$ Н, длина гона $L_г = 12 \cdot 10^3$ м, ширина захвата $L_з = 450$ м, поливная норма $h = 600$ м^3/га, среднесуточный коэффициент $\beta = 1{,}1$, КПД трансмиссии ходовых опор $\eta = 0{,}5$, коэффициент сопротивления перекатыванию $f = 0{,}2$

(движение по свежевспаханному полю), скорость холостого хода машины V_x =0,083 м/с, величина буксования колес δ =0,2. Расчет производился для слоя осадков I0, 20, 30, 40, 50, 60 мм.

Мощность, затрачиваемая на перемещение машины с водой при установившемся непрерывном режиме работы

$$N_p = \frac{G \cdot f \cdot V_p}{102\,\eta\,(1-\delta)} \quad . \qquad (4)$$

При старт–стопном режиме работы приводов

$$N_p' = \frac{G \cdot f \cdot V_p'}{102\,\eta\,(1-\delta)} \quad , \qquad (5)$$

где $V_p' = \frac{L_r}{t_{gb}}$ – скорость движения машины в промежутках между паузами; $t_{gb} = t_p - t_n^{gb}$ – время движения, ч; t_n – время стоянки, ч.

Мощность, затрачиваемая машиной при холостом ходе

$$N_x = \frac{G_1 \cdot f \cdot V_x}{102\,\eta\,(1-\delta)} \quad . \qquad (6)$$

Работа, совершаемая машиной за время движения в режимах непрерывном, старт–стопном и холостом соответственно запишется

$$A_p = N_p \cdot t_p \quad ; \quad A_p' = N_p' \cdot t_p' \quad ; \quad A_x = N_x \cdot t_x \quad .$$

Работа, совершаемая машиной за цикл при непрерывном и старт–стопном режимах работы приводов соответственно запишется

$$A_ц = N_p \cdot t_p + N_x \cdot t_x \quad ;$$
$$A_ц = N_p' \cdot t_{gb} + N_x \cdot t_x \quad .$$

Если машина выдает норму за K циклов, то

$$A = A_ц \cdot K \quad ;$$
$$A' = A_ц' \cdot K \quad .$$

На рис.2 графически представлены результаты количественной оценки приведенных на рис.I технологических схем и циклограмм полива. Циклограммы рассмотренных схем наглядно показывают работу, совершаемую машиной, которая в осях $N-t$ численно определяется площадями A_p, A_p' и A_x. Тангенс угла наклона графика пути к оси времени графически определяет скорость движения машины. В осях $h-L_r$

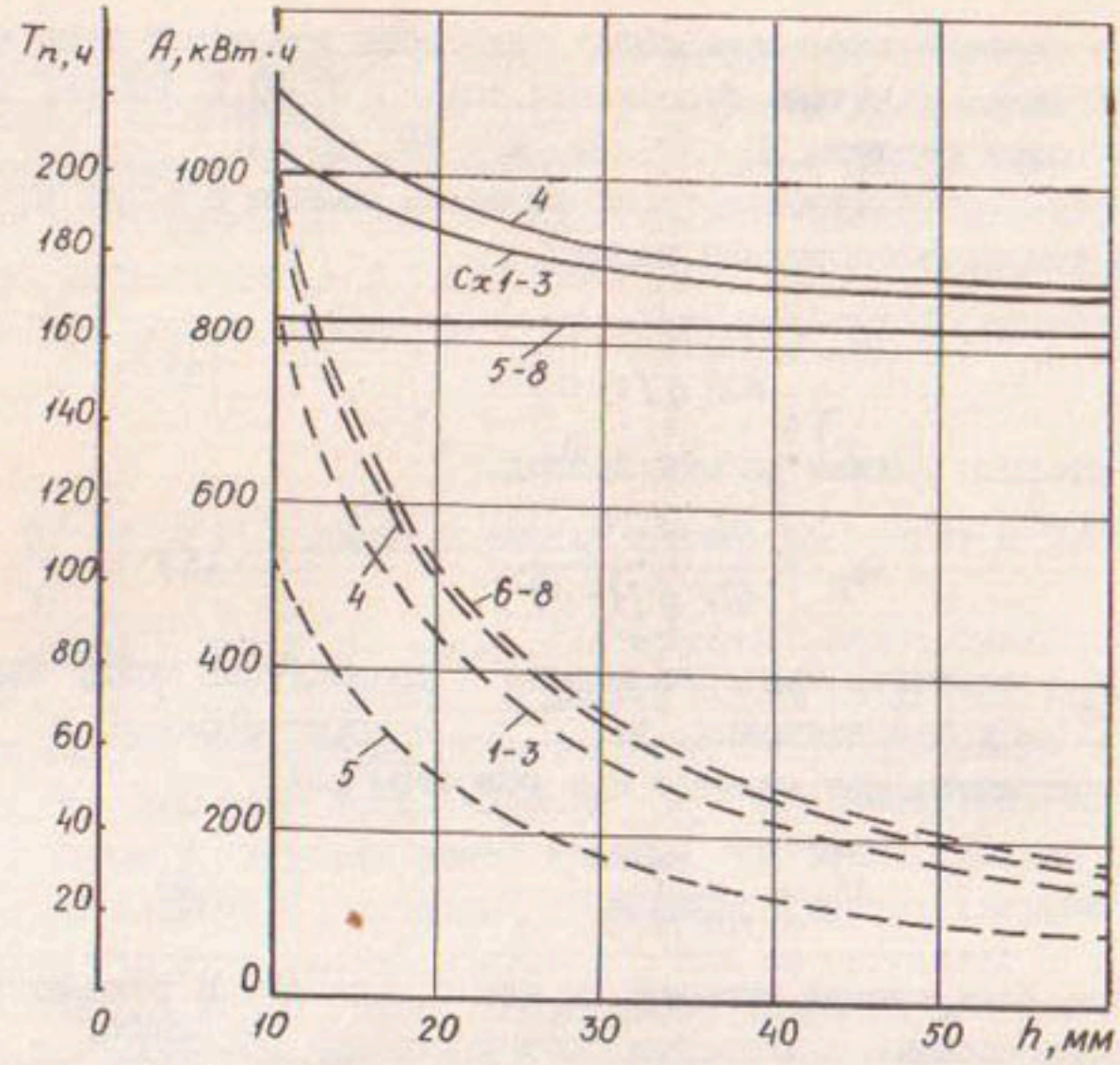


Рис.2. Графики времени полива и затраченной работы в зависимости от слоя осадков при поливной норме 600 м³/га: —— - время полива, ч; – – – - затраченная работа, кВт·ч

показан слой осадков, выдаваемый машиной за цикл. Из графиков рис.2 видно, что наиболее рациональной является работа машины по схеме 5. Однако при работе по кругу она имеет те же недостатки, что и машина кругового действия. По схемам 6–8 - минимальное время цикла, но энергетические затраты выше, чем при других схемах. Сравнительно невысокие энергетические затраты и сравнительно непродолжительная длительность цикла - по схемам I–3.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

Время полива и затрачиваемая машиной работа при поливной норме 600 м³/га с уменьшением числа циклов уменьшаются. Исключение составляют схемы 5–8, длительность полива по которым, независимо от нормы полива, остается на одном уровне и имеет минимальные значения.

При оценке схем работы машины по затратам времени наиболее предпочтительны схемы 5–8. Однако они, кроме схемы 5 имеют сравнительно высокие энергетические затраты.

По энергетическим затратам наиболее рациональной является схема 5, но для работы по этой схеме необходимо на машине предусмотреть дополнительные устройства переключения дождевальных аппаратов на режим работы по кругу.

Схемы I–3 по времени полива и затрачиваемой работе находятся в диапазоне практической применимости и могут быть рекомендованы преимущественно для поливных норм 300 м^3/га и выше.

По схеме 4 требуется большее время для полива и имеются сравнительно высокие энергетические затраты. Поэтому работа машины по этой схеме не целесообразна.

При выборе рациональных технологических схем полива многоопорных фронтальных дождевальных машин для конкретных условий необходимо учитывать результаты агротехнической и энергетической оценок.

УДК 631.347.221.21

А.Г.Пономарев, инж.,
В.Г.Луцкий, канд.техн.наук,
Л.А.Перевезенцев, канд.техн.наук,
Б.М.Ерохин, инж.

(ВНИИМиТП)

К ВОПРОСУ ВЫБОРА РЕЖИМА РАБОТЫ ФРОНТАЛЬНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ В ДВИЖЕНИИ

В настоящее время в практике орошаемого земледелия все большее применение находят фронтальные дождевальные машины, производящие полив в движении. Так, в СССР выпускают электрифицированную дождевальную машину фронтального действия ЭДМФ "Кубань" и опытные образцы дождевальной машины для полива животноводческими стоками "Коломенка-100". Ниже рассматриваются вопросы, связанные с выбором режимов работы этих машин в зависимости от поливной нормы.

Современные фронтальные дождевальные машины имеют электрический привод. Выдача требуемых поливных норм при работе дождевальных машин "Кубань" и "Коломенка-100" (60-600 м^3/га) достигается изменением средней скорости движения машины от 0,0033 до 0,033 м/с. Обеспечение столь малых средних скоростей движения машины при относительно большом числе оборотов вала электродвигателей без применения крупногабаритных редукторов возможно только путем прерывистого, т.е. старт-стопного режима движения. Это достигается сочета-

нием в определенном соотношении периодов движения и остановок машины.

Дождевальные машины "Волжанка", "Днепр" производят полив позиционно, т.е. полив и движение происходят взаимонезависимо и разновременно. При этом расстояние между позициями (стоянками) соизмеримо с длиной захвата дождем. Рассматриваемые машины осуществляют полив одновременно с движением. Старт-стопный режим работы двигателей как бы накладывает полив с одной позиции на другую при относительно небольшом шаге, т.е. расстоянии между ними. При этом подача воды не прекращается. Такой полив условно назовем микропозиционным. С уменьшением шага до бесконечности микропозиционный полив приобретает вид полива в движении, который обеспечивает внесение минимальных поливных норм на максимальной скорости. При микропозиционном поливе можно обеспечивать подачу поливных норм от минимальных до максимальных, что достигается установкой величины соотношения между периодами движения и остановок. Эти соотношения устанавливаются на временном устройстве. Так как при микропозиционном поливе общее число шагов равно числу позиционных поливов, то полив на длине захвата дождем складывается из

n - числа непродолжительных микропозиционных поливов.

На ЭДМФ "Кубань" старт-стопный режим движения задается на главном щите управления двумя таймерами - реле времени. Необходимую поливную норму устанавливают в соответствии с табл.I.

Таблица I

Зависимость средней скорости движения ЭДМФ "Кубань" от поливной нормы

Поливная норма, м³/га	Установка таймера					Средняя скорость движения, м/с
	основного			вспомогательного		
	%	импульс, с	пауза, с	коррекция с	коррекция %	
607	I0	I0	90	2	20	0,0035
363	20	20	80	5	25	0,007
202	30	30	70	7	23	0,0I05
I52	40	40	60	I0	25	0,0I4
I2I	50	50	50	I2	24	0,0I75
I0I	60	60	40	I5	25	0,02I
87	70	70	30	I8	25	0,0245
76	80	80	20	20	25	0,028
67	90	90	I0	22	24	0,03I5
60	I00	I00	0	25	25	0,0348

Время цикла составляет 100 с. Этот цикл включает время движения машины (импульс или старт) и время стоянки на микропозиции (пауза или стоп). Причем, изменение поливной нормы ведет к изменению как времени движения, так и времени стоянки на микропозиции.

Электрифицированная дождевальная машина для полива животноводческими стоками "Коломенка-100", разработанная ВНПО "Радуга" совместно со специалистами ГДР, относится к типу машин, работающих в старт-стопном режиме. У этой машины общее время цикла, включающее время движения и стоянки, задается счетчиком импульсов, расположенном на главном пульте управления на первой тележке. Время движения машины из общего времени цикла задается вторым счетчиком импульсов и составляет обычно 45 с или 90 циклов. Время цикла устанавливается в зависимости от поливной нормы

$$t_ц = t_{ст} + t_{дв} \quad , \qquad (1)$$

где $t_ц$ – время цикла, с; $t_{ст}$ – время стоянки, с; $t_{дв}$ – время движения машины, с.

Средняя скорость движения машины определяется движением первой тележки, на которой установлено приемно-усилительное оборудование индуктивной системы стабилизации направления движения. Кроме того, первая тележка связана с шарнирным водозаборным устройством. Средний шаг машины ΔS по результатам статистической обработки результатов исследований составляет 3,4 м.

Фронтальные дождевальные машины характеризуются следующими основными параметрами: длиной мгновенной площади увлажнения дождем l , м; шагом движения машины ΔS , м; средней интенсивностью дождя ρ , мм/мин; поливной нормой m , мм; фактической скоростью движения машины с учетом коррекции V , м/с.

Шаг движения машины равен

$$\Delta S = t_{дв} \cdot V \quad . \qquad (2)$$

Число шагов на отрезке пути, равном длине мгновенной площади увлажнения, подсчитывается по формуле

$$n = l/\Delta S = l/t_{дв} \cdot V \quad , \qquad (3)$$

где $t_{дв}$ – время движения, с (для ЭДМФ "Кубань" – показания основного таймера; для ДМ "Коломенка-100" – время движения машины или первой тележки).

Время стоянки на микропозиции в зависимости от средней скорости движения тележки (машины) $V_{ср}$, длины l, числа шагов n можно выразить уравнением

$$t_{cm} = \frac{l(1-\lambda)}{V_{ср} \cdot n} = \frac{60\,m\,(1-\lambda)}{\rho \cdot n}, \qquad (4)$$

где λ – коэффициент, учитывающий соотношение между средней и фактической скоростями движения.

$$\lambda = V_{ср} / V, \qquad (5)$$

где $V_{ср} = \frac{Q}{b \cdot m}$ – средняя скорость движения в зависимости от поливной нормы, м/с; Q – расход машины, $дм^3/с$; b – ширина захвата, м.

После подстановки значений формул (3) и (5) в формулу (4) имеем

$$t_{cm} = \frac{60m \cdot t_{gb} \cdot V(1-\lambda)}{\rho \cdot l} = \frac{60m \cdot t_{gb}(V - V_{ср})}{\rho \cdot l}. \qquad (6)$$

По приведенной формуле можно определить время стоянки машины на микропозиции, зная поливную норму, или поливную норму, задаваясь временем стоянки.

Пример расчета для дождевальной машины "Коломенка-100".

Основные показатели: m =60 мм; t_{gb} =45 с; V =0,075 м/с; ρ =0,55 мм/мин; l =25 м.

$$V_{ср} = \frac{100}{455 \cdot 60} = 0{,}0036,$$

тогда $t_{cm} = \frac{60 \cdot 60 \cdot 45 \cdot (0{,}075 - 0{,}0036)}{0{,}55 \cdot 25} = 840$ с.

На счетчике импульсов устанавливается число циклов в зависимости от требуемой поливной нормы. Два цикла соответствуют 1 с. Тогда для выдачи поливной нормы 600 $м^3$/га (60 мм) машина должна стоять на микропозиции 840 с или 1680 циклов.

Пример расчета для машины "Кубань". Необходимо определить фактическую поливную норму при следующих показателях: t_{cm} =80 с; t_{gb} =20 с; V =0,0348 м/с; ρ =1,2 мм/мин; λ =0,2; l =10-11 м.

$$m = \frac{t_{cm} \cdot \rho \cdot l}{60 \cdot t_{gb} \cdot V(1-\lambda)} = \frac{80 \cdot 1{,}2 \cdot 10{,}5}{60 \cdot 20 \cdot 0{,}0348 \cdot (1-0{,}2)} = 30{,}1 \text{ мм}.$$

Установив на основном таймере время импульса 20 с и паузы 80 с, получаем поливную норму 300 $м^3$/га, что соответствует данным таблицы I.

Параметры движения ЭДМФ "Кубань" можно определить по номограмме, представленной на рис.I.

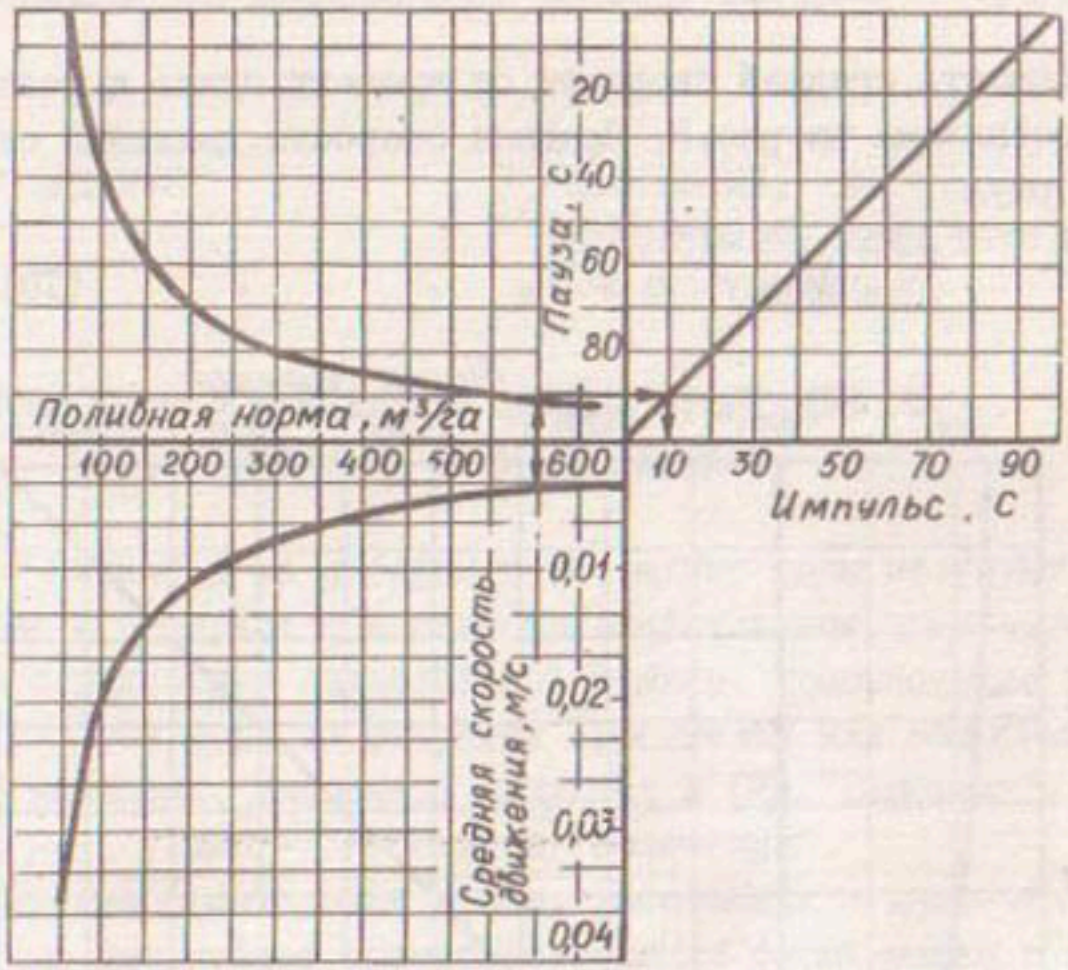


Рис.I. Номограмма для определения параметров движения ЭДМФ "Кубань"

У машины "Коломенка-100"время цикла изменяется в зависимости от поливной нормы, а время движения постоянно. Время цикла, которое необходимо иметь для выдачи требуемой поливной нормы, можно определить из выражения

$$t_ц = \frac{60\,m}{\rho \cdot n} = \frac{60\,m \cdot \Delta S}{\rho \cdot l} = \frac{60\,m \cdot V \cdot t_{дв}}{\rho \cdot l} \quad . \qquad (7)$$

В приведенной формуле все значения, кроме поливной нормы, являются величинами постоянными для данной машины. поэтому можно записать

$$t_ц = K_1 \cdot m \approx 15 \cdot m \quad , \qquad (8)$$

где K_1 – постоянный коэффициент (для машины "Коломенка-100" равный 15 с $\cdot мм^{-1}$)

Для приближенных расчетов и практического пользования при установке числа циклов $n_ц$ на машине можно применять формулу (при условии, что за одну секунду совершаются два цикла)

$$n_ц = 30 \cdot m \ . \qquad (9)$$

Зависимость средней скорости от времени цикла и поливной нормы представлена на рис.2. Средняя скорость движения определялась по формуле

$$V_{ср} = \Delta S / t_ц \ . \qquad (10)$$

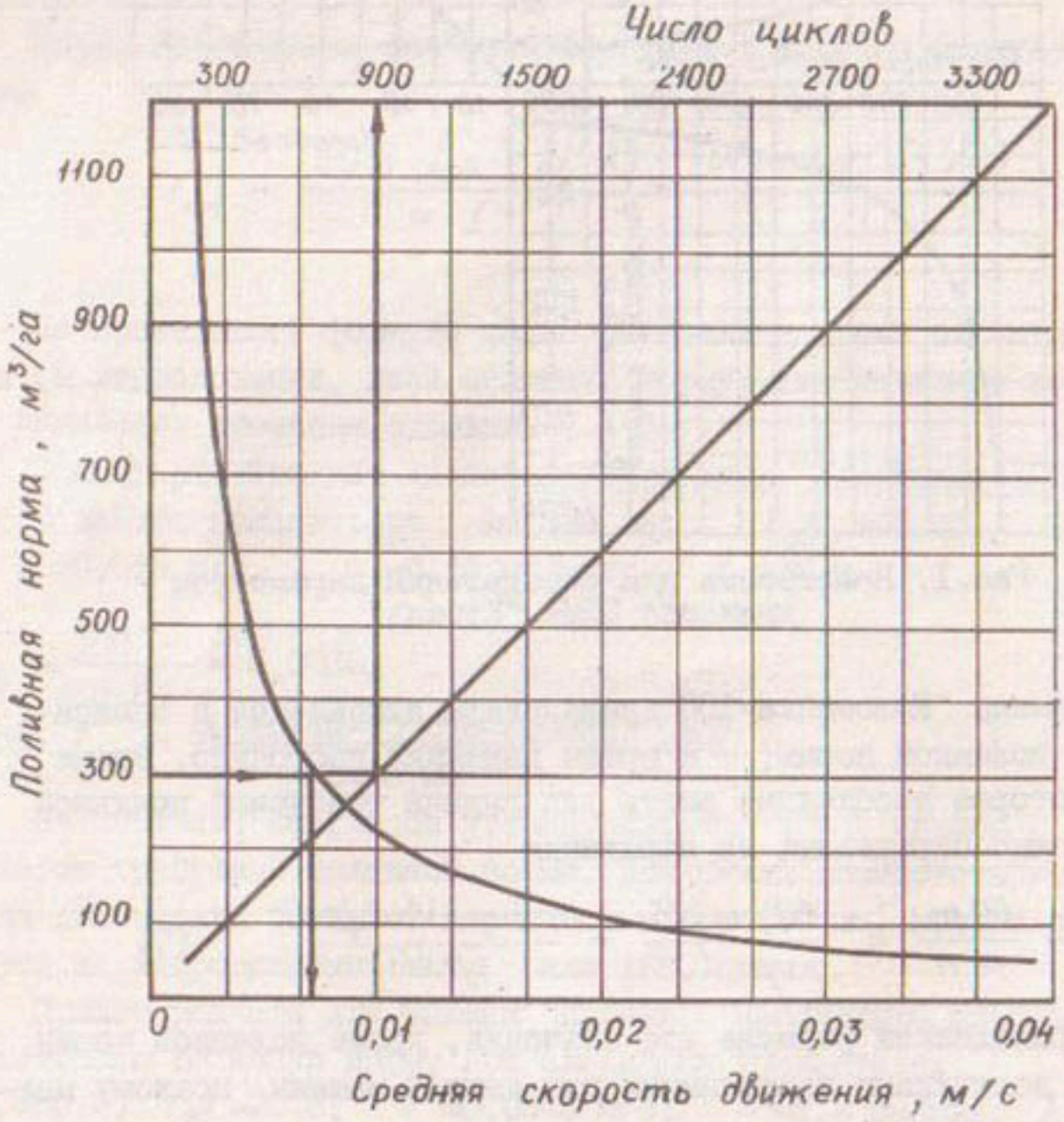


Рис.2. Номограмма для определения времени цикла и скорости движения в зависимости от поливной нормы ДМ "Коломенка-100"

Выполненные расчеты по приведенным формулам для дождевальных машин "Кубань" и "Коломенка-100" подтверждаются практическими данными.

Список использованной литературы

I. Б.М.Лебедев Дождевальные машины. М., Машиностроение, 1977.

УДК 631.347.221.2-82

А.Ф.Копий, инж.,
В.Г.Луцкий, канд.техн.наук
(ВНИИМиТП)

МНОГООПОРНАЯ ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА ФРОНТАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С ГИДРОПРИВОДОМ

В нашей стране и за рубежом в последние годы получают все большее признание и внедряются в сельскохозяйственное производство фронтальные широкозахватные дождевальные машины, производящие полив в движении с забором воды из открытых оросителей или напорных водоводов. Такими машинами, например, являются в США "Зимматик", "Валли-Рейнджер" и др., у нас - "Кубань" и "Коломенка".

Преимущества фронтальных машин, работающих в движении, известны, необходимо дальнейшее совершенствование таких машин в направлении снижения трудозатрат на эксплуатацию, расхода металла, топлива, электроэнергии, а также других видов трудовых и энергетических ресурсов. Необходимо также обеспечить расширение зон применения машин, возможность распределения с поливной водой минеральных и органических удобрений, химических средств защиты растений.

Одним из важных вопросов является выбор типа привода фронтальной машины с учетом рациональной его компоновки и конструкции для получения наиболее оптимальных параметров машины и экономических показателей.

Известны и применяются в дождевальных машинах тепловые, электрические, гидравлические и пневматические двигатели [I, 2].

Многоопорные дождевальные машины фронтального действия, работающие в движении с забором воды из открытых каналов, являются многодвигательными. Первичным двигателем для таких машин, как правило, является дизель. Двигатели самоходных тележек могут быть различными.

Анализ 36 дождевальных машин (по патентам и авторским свидетельства показал, что с электроприводом тележек насчитывается около 60 %, с гидроприводом – около 40 % и одна машина с тепловым двигателем и общим валом вдоль трубопровода для привода тележек.

Если сравнить ряд показателей силовых передач для многоопорных дождевальных машин (конструктивных, энергомеханических, эксплуатационных, экономических, по технике безопасности и санитарии), то тепломеханический привод имеет более низкие показатели, а гидромеханический и электромеханический примерно равноценны [2].

При применении гидропривода отпадает необходимость в электрогенераторе, электродвигателях, электрокабелях и в другом сложном электрооборудовании, значительно упрощаются технический уход, ремонт и хранение машины, а в случае водозабора из напорного водовода исключается потребность в энергетической установке на центральной тележке машины. Энергия оросительной воды будет использоваться в приводах тележек, в элементах гидроавтоматики для стабилизации и синхронизации движения машины.

Учитывая преимущества гидропривода, представляется целесообразным наряду с электрифицированными машинами типа "Кубань" и "Коломенка" создать фронтальную дождевальную машину с гидравлическим приводом.

В ВНПО "Радуга" проведены НИР и ОКР по созданию такой машины. Наиболее простым решением на первой стадии представлялось максимальное использование элементов ДМ "Фрегат".

Для этого решался ряд вопросов:

об оснастке машины автоматическими системами синхронизации скоростей промежуточных тележек и стабилизации направления (курса) движения машины вдоль водовода;

об обеспечении реверсирования движения машины;

о создании автоматического водозабора в движении из закрытой сети.

ВНПО "Радуга" были изготовлены однокрылые фронтальные дождевальные машины (ДМФ) с гидроприводом сначала с четырьмя (длиной 120 м), восемью (240 м) и двенадцатью тележками (340 м).

Дождевальная фронтальная машина длиной 340 м (ДМФ–340) состоит из водопроводящего трубопровода с дождевальными аппаратами серии Ш "Фрегат", самоходных тележек с реверсивным ходом, гидравлического привода, взаимодействующего с колесами тележек и связанного с водопроводящим трубопроводом машины через регулирующие и распределитель-

ные клапаны, систем стабилизации направления движения и синхронизации движения тележек машины.

Гидропривод, конструкция элементов водопроводящего трубопровода с системой тросовой подвески, промежуточных и крайней тележек, а также дождевальные аппараты заимствованы у ДМ "Фрегат". Водозабор может осуществляться из закрытой сети через гибкий рукав с ручным подключением к гидрантам или из оросительного канала с помощью передвижной насосной станции.

Система автоматической синхронизации движения тележек машины (рис.I) представляет собой управляющий трос, натянутый вдоль водопроводящего трубопровода машины и соединенный на промежуточных тележках двуплечим рычагом с регулирующими клапанами, через которые подается вода в гидроцилиндр (один клапан - для прямого хода, другой - для обратного).

При отставании или выбегании тележки вперед управляющий трос воздействует на рычаг, который вызовет изменение проходного сечения регулирующего клапана и, следовательно, времени заполнения водой гидроцилиндра, что приведет к изменению скорости движения тележки, и она подстроится под линию фронта машины.

Система автоматической стабилизации курса машины включает жесткую направляющую или трос, туго натянутый вдоль канала (трубопровода), следящее устройство - водило с роликом, катящееся по направляющей, и клапан, регулирующий подачу воды в гидроцилиндр ведущей тележки.

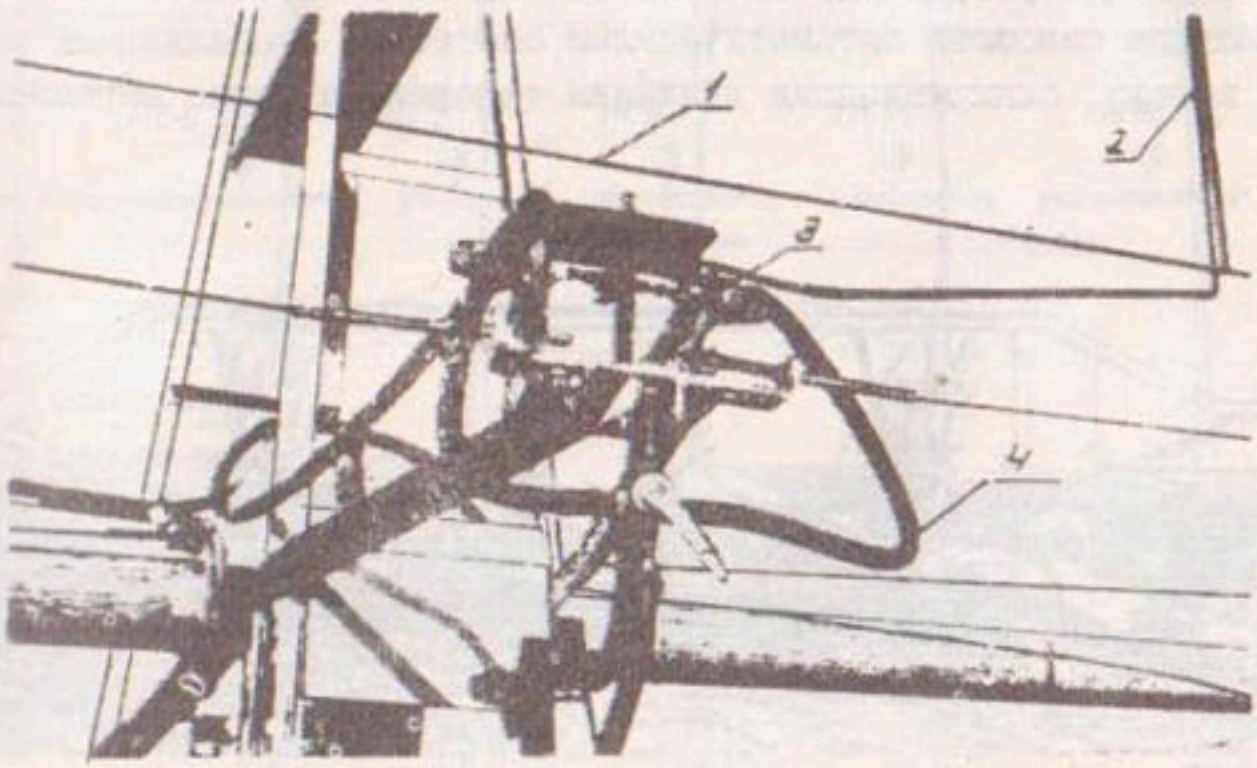


Рис.I. Узел синхронизации движения тележек ДМФ: I - управляющий трос; 2 - рычаг; 3 - регулирующий клапан; 4 - гибкий рукав к гидроцилиндру

При увеличении (уменьшении) угла между осью машины и направлением движения, т.е. когда ведущая тележка выбегает вперед (отстает), водило воздействует на регулирующий клапан, вследствие чего уменьшается (увеличивается) расход воды, поступающей в гидроцилиндр, изменяется скорость движения тележки и восстанавливается курс машины.

При исследованиях ДМФ-340 с расходом воды 60-80 л/с и напором 50-60 м установлено, что машина работоспособна и подтверждена правильность принципиальных решений по синхронизации и стабилизации движения фронтальной дождевальной машины.

На основе НИР и ОКР, проведенных ВНПО "Радуга", конструкторским бюро и заводом "Фрегат" разработана и изготовлена двукрылая фронтальная дождевальная машина (ДМФ) с гидравлическим приводом и забором воды в движении из открытого оросительного канала "Каравелла" (рис.2). Машина имеет длину 722 м и обеспечивает ширину захвата дождем 750 м.

Она представляет собой водопроводящий трубопровод, смонтированный на двухколесных опорных тележках. Конструкция элементов водопроводящего трубопровода с системой тросовой подвески, промежуточных и крайних тележек, гидравлический привод, а также дождевальные аппараты аналогичны ДМУ "Фрегат". Машина представляет собой как бы две машины "Фрегат", соединенные друг с другом центральной тележкой, на которой смонтированы насосно-силовая установка (дизель ЯМЗ-238 НБ с насосом Д-500-65) с водозаборным узлом, пульты управления и контроля, следящее устройство системы стабилизации курса.

Машина снабжена автоматическими системами стабилизации курса вдоль канала, синхронизации движения тележек, а также автоматичес-

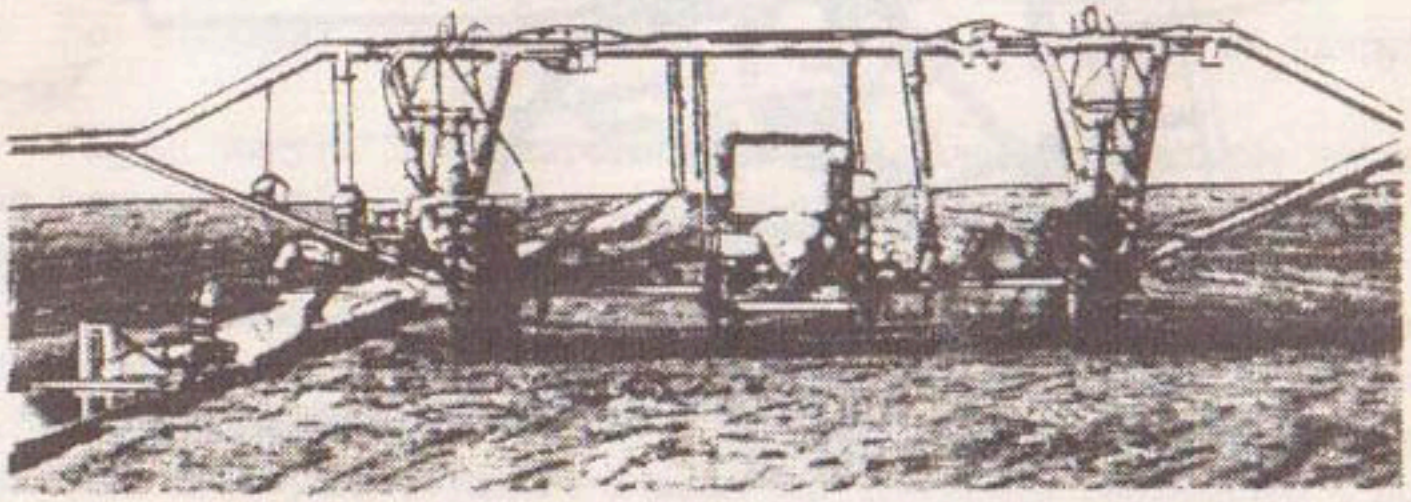


Рис.2. ДМФ "Каравелла". Центральная тележка

кой системой аварийной защиты машины от смещения относительно канала, недопустимого изгиба водопроводящего трубопровода и при нарушении режима дизель-насосной установки.

Расчетная экономическая эффективность применения ДМФ "Каравелла" по сравнению с ДМ "Днепр" составляет 41,47 руб./га.

В 1980-1982 гг. проведены испытания машины в хозяйственных условиях в колхозе "Дружба народов" Крымской области. Целью испытаний являлась агротехническая оценка машины и определение характера ее движения по курсу и фронту.

Испытания показали работоспособность машины [3, 4] . Она двигалась устойчиво вдоль оросительного канала с отклонением центральной тележки от направляющего троса ±100 мм (рис.3). Крылья машины сохраняли практически прямолинейность с выбеганием (отставанием) любой промежуточной тележки по отношению к двум соседним в пределах ±20 см. При этом выбегание (отставание) крайних тележек по отноше-

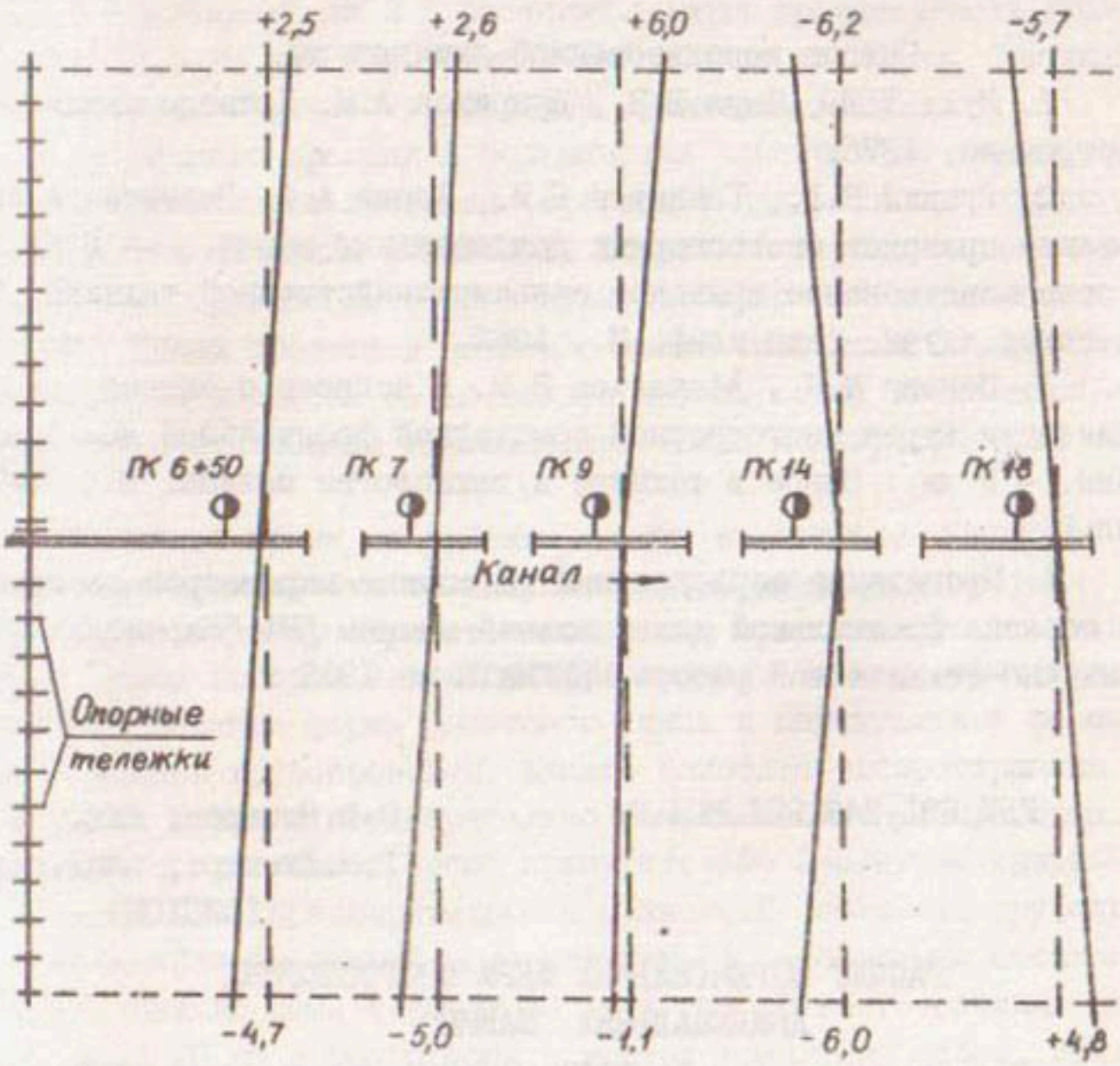


Рис.3. Характер перемещения ДМФ "Каравелла"

ния к центральной достигало 6–7 м, что при расстоянии 361 м от цен
ральной до крайней (двенадцатой) тележки практически не влияло на
прямолинейность колеи (следов) от колес тележек машины.

Расход воды машиной при напоре 58 м был равен 157 л/с, поливн
норма за один проход – 200–600 м^3/га, производительность за 1 час
основного времени при поливной норме 600 м^3/га – 0,94 га/ч.

Получено вполне удовлетворительное качество дождя: коэффициен
эффективного полива достигал 0,76 (при скорости ветра 1,2 м/с) и
снижался до 0,69 (при скорости ветра до 7 м/с), средняя интенсив-
ность дождя была равна 0,30 мм/мин.

Проведенные исследования ДМФ "Каравелла" позволяют сделать
вывод о соответствии ее основных параметров заданным исходным тре-
бованиям и целесообразности доведения машины (главным образом по
вопросам надежности) до промышленного производства.

Машина может найти применение наряду с ЭДМФ "Кубань" на участ
ках меньшей площади, с повышенными уклонами.

Список использованной литературы

1. Муха Т.И., Януш Б.В., Цуприков А.Н. Приводы машин. М., Ма
ностроение, 1975.

2. Луцкий В.Г., Ганиатов Г.И., Копий А.Ф. Развитие и совершен
вование приводов многоопорных дождевальных машин. – В кн.: Разв
и совершенствование приводов сельскохозяйственной техники. Тез.до
Всесоюзн.научн.-техн.конф. М., 1982.

3. Пензин М.П., Афанасьев В.М. К вопросу о синтезе системы с
билизации курса многоопорной самоходной фронтальной дождевальной
шины. – В кн.: Новое в технике и технологии полива. М., ВНИИГиМ,
вып.9.

4. Проведение исследований по оценке параметров эксперимента
го образца фронтальной дождевальной машины ДМФ "Каравелла". Отчет
о научно-технической работе ВНИИМиТП за 1982 г.

УДК 631.347.221.001.2

В.Ф.Назаров, инж.,
Г.П.Лямперт, канд.техн.нау
(ВИСХОМ)

РАСЧЕТ ШПРЕНГЕЛЬНЫХ ФЕРМ МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

В настоящее время в СССР около 7 млн.га, или 40 % поливных площадей орошается дождеванием. Этот способ механизации полива

является наиболее перспективным. На площади порядка 2 млн.га (28 % площадей, орошаемых дождеванием) применяются многоопорные машины кругового и фронтального действия.

Главными достоинствами многоопорных машин являются большая ширина захвата и производительность, возможность полной автоматизации полива (трудозатраты за сезон на I га составляют менее 2,5 чел.-ч). Вопросы совершенствования конструкций этих машин находятся в центре внимания разработчиков техники для орошения.

Большое значение имеет совершенствование несущей конструкции многоопорных машин с целью повышения ее прочности и жесткости, увеличения длины пролета между опорами. Увеличение длины пролета уменьшает число ходовых опор машины, что приводит к снижению ее стоимости, потерь урожая от заминания колесами, повышению коэффициента земельного использования, улучшению обработки почвы и условий труда механизаторов. По данным приемочных испытаний "Фрегат" и "Днепр" повреждают до 2 % растений. Общая протяженность колеи достигает I7,5 км при ширине до 50 и глубине до 20 см. Сокращение числа опор облегчает управление движением машины.

До последнего времени в большинстве конструкций многоопорных машин применялась вантовая (тросовая) подвеска трубопровода. Опыт эксплуатации машин с вантовой подвеской трубопровода показал, что такая конструкция не обеспечивает достаточной жесткости и прочности. Длина пролета у машины с такой подвеской не превышает 30 м. Тросовая подвеска не позволяет трубопроводу изгибаться и затрудняет использование многоопорных машин на пересеченной местности.

В настоящее время за рубежом машины с вантовой подвеской трубопровода практически не выпускаются. Применяется несущая конструкция в виде пространственной фермы треугольного сечения, верхним поясом которой является трубопровод. На некоторых машинах применяются обычные фермы раскосного типа и шпренгельные фермы с прямолинейным трубопроводом, однако наиболее распространена шпренгельная ферма с предварительно напряженным трубопроводом. Такая ферма представляет собой принудительно изогнутый выпуклостью вверх (т.е.предварительно напряженный затяжкой) трубопровод, опирающийся на нижний пояс-затяжку "V"-образными стойками из уголка. Нижний пояс состоит из двух тяг круглого сечения диаметром около 20 мм с распорками в местах крепления стоек. Ввиду малой жесткости тяг нижний пояс может воспринимать только растягивающие усилия.

По сравнению с вантовой подвеской шпренгельная ферма является более компактной и жесткой конструкцией, требует меньших трудозатрат при сборке и позволяет значительно увеличить длину пролета. Длина пролета зарубежных машин достигает 56,5 м. В НТЦ ВИСХОМа спроектирована и изготовлена экспериментальная ферма длиной пролета 61 м.

Ферма жестко крепится одним концом к ходовой опоре и образует таким образом секции машины, которые соединяются друг с другом шарнирно. Такая конструкция позволяет использовать машину на полях с местными уклонами до 30 % и применять электрическую систему синхронизации движения опор.

Трубопровод, являющийся в фермах многоопорных машин верхним поясом, находится под действием значительных сжимающих продольных усилий и изгибающих моментов от собственного веса фермы и веса воды (рабочей нагрузки). Преимущественное применение шпренгельных ферм с предварительно напряженным трубопроводом объясняется тем, что трубопровод в таких фермах находится в более выгодных условиях. Вследствие предварительного изгиба выпуклостью вверх на участках трубопровода между "V"-образными стойками изгибающие моменты от продольного и поперечного изгибов имеют противоположные знаки. В фермах же с прямолинейным (ненапряженным) трубопроводом, вследствие деформации его участков от рабочей нагрузки (изгиба выпуклостью вниз), будет наблюдаться суммирование изгибающих моментов.

Достоинства несущей конструкции в виде шпренгельной фермы с напряженным трубопроводом определяют необходимость применения ее в отечественных многоопорных машинах взамен вантовой подвески трубопровода. В настоящее время такая ферма применена на фронтальной машине "Кубань-М".

Проектирование шпренгельных ферм с напряженным трубопроводом имеет определенные сложности, одной из которых является геометрический расчет трубопровода. Сложность такого расчета заключается в том, что ферма является гибкой системой и при рабочей нагрузке подвергается значительной деформации. Трубопровод, являющийся гибким стержнем [I], также деформируется, и вследствие этого форма его упругой линии при рабочей нагрузке заранее неизвестна. Неизвестны длины участков трубопровода и тяг нижнего пояса, изменяющиеся вследствие сжатия и растяжения, из-за чего и происходит деформация фермы в целом (изгиб).

Следует отметить, что незначительные (3–4 мм) отклонения длины тяг, стоек и участков трубопровода от расчетных значений приводят к недопустимому искажению формы трубопровода и даже к падению фермы.

Целью предлагаемого расчета является установление формы упругой линии трубопровода при рабочей нагрузке и определение длин элементов фермы с учетом их деформаций.

Расчет ведется в такой последовательности. Принимается, что упругая линия трубопровода при рабочей нагрузке фермы имеет такую форму, какую она имела бы при нагружении трубопровода продольной силой, превышающей критическую. Эта сила может быть приложена посредством затяжки (тетивы), проходящей через концы стержня (рис.I).

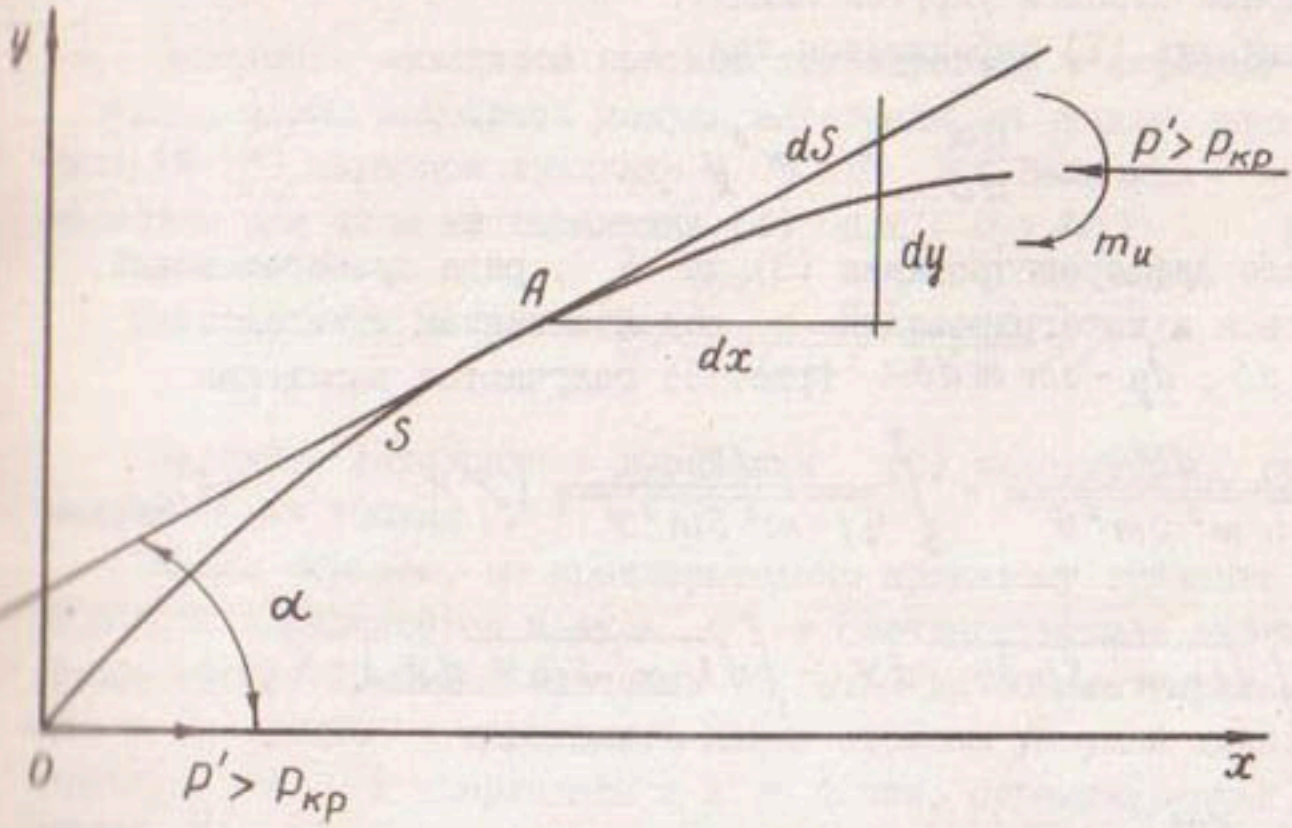


Рис.I. Определение формы трубопровода

Точное дифференциальное уравнение упругой линии гибкого стержня, потерявшего устойчивость под действием продольной силы, превышающей критическую (т.е. гибкого стержня, нагруженного до состояния, превышающего критическое), записывается так [I]:

$$\frac{1}{\rho} + \kappa^2 y = 0 \,, \qquad (I)$$

где ρ – радиус кривизны упругой линии; y – текущая координата точки упругой линии стержня, характеризующая величину прогиба в данном сечении.

$$\kappa^2 = P' / E \cdot J , \qquad (2)$$

где P' – сила, приложенная к концу стержня; E – модуль упругости материала стержня; J – момент инерции сечения стержня.

В качестве независимого переменного принимается длина дуги OA (рис.I). Тогда, как известно

$$dS = d\alpha \cdot \rho \quad , \text{ или } \quad \frac{1}{\rho} = \frac{d\alpha}{dS} ,$$

где α – угол наклона касательной к упругой линии; dS элементарный отрезок упругой линии.

Уравнение (I) перепишется так:

$$\frac{d\alpha}{dS} = -\kappa^2 y . \qquad (3)$$

После дифференцирования (3) по S, ряда преобразований, подстановок и интегрирования с использованием зависимостей $dx = \cos\alpha\, dS$, $dy = \sin\alpha\, dS$ (рис.I), получаются выражения

$$S = \left[\int_0^{\pi/2} \frac{d\Psi}{\sqrt{1 - m^2 \cdot \sin^2\Psi}} - \int_0^{\Psi} \frac{d\Psi}{\sqrt{1 - m^2 \sin^2\Psi}} \right] / \kappa \; ; \qquad (4)$$

$$x = \frac{2}{\kappa} \left[\int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - m^2 \cdot \sin^2\Psi}\; d\Psi - \int_0^{\Psi} \sqrt{1 - m^2 \cdot \sin\Psi}\, d\Psi \right] - S \; ; \qquad (5)$$

$$y = \frac{2m}{\kappa} \cdot \cos\Psi , \qquad (6)$$

где m^2 – произвольная постоянная, полученная при интегрировании; Ψ – угол, полученный при подстановке.

Интегралы выражения (4) являются эллиптическими интегралами I-го рода, а выражения (5) – эллиптическими интегралами 2-го рода. Они в элементарных функциях не берутся и для них существуют таблицы [2] значений в функции верхнего предела Ψ и модуля m

$$\sin\frac{\alpha}{2} = -m \cdot \sin\Psi . \qquad (7)$$

Выражения (5) и (6) дают в параметрическом виде уравнение упругой линии стержня, нагруженного продольной силой до состояния превышающего критическое.

Наибольший прогиб стержня y_{max} имеет место при $\cos\varphi = 1$, т.е. при $\varphi = 0$.

В середине пролета при $S = S/2$ угол $\alpha = 0$ и $\sin\frac{\alpha}{2} = 0$ (здесь S – длина стержня).

Тогда из выражения (7) $\varphi = 0$, т.е. наибольший прогиб имеет место в середине пролета

$$y_{max} = 2m/\kappa \quad . \qquad (8)$$

Задавшись величиной прогиба трубопровода в середине пролета y_{max}, можно подобрать модуль интеграла m таким, чтобы получить из (8) заданное значение y_{max}. Величина κ определяется при этом из выражения (4) при $S = S/2$ и $\varphi = 0$

$$\kappa = \left[2\int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - m^2 \cdot \sin^2\varphi}}\right] / S \quad . \qquad (9)$$

Значение интеграла в выражении (9) находится по принятому модулю m из таблиц [2].

Таким образом, по предварительно принятому значению y_{max} подбором определяется модуль m и соответствующее значение κ. После этого, принимая значение φ от 0 до 90^0, по выражениям (4), (5) и (6) можно определить длину отрезка упругой линии трубопровода S и координаты x и y точки, ограничивающей этот отрезок.

Определив форму трубопровода, можно найти изгибающие моменты в его сечениях

$$m_u = -P' \cdot y \quad . \qquad (10)$$

Усилие P' (рис.1), приложенное к концам трубопровода, определится из выражения (2)

$$P' = \kappa^2 \cdot E \cdot J \quad . \qquad (11)$$

Для совпадения формы упругой линии трубопровода при рабочей нагрузке фермы с формой, определенной выражениями (5) и (6), необходимо чтобы момент M_u, возникающий в каждом сечении при рабочей нагрузке, был равен моменту m_u в этом сечении от продольной силы P'

$$M_u = m_u . \qquad (12)$$

Совпадение форм упругих линий объясняется тем, что кривизна в каждом сечении пропорциональна изгибающему моменту

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{M_u}{E \cdot J} .$$

На рис.2 представлена упрощенная расчетная схема фермы, приведенной к плоской системе. Изгибающий момент, возникающий в сечениях трубопровода при рабочей нагрузке фермы, определится так:

$$M_u = \frac{P_\Phi}{2} \cdot x - \sum P(x-a) - \frac{qx^2}{2} - P_H \cdot \cos\alpha \cdot h , \qquad (13)$$

где P_Φ – масса фермы; x – абсцисса сечения, для которого определяется значение момента; P – усилия, приложенные к трубопроводу в местах крепления стоек и представляющие собой сумму массы соответствующей стойки и половины массы прилегающих к ней тяг нижнего пояса; q – распределенная нагрузка на I м длины фермы, приложенная к трубопроводу

$$q \approx P_{тр} / L ,$$

где $P_{тр}$ – масса трубопровода с водой; L – длина фермы; a – абсцисса сечения, в котором приложена сила P; P_H – сила натяжения нижнего пояса на участке, в котором находится данное сечение; α – угол наклона данного участка нижнего пояса к горизонту; h – высота фермы в данном сечении.

С учетом (13) выражение (12) примет вид

$$\frac{P_\Phi}{2} x - \sum P(x-a) - \frac{qx^2}{2} - P_H \cdot \cos\alpha \cdot h = m_u . \qquad (14)$$

Отсюда

$$P_H \cdot \cos\alpha = \left[\frac{P_\Phi}{2} x - \sum P(x-a) - \frac{qx^2}{2} - m_u\right] / h . \qquad (15)$$

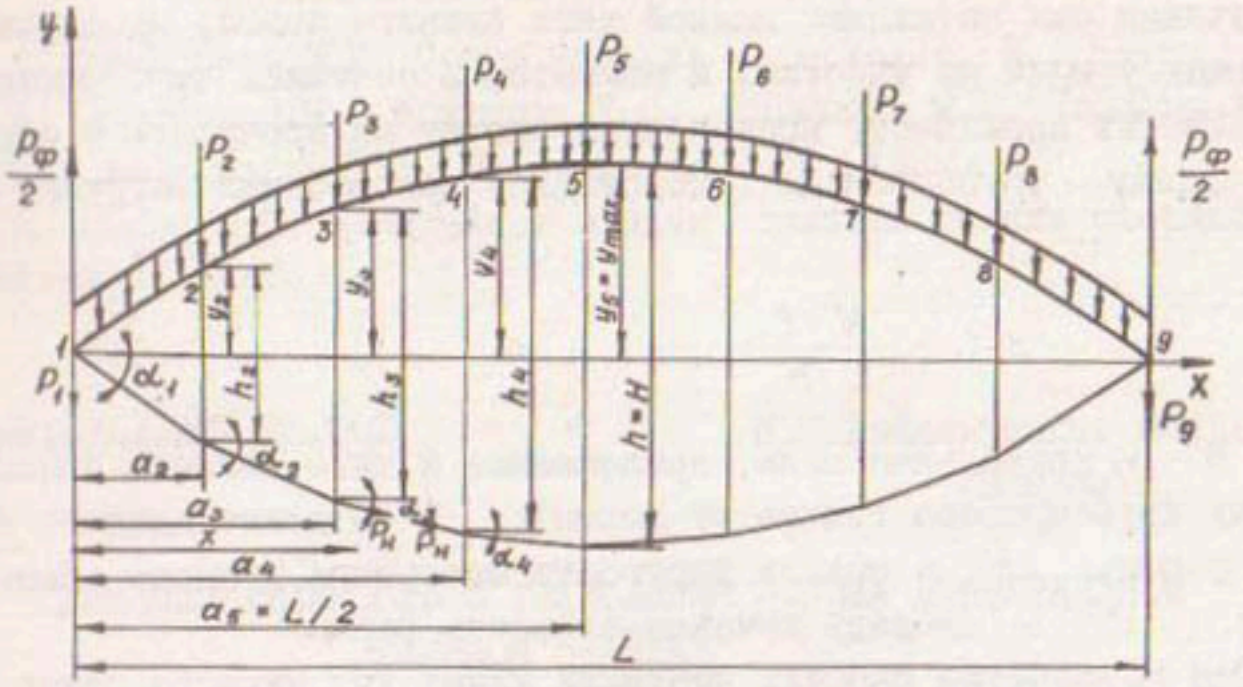


Рис.2. Расчетная схема фермы

В этом выражении произведение $P_н \cdot \cos\alpha$ является проекцией силы натяжения участка нижнего пояса на горизонтальную ось. Из условия равновесия узлов вытекает равенство значений этих проекций на всех участках, т.е.

$$P_н \cdot \cos\alpha = P_{нг} = const \quad . \qquad (16)$$

В середине пролета $h - h_{max} = H$. Задавшись высотой фермы в середине пролета, можно определить по зависимости (15) горизонтальную проекцию силы натяжения нижнего пояса $H_{нг}$. Выражение (15) можно переписать так:

$$h = \left[\frac{P_ф}{2} x - \Sigma P (x - a) - \frac{q x^2}{2} - m_и\right] / P_{нг} \quad . \qquad (17)$$

Это выражение позволяет определить высоту фермы h в любом сечении.

После определения по формуле (17) высоты стоек производится геометрический расчет фермы, т.е. находятся значения линейных размеров тяг нижнего пояса, стоек, распорок и величина угла α на каждом участке.

Из выражения (16) определяются значения сил натяжения участков нижнего пояса

$$P_н = P_{нг} / \cos\alpha \quad . \qquad (18)$$

Теперь можно перейти вновь к пространственной системе и найти значения сил натяжения каждой тяги нижнего пояса, продольных сжимающих усилий на участках и моментов в сечениях трубопровода. Это позволит произвести проверочный расчет на прочность и определить длину трубопровода (укорочение) при рабочей нагрузке фермы

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot F} \quad , \qquad (19)$$

где N – продольная сила, приложенная к тяге нижнего пояса или участку трубопровода (элементу фермы); l – длина данного элемента фермы; E – модуль упругости материала данного элемента фермы; F – площадь сечения элемента фермы.

При разработке рабочих чертежей длину тяг нижнего пояса необходимо уменьшить на абсолютное значение величины Δl, а длину участков трубопровода увеличить против значений длин этих элементов, определенных геометрическим расчетом. В этом случае под действием рабочей нагрузки тяги нижнего пояса растянутся, а участки трубопровода сожмутся на величину Δl и ферма примет очертания схемы, определенной расчетом. Величиной деформации уголков стоек и распорок можно пренебречь ввиду их малого значения.

Следует отметить, что деформации элементов фермы от нагрузки могут быть учтены указанным способом и в том случае, если геометрический расчет и определение усилий в элементах произведены каким-либо иным путем. Так, фирма "Valmont" (США) определяет для каждого сечения высоту фермы h и расстояние y от нейтральной оси до трубопровода, определяющее его форму, исходя из предположения, что ферма является балкой равного сопротивления изгибу. Деформации элементов при этом не учитываются, и поэтому действительная форма трубопровода и фермы в целом при рабочей нагрузке не соответствует расчетной.

В НТЦ ВИСХОМа проводились исследования ферм длиной пролета 39 и 61 м, включающие тензометрирование и определение формы упругой линии трубопровода с помощью геодезического оборудования. Данные исследований позволяют утверждать, что предлагаемый метод расчета дает результаты, достаточно близкие к экспериментальным, и может применяться при проектировании шпренгельных ферм с предварительно напряженным трубопроводом для новых многоопорных машин.

Список использованной литературы

I. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М., Наука, I974.

2. Беляков В.М., Кравцова Р.И., Рапопорт М.Г. Таблицы эллиптических интегралов.Т.I. М., Изд. АН СССР, I962.

3. Попов Е.П. Нелинейные задачи статики тонких стержней. М., Гостехиздат, I948.

УДК 631.347.22I.2I.002

Н.В.Данильченко, канд.техн.наук
(ВНИИМиТП)

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНОЙ "КУБАНЬ"

Широкозахватная электрифицированная дождевальная машина ЭДМФ типа "Кубань" работает фронтально от открытой оросительной сети в стоп-стартовом режиме. Средняя скорость движения машины "Кубань-М" находится в пределах 0,2-2,0 м/мин, что обеспечивает регулирование поливной нормы от 6 до 60 мм за один проход.

На водопроводящем поясе машины размещены короткоструйные дождевальные насадки с полусферическим дефлектором, которые формируют мелкодисперсный дождь интенсивностью I,0-I,2 мм/мин и обеспечивают высокую равномерность распределения осадков по поверхности орошаемого поля.

Эффективность ее применения в производственных условиях зависит как от принятых на стадии проектирования внутрихозяйственной оросительной сети (ВОС) технических решений, так и реализуемого уровня производительности машины в процессе эксплуатации. Учитывая недостаточность опыта проектирования и эксплуатации ВОС с применением ЭДМФ "Кубань", в настоящей статье приводятся расчетные зависимости и практические предложения по установлению сменной и сезонной производительности и рекомендации по выбору технологических схем ее работы на поливе сельскохозяйственных культур в различных почвенно-рельефных условиях.

Материалами для разработки послужили технико-эксплуатационные параметры машины, данные государственных испытаний, проведенных Поволжской и Южно-Украинской МИС в I982 г., справочно-лицензионные данные по аналогам, а также показатели, характеризующие природные условия и хозяйственную направленность использования орошаемых земель в зонах предполагаемого применения.

Показатели сменной и сезонной производительности разработаны для лесостепной, степной и полупустынной зон, т.е. практически для всех зон возможного применения машины.

Для разработки сменной и сезонной производительности использованы следующие факторы: удельная расчетная потребность орошаемых культур в поливной воде в период их пикового спроса для каждой из природно-климатических зон; поливные нормы в диапазоне их возможной реализации машиной; расчетный расход машины; потери воды на испарение при дождевании; коэффициент использования времени смены и суток ($K_{см}$, $K_{сут}$); коэффициент τ , учитывающий возможное снижение производительности по не зависящим от машины причинам, не входящим в нормативный баланс времени смены.

Основные факторы производительности машины приведены в табл.I.

Таблица I

Основные факторы производительности ЭДМ "Кубань" с расходом I85 и 200 л/с

Нормообразующие факторы	Природно-хозяйственные зоны			
	лесостепи	умеренные степи	сухие степи	полупустыни
I	2	3	4	5
Удельная потребность в оросительной воде:				
l_v , мм/сут	4,2	5,5	6,6	7,0
q , л/(с·га)	0,48	0,64	0,76	0,8I
Затраты воды на испарение				
S , %	8	I2	I6	I8
Коэффициент использования сменного времени $K_{см}$	0,88	0,88	0,88	0,88
Коэффициент использования времени суток $K_{сут}$	0,82	0,82	0,82	0,82
Производительность за час чистого времени работы при m =60 мм, га:				
Q =I85 л/с	I,02	0,99	0,96	0,94
Q =200 л/с	I,II	I,07	I,03	I,0I
Производительность за час сменного времени при m =60 мм, га:				
Q =I85 л/с	0,9I	0,88	0,85	0,83
Q =200 л/с	0,98	0,94	0,9I	0,90

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5
Производительность за 7-часовую смену при m =60 мм, га:				
Q =185 л/с	6,4	6,2	5,9	5,8
Q =200 л/с	6,9	6,6	6,4	6,3
Минимальный межполивной период, дн.	I4,0	II,0	9,0	8,5
Возможные потери рабочего времени по не зависящим от машины причинам γ	0,93	0,92	0,9I	0,90

Примечание. m - поливная норма, мм; Q - расход машины, л/с.

Планово-прогнозные нормативы сменной производительности машины с учетом зональных нормообразующих факторов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Планово-прогнозные нормативы сменной производительности ЭДМ "Кубань", га

Расход машины, Q, л/с	Поливная норма, m, м³/га	Природно-климатические зоны			
		лесостепи	умеренные степи	сухие степи	полупустыни
185	I00	35,0	34,2	33,4	32,9
	200	I7,6	I7,2	I6,8	I6,5
	300	II,7	II,4	II,3	II,0
	400	8,9	8,7	8,5	8,3
	500	7,0	6,8	6,7	6,6
	600	5,9	5,7	5,5	5,4
200	I00	38,0	37,2	36,2	35,6
	200	I9,I	I8,7	I8,2	I7,9
	300	I2,7	I2,4	I2,2	I2,0
	400	9,6	9,4	9,I	9,0
	500	7,7	7,4	7,2	7,I
	600	6,4	6,2	6,0	5,9

Сезонная нагрузка, или сезонная площадь обслуживания машиной типа "Кубань" определяется по зависимости

$$F_{сез} = \frac{Q \cdot K_{сут}}{q \cdot \beta} \cdot T ,$$

где $F_{сез}$ – сезонная нагрузка на машину, га; Q – расход машины, л/с; q – удельная потребность в оросительной воде наиболее влаголюбивой культуры севооборота, л/(с·га)

$$q = \frac{D}{8,64} ,$$

где D – средний суточный дефицит водного баланса наиболее влаголюбивой культуры севооборота за 2 смежные декады с максимальным дефицитом водопотребления, мм; $K_{сут}$ – коэффициент использования времени суток; β – коэффициент, учитывающий потери воды на испарение за период формирования D,

$$\beta = 1 + 0,01 \cdot S .$$

Потери воды на испарение S определяются в процентах от расхода машины по формуле

$$S = \frac{0,71 \cdot t \cdot d}{l_a} (1 + 0,21 \cdot u_2) ,$$

где t – температура воздуха, °С; d – дефицит влажности воздуха, мб; l_a – упругость насыщенного пара, мб; u_2 – скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли, м/с.

С учетом зональности изменения нормообразующих факторов разработанные в предположении круглосуточного использования машины планово-прогнозные нормативы сезонной производительности приведены в табл.3.

Таблица 3

Норматив сезонной производительности (нагрузки) ЭДМ "Кубань" для различных зон страны[x], га

Расход машины	Природно-климатические зоны			
	лесостепи	умеренные степи	сухие степи	полупустыни
Q =185 л/с	260	195	160	145
Q =200 л/с	280	215	175	155

x) Принадлежность к той или иной зоне конкретного района определяется по данным физико-географического районирования страны.

Технология полива ЭДМ "Кубань" определяется технико-эксплуатационными параметрами машины, рельефом поля, состоянием агрофона, водно-физическими свойствами почвы, режимами орошения возделываемых культур, сезонной нагрузкой и размером севооборотного поля.

При поливе сельхозкультур фактическая поливная норма не должна превышать достоковой поливной нормы, исходя из интенсивности дождя машины и впитывающей способности почвы. Для "Кубани" в качестве основных можно рекомендовать две следующие технологические схемы полива на различных типах почв, обеспечивающие полив оптимальными нормами и движение машины по сухому полю. На почвах средней и слабой водопроницаемости, для которых достоковая поливная норма $m_д$ меньше расчетной (оптимальной) $m_р$, но больше, чем 0,5 $m_р$, полив целесообразно проводить по схеме рис.I. Исходная позиция машины - середина поля, или граница между двумя смежными полями, обслуживаемыми одной машиной.

Поливная норма выдается за два прохода, т.е. $m_ф = m_1 + m_2$, где $m_1 = m_2 = 0{,}5\ m_р$.

Для почв выше средней и сильной водопроницаемости, когда $m_д > m_р$, рекомендуется полив по схеме рис.I. При движении от середины поля (или от границы между двумя смежными полями) в направлении этапов I, 3 выдается минимальная часть поливной нормы (не более 20 % от $m_р$), а в обратном направлении (этапы 2, 4) - недостающая часть расчетной поливной нормы (80 % от $m_р$).

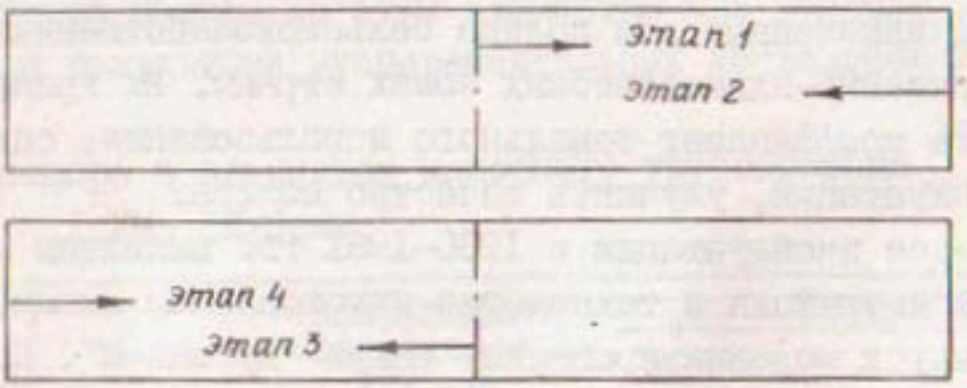


Рис.I. Схема полива ЭДМ "Кубань"

Продолжительность полива закрепленной за ЭДМ "Кубань" площади обслуживания определяется по уравнению

$$N = \frac{F \cdot m \cdot \beta}{86{,}4 \cdot Q_м \cdot K_{сут} \cdot T},$$

где N – продолжительность полива площади, сут; F – закрепленная за машиной площадь, га; $K_{сут}$ – коэффициент использования времени суток

$$K_{сут} = \frac{n \cdot t_{см} \cdot K'_{см}}{24},$$

где n – число рабочих смен в сутки; $t_{см}$ – продолжительность смены, ч; $K'_{см}$ – нормативный коэффициент использования времени смены за период N

Приведенные технико-эксплуатационные и технологические параметры могут быть использованы при разработке эксплуатационных графиков работы дождевальных машин типа "Кубань" и их корректировке на протяжении поливного сезона.

УДК 631.347.221.21:532

И.А.Бобров, инж.,
Т.Б.Ивашкина, инж.
(ВНИИМиТП)

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ТИПА "КУБАНЬ"

Отечественной промышленностью освоен выпуск дождевальных машин фронтального действия "Кубань" с водозабором в движении из открытого канала, предназначенных для полива сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических зонах страны. Их применение позволяет улучшить коэффициент земельного использования, снизить трудозатраты на эксплуатацию, улучшить качество полива.

В процессе эксплуатации в 1980–1981 гг. выявлены некоторые недостатки в конструкции и технологии изготовления машин, а с 1982 г. уже начат выпуск модернизированных машин "Кубань-М". Проведенная модернизация направлена в основном на повышение эксплуатационной надежности машин за счет изменения конструкции следующих ее узлов: заменены дизель и насос, увеличены внутренние диаметры элементов трубопровода центрального пролета и др.

Обе конструкции машинн (ДМ "Кубань" и "Кубань-М") представляют собой симметричную, относительно оросительного канала, предварительно напряженную пространственную ферму с напорным трубопроводом и центробежным насосом.

Одним из основных показателей, определяющих параметры машины, является характеристика трубопровода. Она представляет собой зависимость потребного напора, затрачиваемого на перемещение воды и образование искусственного дождя, от расхода. Величина напора может быть представлена зависимостью

$$H = H_g + H_r + \Sigma h_r \ , \qquad (I)$$

где H_g – напор, затрачиваемый на образование дождя, м; H_r – геометрическая высота подъема жидкости, м; Σh_r – сумма гидравлических сопротивлений, м.

Напор, расходуемый на преодоление гидравлических сопротивлений, является суммарной величиной потерь напора всех элементов системы, в данном случае элементов трубопровода центрального пролета и водопроводящего пояса с дефлекторными насадками. Потери напора в трубах и в местных сопротивлениях определяют по общеизвестным формулам или по графикам, полученным в результате исследований или расчетов. Входящие в формулы коэффициенты гидравлического трения λ и местного сопротивления ζ учитывают влияние таких факторов, как вязкость жидкости, состояние внутренних стенок трубы, конструктивные особенности арматуры. Значения коэффициентов λ и ζ определяют экспериментально или используют [I, 2] справочные данные.

На рис.I, 2 приведены характеристики элементов трубопровода центрального пролета и водопроводящего пояса машины, в табл.I – распределение потерь напора по этим элементам при расходе I65÷I70 л/с, определенных в результате экспериментальных исследований.

Таблица I

Потери напора в элементах напорного трубопровода ДМ "Кубань "

Наименование	Коэффициент сопротивления, $\lambda_{кв}$ или ζ	Потери напора	
		м	% от Σh_r
I	2	3	4
Трубопровод центрального пролета:	I,3x)	4,4	26,6
задвижка	0,05xx)		
патрубок	0,4xx)		
патрубок	0,0I6		
тройник	0,52		

Продолжение табл.1

I	2	3	4
Водопроводящий пояс:			73,4
основной трубопровод	0,016	II,47	69,4
консольный трубопровод	0,015	0,06	0,4
муфты	0,04	0,06	0,4
фланцевые соединения	0,07	0,52	3,0
соединение основного и консольного трубопроводов	I,I	0,04	0,2

x) Суммарный коэффициент сопротивления, приведенный к скорости в трубах основного трубопровода водопроводящего пояса;

xx) Значения приняты по справочной литературе.

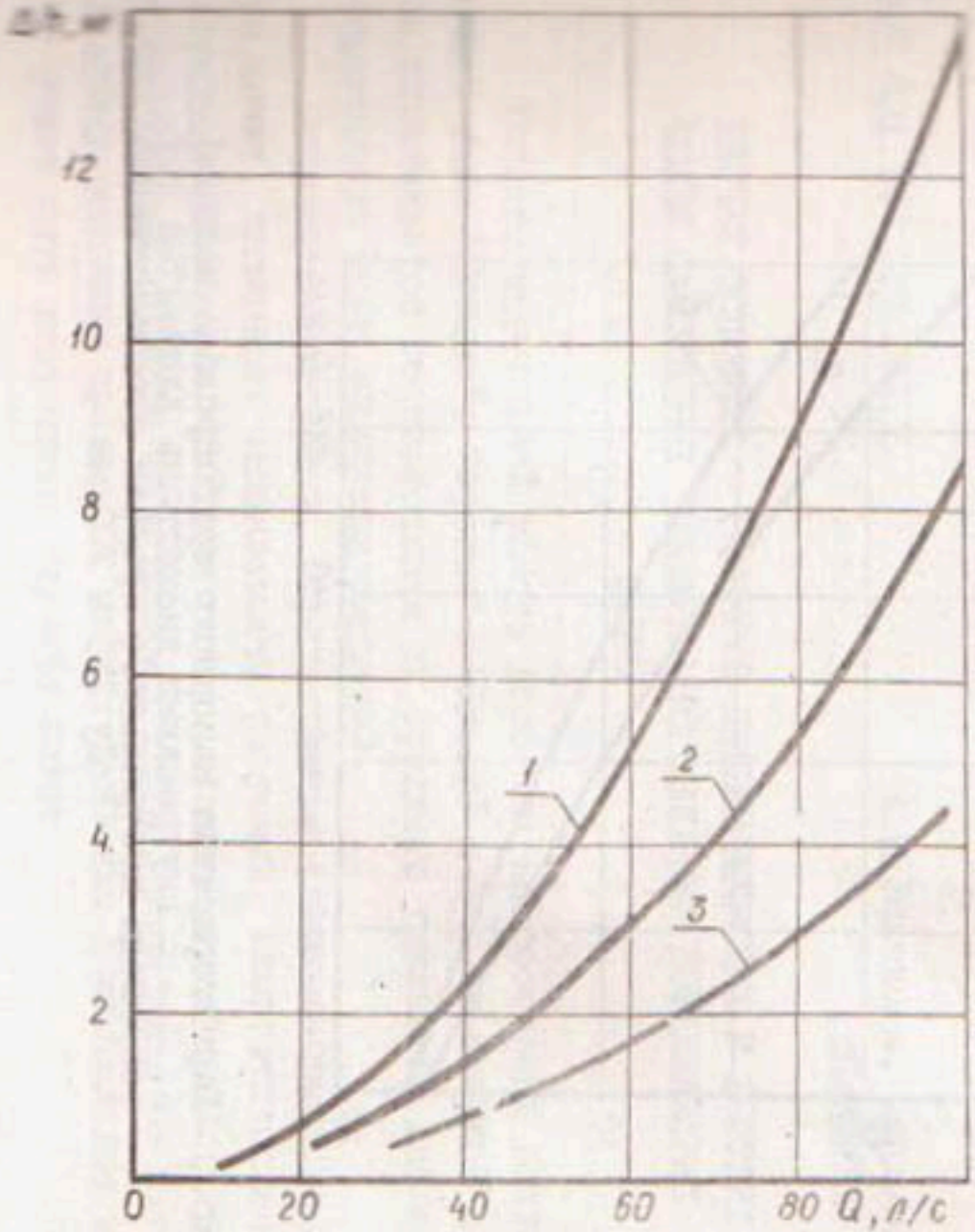
Из табл.I видно, что наибольшим сопротивлением обладают трубопровод центрального пролета и трубы основного трубопровода водопроводящего пояса. При расходе машины I65+I70 л/с на эти узлы приходится до 96 % суммарных потерь напора. Местные потери в муфтах, фланцевых соединениях, а также в консольном трубопроводе незначительны, поэтому при практических расчетах их можно не учитывать. С целью уменьшения сопротивления в трубопроводе центрального пролета на машине "Кубань-М" переоборудованы задвижка (увеличен до 200 мм условный проход) и другие элементы (увеличены внутренние диаметры). На рис.2 представлены характеристики $\Delta h = f(Q)$ трубопровода ДМ "Кубань" и "Кубань-М". В результате изменения конструкции элементов трубопровода центрального пролета потери напора могут быть снижены в I,5-I,6 раза.

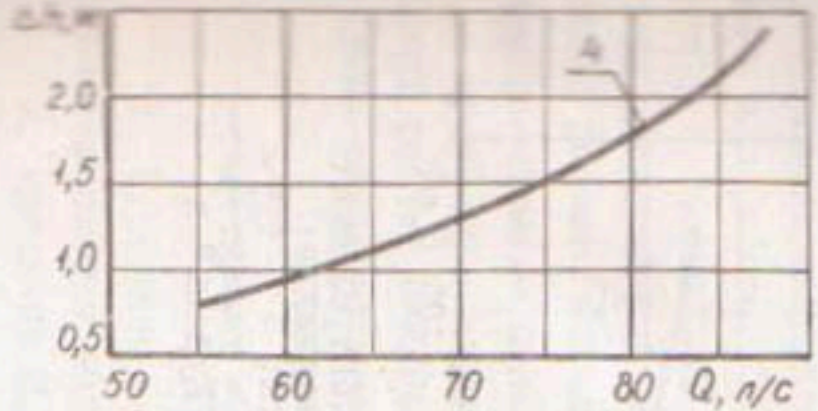
На ДМ "Кубань" применены короткоструйные дефлекторные насадки секторного действия четырех типоразмеров, отличающиеся диаметром сопл. Расход воды через насадку определяется по расходно-напорной характеристике или по формуле

$$q = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2gh} \quad , \qquad (2)$$

где h - напор перед насадкой, м; ω - площадь отверстия насадки, $м^2$; μ - коэффициент расхода.

Коэффициент расхода дает качественную оценку насадки, он зависит от конструкции и качества изготовления. Исследуемые насадки имели коэффициент расхода μ =0,88 — 0,92. За счет улучшения чистоты внутренней поверхности, ужесточения допусков на изготовление можно добиться его повышения до величины 0,98.





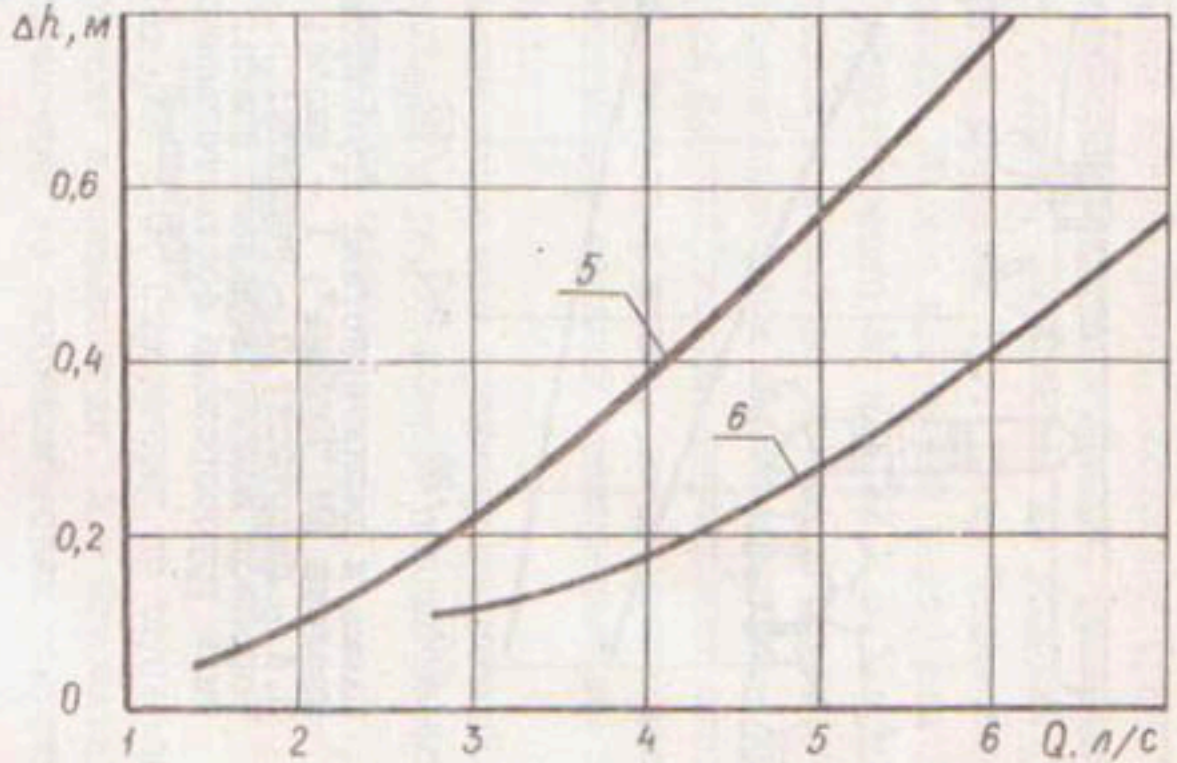


Рис.I. Дроссельные характеристики: I - основного трубопровода на I00 м; 2 - фланцевых соединений на I00 шт.; 3 - муфт на I00 шт.; 4 - тройника; 5 - консольного трубопровода на I00 м; 6 - соединения основного и консольного трубопроводов на I00 шт..

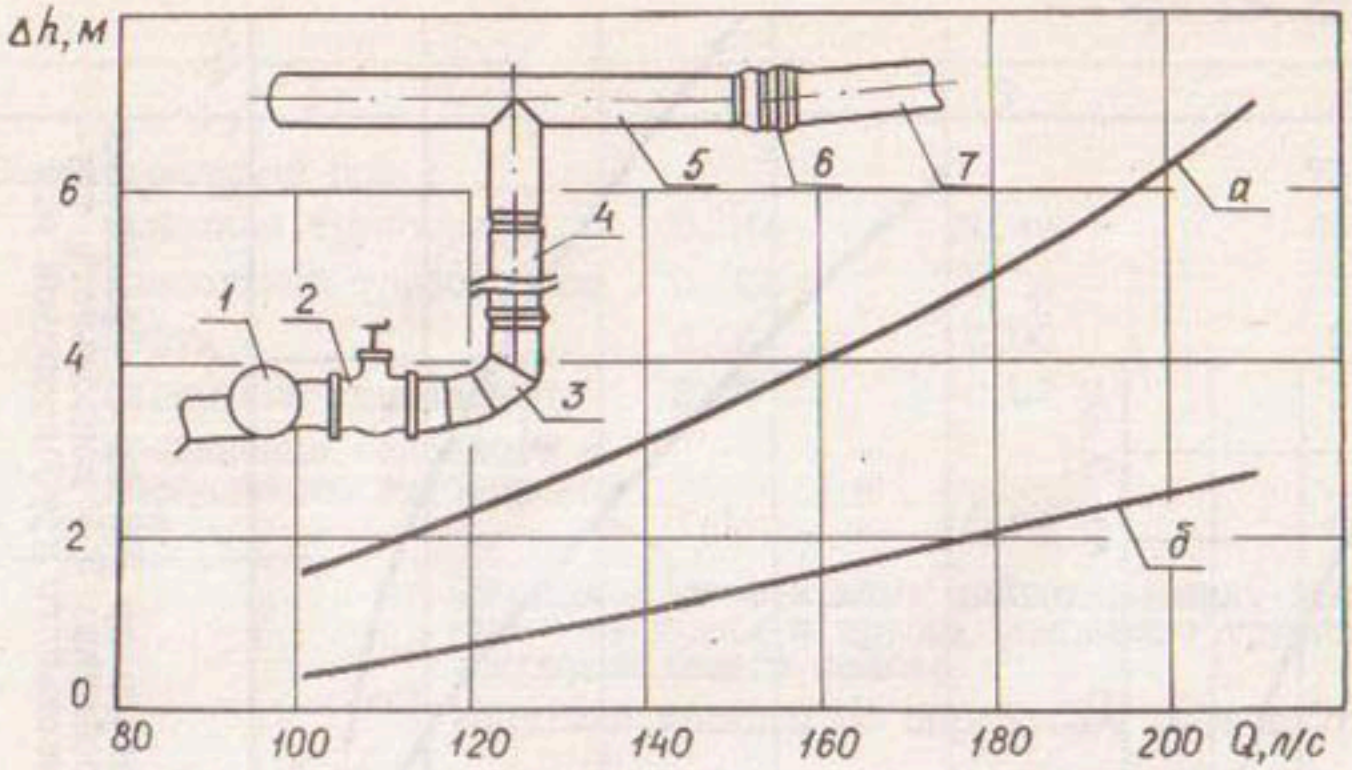


Рис.2. Схема и характеристика трубопровода центрального пролета ДМ "Кубань": I - насос; 2 - задвижка; 3,4 - патрубок; 5 - тройник; 6 - муфта; 7 - трубопровод водопроводящего пояса; а, б - характеристики трубопровода соответственно ДМ "Кубань" и "Кубань-М"

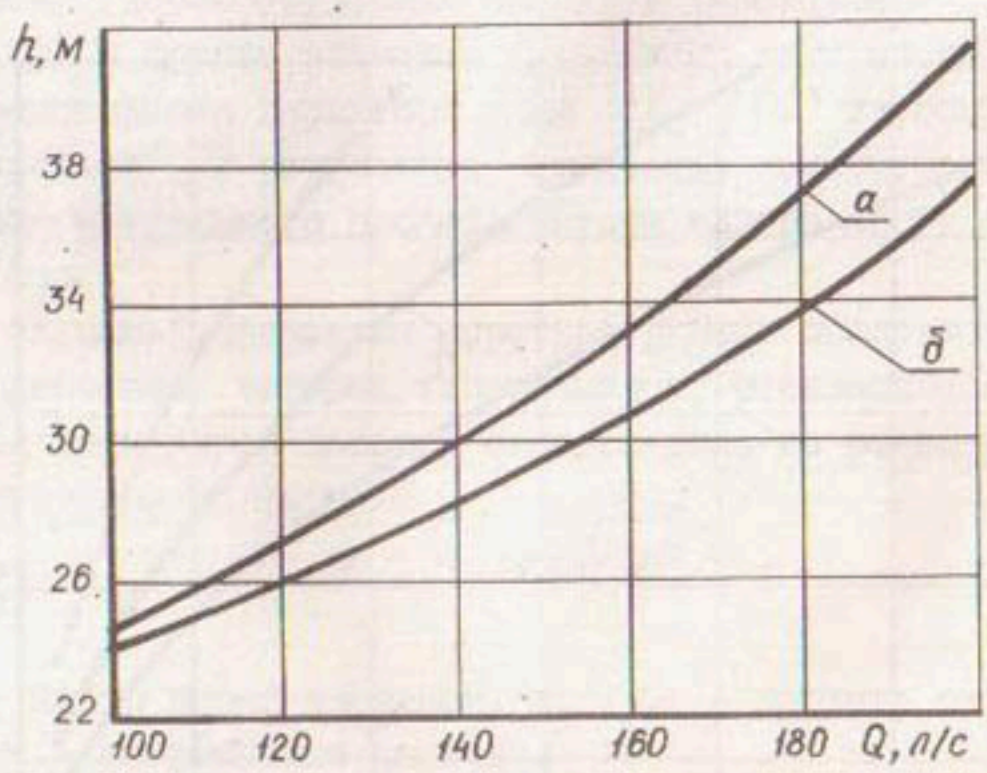


Рис.3. Характеристика напорного трубопровода машины: а, б - с внутренними диаметрами элементов трубопровода центрального пролета соответственно Ду 150 и 200 мм

На основании проведенных исследований построена (рис.3) характеристика напорного трубопровода. Величина напора, расходуемого на образование искусственного дождя, выбирается из условия обеспечения хорошего качества дождя в пределах II...I5 м. В данном случае принято h_g =I4 м. При расходе I70 л/с потребный напор для ДМ "Кубань" и "Кубань-М" составляет соответственно 35 или 32,2 м. Характеристика трубопровода машины необходима при выборе насоса и определении режимов его работы. Точка пересечения двух характеристик - трубопровода и насоса, называемая рабочей точкой насоса, определяет основные параметры дождевальной машины - расход и напор. Затем можно вести дальнейший расчет машины: расстановку насадок, распределение дождя вдоль водопроводящего пояса и т.д.

Проведенные исследования позволяют производить полный гидравлический расчет машины с подбором и расстановкой дождевальных насадок, а также разрабатывать модификации машины.

Список использованной литературы

I. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Л., Стройиздат, I978.

2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М., Машиностроение, I975.

УДК 63I.347.22I.00I.2

А.И.Рязанцев, канд.техн.наук
(ВНИИМиТП)

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ И ЖЕСТКИХ КОЛЕС САМОХОДНЫХ ТЕЛЕЖЕК МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

Условие нормальной работы колесных многоопорных дождевальных машин типа "Кубань", "Фрегат", "Днепр" и др. по опорной проходимости определяется соответствием их среднего удельного давления несущей способности почв орошаемых площадей.

Основными факторами, определяющими давление дождевальных машин на почву, являются: заминаемость растений, энергетические затраты на передвижение машины, условия работы машинно-тракторных агрегатов и транспортных средств на орошаемых полях, зависящие от глубины колеи. Поэтому основным критерием оценки давления дождевальных машин на почву может быть допустимая глубина колеи.

Максимальное значение глубины колеи за поливной сезон, как показывает опыт эксплуатации дождевальных машин, не должно превышать 13...15 см. Дальнейшее увеличение глубины колеи ведет к увеличению ее ширины и образованию почвенных призм выпирания около боковых кромок колеса. Это отрицательно сказывается на заминаемости культурных растений и работе пропашных, уборочных и транспортных агрегатов.

Экспериментами установлено, что при каждом последующем проходе машины глубина колеи под ее движителем в среднем увеличивается на 20 %, то есть для обеспечения вышеприведенного максимального значения глубины колеи ее величина после первого прохода не должна превышать 4...6 см [3].

Для оценки средних давлений колес на почву при допустимой глубине колеи (после первого прохода машины) определяется их опорная площадь. При качении колеса (рис.1) проекция дуги контакта в передней части равна: для жесткого - $\sqrt{DH - H^2}$ и для пневматического - $\sqrt{D_n H - H^2}$, а в задней части, как показали опыты, дуга контакта для торфяных почв вследствие их упругости примерно равна 1/2 дуги в передней части (рис.1а), для минеральных - 0 (рис.1б).

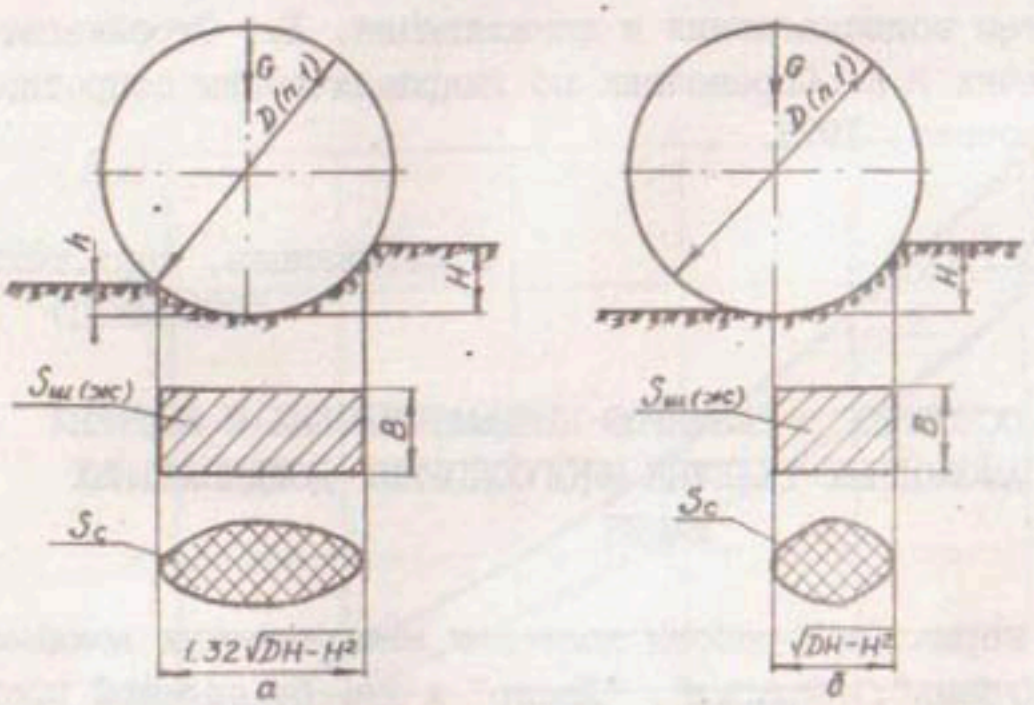


Рис.1. Схема качения колеса: а - торфяная почва;
б - минеральная почва

При допустимой глубине колеи форма обычных пневматических шин низкого давления близка к эллипсу, жестких колес и широкопрофильных шин - к прямоугольнику, а арочных - к кругу. Учитывая вышеизложенно

можно определить площадь контакта колес по следующим формулам:

для торфяных почв

$$S_0 = \frac{\pi \cdot B}{4}\left(\sqrt{D_n \cdot H - H^2} + 0{,}32\sqrt{D_n \cdot H - H^2}\right)$$

или

$$S_0 = 1{,}04 \cdot B\sqrt{D_n \cdot H - H^2}\ ; \qquad (1)$$

$$S_ш = 1{,}32 \cdot B\sqrt{D_n \cdot H - H^2}\ ; \qquad (2)$$

$$S_ж = 1{,}32 \cdot B\sqrt{D \cdot H - H^2}\ ; \qquad (3)$$

$$S_a \approx 2{,}5\ D_n \cdot H \qquad (4)$$

или

$$S_a = \frac{\pi \cdot B}{4} = 0{,}785\ B^2\ , \qquad (5)$$

где $S_0, S_ш, S_a, S_ж$ – площадь контакта соответственно обычных, широкопрофильных, арочных шин и жестких колес; B – ширина колеса; H – глубина погружения колеса; D – диаметр жесткого колеса; $D_n = D_t(1 + \delta H)$ – приведенный диаметр колеса; D_t – диаметр пневматического колеса; δ – деформация шины,

для минеральных почв

$$S_0 = 0{,}785\ B\sqrt{D_n \cdot H - H^2}\ ; \qquad (6)$$

$$S_ш = B\sqrt{D_n \cdot H - H^2}\ ; \qquad (7)$$

$$S_ж = B\sqrt{DH - H^2}\ ; \qquad (8)$$

$$S_a \approx D_n \cdot H \qquad (9)$$

или

$$S_a = 0{,}785\ B^2\ . \qquad (10)$$

По формулам (I) и (6) определяется площадь контакта арочных колес, а по формулам (2) и (7) – площадь контакта обычных шин низкого давления при глубине погружения их более 9...I0 см.

Величина давления колес машин на почву и характер его распределения зависят от нагрузки на колесо основных его размеров, физико-механических свойств почвы и внутреннего давления воздуха в шине. Действительное давление в зоне контакта колеса с почвой распределено неравномерно. В передней части контакта колеса давление большее, чем в задней. Максимум давления не совпадает с точкой наибольшего погружения колеса, а сдвинут вперед по направлению движения на некоторую величину.

Соотношение между давлениями q_{cp} и q_{max} принято характеризовать коэффициентом неравномерности распределения давлений [2]

$$K \leqslant \frac{q_{cp}}{q_{max}} \qquad (II)$$

При этом наивыгоднейшим условием повышения проходимости машин на слабых почвах являются случаи, когда значение этого коэффициента приближается к единице, т.е. давление по площади колеса распределено практически равномерно, без резко выраженного максимума.

Величина коэффициента неравномерности распределения давлений зависит прежде всего от типа колес, внутреннего давления в шинах, вида и состояния почвы. Значения коэффициента для рыхлых почв приведены в табл. I.

Таблица I

Значения коэффициента неравномерности распределения давления

Тип колес	Коэффициент, K
Обычные низкого давления	0,38–0,54 x)
Арочные	0,43–0,8I
Широкопрофильные	0,45–0,73

x) Нижнее значение для жестких колес.

С уменьшением внутреннего давления коэффициент неравномерности давлений возрастает для всех типов шин. У арочных и широкопрофильных шин равномерность распределения давления более высокая, чем у обычных при различных значениях внутреннего давления.

Так как напряжение в зоне контакта распределено неравномерно, а глубина образуемой колеи определяется в основном величиной максимального давления, это явление необходимо учитывать при расчете основных параметров колес.

Размеры колеса можно определить по вышеприведенным зависимостям (I)...(IO),т.е.по площади его контакта с почвой,задавшись при этом величиной допустимого давления

$$S = G / q_{don} \cdot K \ , \qquad (I2)$$

где G – нагрузка, приходящаяся на колесо; q_{don} – допустимое давление колеса на почву.

Достаточная проходимость дождевальных машин на слабых по прочности почвах обеспечивается при условии, когда

$$q_{max} \leq q_{доп} \qquad (13)$$

или

$$q_{ср} \leq q_{доп} \cdot K \quad , \qquad (14)$$

где $q_{доп} \cdot K = q'_{доп}$ – допустимое давление колеса на почву с учетом коэффициента неравномерности распределения давления.

Допустимое давление $q_{доп}$ для слабых по прочности почв, рассчитанное по гиперболической зависимости В.В.Кацыгина (14) применительно к условиям эксплуатации многоопорных дождевальных машин, находится в пределах 90...110 кПа.

$$q = p_o th (K/p_o) h \quad , \qquad (15)$$

где q – давление на почву; p_o – несущая способность почвы; K – коэффициент объемного смятия почвы; h – глубина колеи. При этом $q'_{доп}$ будет составлять 40...70 кПа..

При форме опорной поверхности колеса, близкой к эллипсу, его ширина для обычных пневматических шин низкого давления с небольшой глубиной колеи, а также арочных шин с глубокой колеей можно определить по формулам:

для торфяных почв

$$B = \sqrt[3]{\frac{m \cdot S_o^2}{1{,}08 \cdot H_{доп}}} \quad ; \qquad (16)$$

для минеральных почв

$$B = \sqrt[3]{\frac{m \cdot S_o^2}{0{,}615 \cdot H_{доп}}} \quad . \qquad (17)$$

При большой глубине колеи для обычных колес низкого давления, а также широкопрофильных шин и жестких колес ширина их площади контакта определяется следующими зависимостями:

для торфяных почв

$$B = \sqrt[3]{\frac{m \cdot S_{(ш,ж)}^2}{1{,}74 \cdot H_{доп}}} \quad ; \qquad (18)$$

для минеральных почв

$$B = \sqrt[3]{\frac{m \cdot S_{(ш,ж)}^2}{H_{доп}}} \quad . \qquad (19)$$

При выводе вышеприведенных зависимостей принято, что

$$\sqrt{D_n H - H^2} \approx \sqrt{D_n \cdot H} \text{ , а } D_n = \frac{B}{m} \quad [2],$$

где m – отношение ширины колеса к приведенному диаметру.

Таблица 2

Значения отношения m ширины колес к приведенному диаметру

Тип колес	Отношение, m
Обычные низкого давления	0,18–0,35
Широкопрофильные	0,35–0,45
Арочные	0,45–0,65
Жесткие	0,07–0,36

При форме контакта, близкой к кругу, ее размеры определяются по формулам:

$$B = \sqrt{\frac{S_к}{0,785}} = 1,13\sqrt{S_к} \quad ; \qquad (20)$$

$$D_n = \frac{S_к}{2,5 \cdot H_{доп}} = 0,4\,\frac{S_к}{H_{доп}} \quad . \qquad (21)$$

Для определения диаметра пневматического колеса применяется формула (21) [1]

$$D_1 = \frac{H_{доп} \cdot D_n}{H_{доп} \cdot \delta_ш} \quad , \qquad (22)$$

где $\delta_ш$ – радиальная деформация шины.

На основании вышеприведенных зависимостей построена номограмма для определения основных параметров пневматических и жестких колес многоопорных дождевальных машин (рис.2). Номограмма построена для условий применения машин на торфяниках. Проведенные исследования говорят о том, что правильно подобранные ходовые системы сельскохозяйственных машин для работы на торфяно–болотных почвах обеспечивают достаточную опорную проходимость и на других типах почв с низкой несущей способностью.

Порядок пользования номограммой показан пунктирными линиями: для обычных пневматических колес ($H_{доп}$ < 9...11 см) – линиями 1–2–3–4–5–6–7–8–9–10 и для жестких – линиями 1–2–3–4–5–6–7–11–12–13–14.

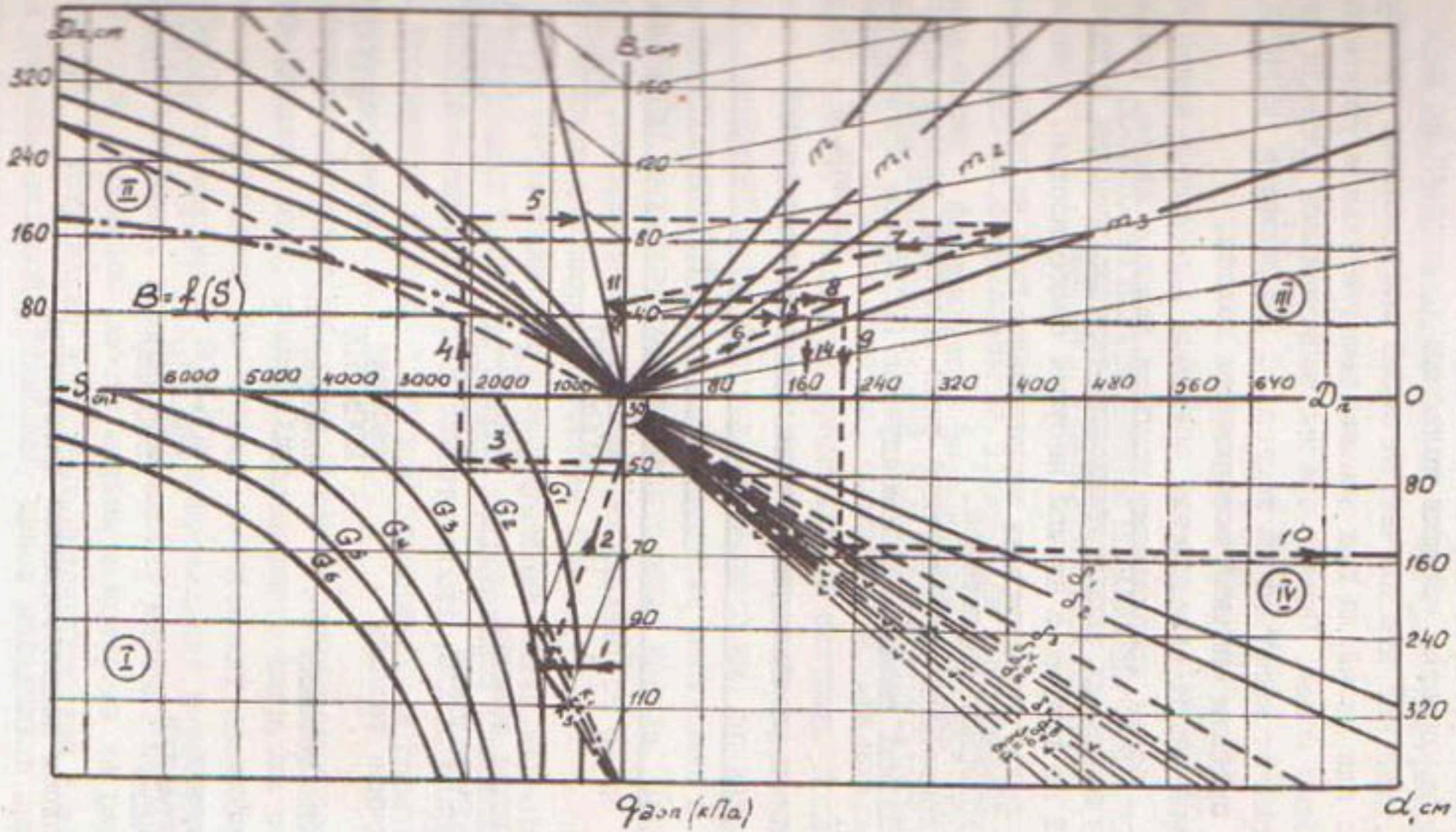


Рис.2. Номограмма для определения основных параметров пневматических и жестких колес многоопорных дождевальных машин: (I) K_1 =0.62 – арочные колеса; K_2 =0.59 – широкопрофильные колеса; K_3 =0.46 – жесткие колеса и колеса низкого давления. (II) ——— – обычные широкопрофильные, арочные (H доп > 9–11 см) и жесткие колеса; =·=·= – арочные колеса (H доп < 9–11 см). (III) m... m_1 – диапазон для арочных колес; m_1...m_2 диапазон для широкопрофильных колес; m_2...m_3 – диапазон для обычных, жестких колес (m_1 =0.65; m_2 =0.35; m_3 =0.18). (IV) —H доп = 5 см (δ_1 =8 см; δ_2 =6 см; δ_3 =3 см); – – – H доп = 10 см (δ_3 =8 см; δ_4 =6 см; δ_5 =8 см; δ_9 =3 см); —·—H доп = 15 см (δ_6 =8 см; δ_{11} =3 см); —v—H доп = 20 см (δ_7 =6 см; δ_{10} =3 см; δ_{12} =3 см). G_1 = 500 кг; G_2 =1000 кг; G_3 =1500 кг; G_4 =2000 кг; G_5 =2500 кг; G_6 =3000 кг

Из левого нижнего квадрата видно, что интенсивное уменьшение давления колес машин на почву при средних нагрузках (1000...2000 кг происходит при увеличении опорной поверхности колес до 2000...3000

Дальнейшее увеличение площади колесных движителей не имеет прак ческого смысла, так как это влечет за собой значительное увеличение габаритов колес или их числа при весьма незначительном уменьшении давления и глубины колеи. Однако предел рациональной площади непост янный, он зависит от нагрузки на колесо. С увеличением нагрузки ра тет и значение предела опорной поверхности колеса.

Предложенный метод определения основных параметров колес будет способствовать более правильному подбору ходовых систем дождеваль ных машин и улучшению их эксплуатационно-технологических и качестве ных показателей на почвах с низкой несущей способностью. Правильнос данного метода была подтверждена экспериментально на примере различ ных вариантов колесных движителей.

В табл.3 приведены существующие типы колесных движителей много опорных дождевальных машин и рекомендуемые на основе приведенного метода расчета.

Таблица 3

Существующие и рекомендуемые типы колесных движителей

Тип машины	Колеса	
	серийные	рекомендуемые
ДМ "Фрегат"	жесткие 200x1100	400-965
ДМ "Кубань":		
промежуточные тележки	530-610	530-610
центральная тележка	530-610	700-665
ДМ "Каравелла":		
промежуточные тележки	жесткие 200x1100	400-965
центральная тележка	пневматич. 400-965	400-965
ДМ "Бригантина":		
1-8-я тележки	405-508	405-508
9, 11-я тележки	530-610	530-610
10-я тележка	530-610	770-665

Список использованной литературы

1. Алексейчик Н.А. Использование машинно-тракторного парка на торфяно-болотных почвах. М., Колос, 1978.

2. Алексейчик Н.А., Будько Ю.В., Терехов Б.А. Повышение проходимости сельскохозяйственных машин. Минск, Ураджай, 1979.

3. Рязанцев А.И. Оценка давлений на почву колесных движителей многоопорных дождевальных машин. "Экспресс-информация" ЦНИИТЭИ № 5, 1982.

УДК 631.347.221.004

В.П.Жидовинов, канд.техн.наук,
Л.В.Петренко, инж.
(ВНИИМиТП)

ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭДМ "КУБАНЬ" ПРИ ИХ ГРУППОВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Технико-эксплуатационные показатели электрифицированных дождевальных машин фронтального перемещения "Кубань" определялись в совхозе "Лебедевский" Саратовской области по результатам исследований, проведенных в 1982 г. Участок, орошаемый 10 дождевальными машинами, входит в состав Энгельской оросительной системы. Подача воды на участок осуществляется стационарной насосной станцией подкачки НСП-10, находящейся на расстоянии около 3 км, по напорному трубопроводу, из которого через колодцы-гасители поступает в малоуклонные (i =0,0001) бетонированные оросительные каналы. Площади, орошаемые каждой дождевальной машиной, составляют от 86 до 124 га при расчетной площади для данного участка 126 га.

Из-за отсутствия опыта эксплуатации машин, недостаточной надежности двигателей К-272 за каждой дождевальной машиной был закреплен один машинист-оператор. Продолжительность работы оператора в течение суток составляла от 9 до 12 ч при одновременной работе не более 6 дождевальных машин.

Машинисты-операторы осуществляли: регулировку поступающего в канал расхода воды, очистку всасывающего патрубка от мусора и водорослей, проведение ежесменных технических обслуживаний дизеля и дождевальной машины и участие в проведении периодических технических обслуживаний, запуск и остановку машины, наблюдение за технологическим процессом работы машины и контроль за работой дизеля, диагностику и устранение несложных неисправностей дождевальной машины и насосно-силовой установки, вызов наладчиков при отказах автоматики и электрооборудования и бригады аварийного обслуживания при сложных поломках и отказах машины, участие в устранении неисправностей, окашивание берм каналов с целью предотвращения отказов уст-

ройства стабилизации по курсу, учет работы машины (поливная норма, мото-часы, политая площадь и др.).

Проведенный хронометраж десяти смен машиниста-оператора позволил определить структуру его рабочего времени (табл.I).

Таблица I

Структура сменного времени машиниста-оператора ЭДМФ "Кубань"

Показатели	Затраты времени	
	ч	%
Сменное время	I03,0	I00
I. Чистое время работы	30,6	29,7
В том числе:		
проведение ЕТО	8,0	7,8
технологическое обслуживание	I,5	I,4
устранение технологических отказов	4,5	4,4
диагностика и устранение отказов I группы сложности	2,6	2,5
участие в проведении ТО №I	5,0	4,8
диагностика неисправности, вызов бригады АО или наладчиков	I,0	I,0
участие в устранении отказов II и III групп сложности	8,0	7,8
2. Наблюдение за технологическим процессом полива	72,4	70,3

Данные этой таблицы показывают, что машинист-оператор затратил на обслуживание машин лишь около 30 % сменного времени, т.е. существует значительный запас времени, который позволяет обслуживать ему до трех одновременно работающих дождевальных машин. Однако указанные выше трудности и неисправность автоматической защиты двигателей К-272 не позволили в условиях совхоза "Лебедевский" увеличить нагрузку оператора.

Значительные затраты времени на устранение технологических отказов объясняются частым забиванием всасывающего патрубка водорослями.

При анализе рабочего времени оператора к технологическим отказам были отнесены также отклонения машины от курса. При этом оператор включал машину на обратный ход, затем переключал на прямой, хотя эти отказы следует устранять путем регулировки системы автоматики слежения по курсу.

Устранение сложных отказов ЭДМФ "Кубань", регламентированные технические обслуживания, замену двигателей К-272 на ЯМЗ-238 НБ, переоборудование машин на тросовые системы автоматизации слежения по курсу и стабилизации движения в линию проводила бригада аварийного обслуживания (бригада АО), включающая бригадира, крановщика, сварщика и двух слесарей. При необходимости в состав бригады вводили второго крановщика с автокраном.

Структура сменного времени бригады АО приведена в табл.2.

Таблица 2

Структура сменного времени бригады АО

Элементы времени	Затраты времени	
	ч	%
Всего сменного времени	350	100
В том числе:		
1. Чистое время работы	230	65,8
в том числе:		
устранение неисправностей	150	42,9
проведение ТО	20	5,7
переоборудование машины (замена дизеля и др.)	60	17,2
2. Переезды	80	22,8
3. Организационные и прочие работы	40	11,4

Средняя продолжительность смены бригады АО в июне-июле составила 9,5 ч, из которых значительная часть (22,8 %) затрачивалась на переезды бригады из г.Энгельса на участок (расстояние около 40 км).

За участком были закреплены 2 наладчика из системы "Союзводавтоматика", которые обслуживали ЭДМФ "Кубань" при отказах системы автоматики и силовых электролиний. Вызов наладчиков осуществляли машинисты-операторы, либо непосредственно выезжая к месту работы наладчиков, либо оставляя заявку на участковом диспетчерском пункте.

Заправку ЭДМФ "Кубань" топливом в течение сезона осуществляли 2 топливозаправщика - один на базе ГАЗ-53, другой на базе ЗИЛ-130 емкостью соответственно 1800 и 4000 л. Ежедневная потребность, составлявшая 1200-1800 кг топлива, как правило, обеспечивалась за один рейс одного из топливозаправщиков и лишь в дни, следующие за общевыходными, на участок направлялись оба заправщика.

Время, затрачиваемое на заправку обоих баков ЭДМФ "Кубань", в зависимости от типа заправщика и места нахождения дождевальной машины относительно головы канала составляло от 15 до 40 мин, включая переезд заправщика с одной стороны канала на другую.

Следует отметить, что длина шланга на заправщике позволяла заправлять оба бака ЭДМФ с одной позиции. Однако неудобства, возникающие при переносе шланга через канал, заставляли производить заправку с переездом заправщика на другую сторону канала. Для сокращения времени заправки целесообразно иметь на ЭДМФ "Кубань" перевозимый трап.

Время основной работы 7 ЭДМФ "Кубань" в совхозе "Лебедевский" Саратовской области составило за период наблюдений 1150 ч, причем наработка по отдельным машинам колебалась от 113 до 250 ч. Режим работы машин (заводские номера 4 и 74) представлен на рис.1, 2. Односменная работа, возможность одновременной работы лишь 6 из 10 ЭДМФ "Кубань", значительные простои, связанные с переоборудованием, устранением технических неисправностей, привели к тому, что продолжительность поливов нормами 300-400 $м^3$/га составляла 10-12 суток вместо 7-9, требуемых для выполнения расчетного режима орошения. Это свидетельствует о необходимости организации в условиях совхоза "Лебедевский" двухсменной работы машин в наиболее напряженный период поливного сезона (май-июль).

Основные показатели табл.3, характеризующие работу машин, были получены на основании хронометражных наблюдений, проводившихся в период с 9 по 27 июля сотрудниками ВНПО "Радуга", а также по результатам обработки вахтенных журналов по ЭДМФ "Кубань", заполняемых машинистами-операторами.

Таблица 3

Основные показатели, характеризующие работу ЭДМФ "Кубань" совхоза "Лебедевский"

№ ЭДМФ	Затраты времени, ч				
	T_c	$T_з$	T_7	T_9	T_{10}
I	2	3	4	5	6
I	250	12	29,6	24,0	21

Продолжение табл.3

I	2	3	4	5	6
30	I24	6	I6,8	I2,0	20
74	II3	5	I4,4	6,0	22
01	I38	7	I3,6	I2,0	2
32	I85	9,5	I6,8	I8,0	I6
2	200	9,0	2I,6	I8,0	42
31	I40	6,2	I2,0	I2,0	54
Всего	II50	54,7	II6,6	I02,0	I77

Примечание. T_o - время основной работы машин, $T_з$ - время устранения технологических отказов; T_7, T_9 - время соответственно ежесменного и планового технических обслуживаний принято на основании ранее установленных нормативов [I], проверявшихся также в ходе хронометражных наблюдений в совхозе "Лебедевский"; T_{IO} - затраты времени на устранение технических отказов.

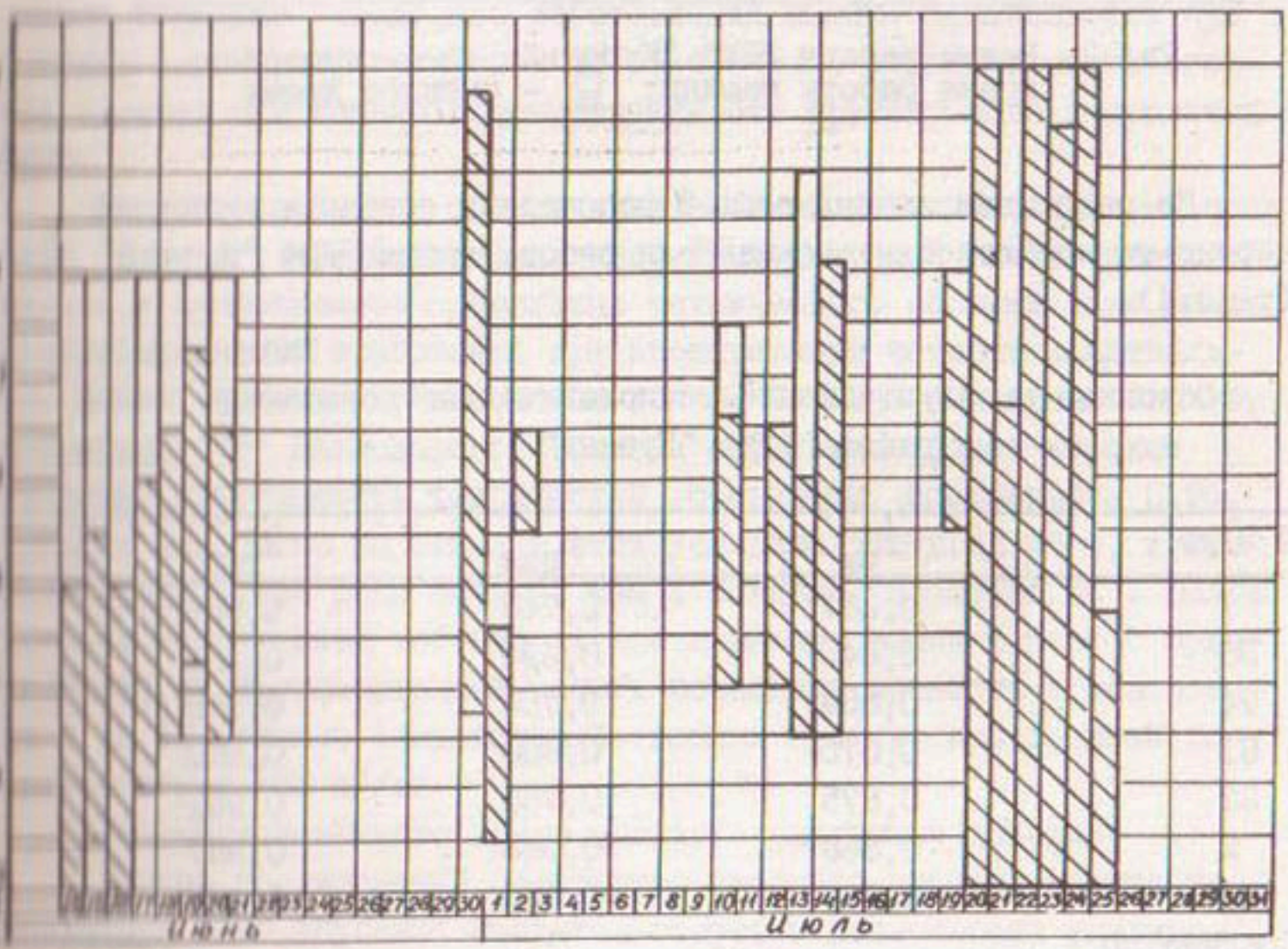


Рис.I. Режим работы ЭДМФ "Кубань"; ▨ - чистое время работы машины; ▨ - сменное время

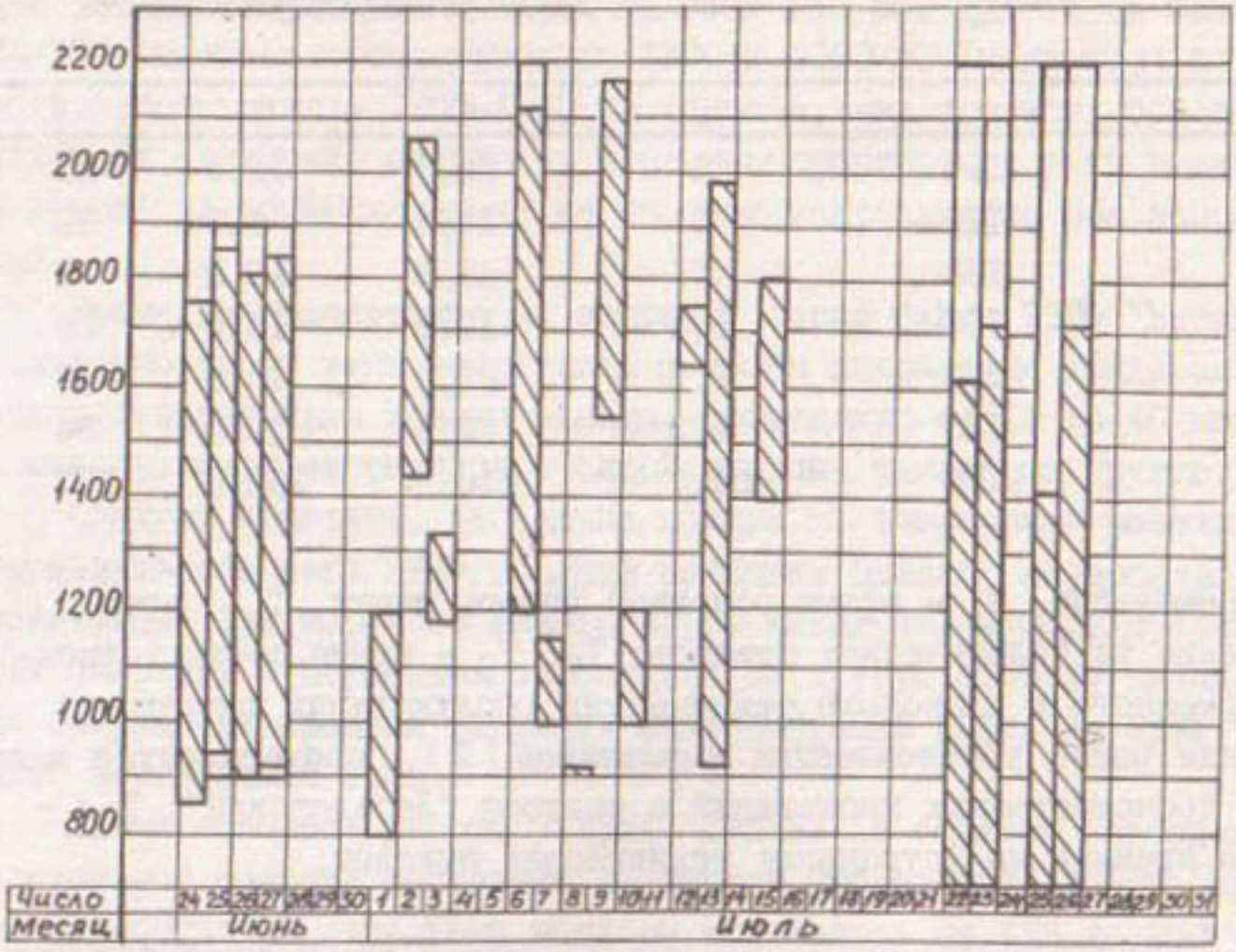


Рис.2. Режим работы ЭДМ№ "Кубань": ▨ – чистое время работы машины; ▨ – сменное время

На основании данных табл.3 рассчитаны основные эксплуатационно-технологические показатели работы машин ЭДМ№ "Кубань" (табл.4).

Таблица 4

Основные эксплуатационно-технологические показатели работы ЭДМ№ "Кубань"

№ ЭДМ№	$K_{см}$	$K_{экс}$	$K_{тех}$
I	0,857	0,743	0,954
30	0,845	0,694	0,954
74	0,854	0,704	0,958
8I	0,870	0,800	0,952
32	0,875	0,753	0,95I
2	0,868	0,688	0,957
3I	0,885	0,625	0,958
Средние по группе машин	0,87I	0,720	0,955

За период наблюдений за группой ЭДМ "Кубань" было зафиксировано 55 технических отказов при средней наработке на отказ 31 ч. Коэффициент технической готовности машин составил 0,87, что, довольно низкий. Наработки на отказ I и III групп сложности составили 27, 60 и 400 ч, а среднее время устранения отказов - 0,6, 3,6 и 28 ч.

Причинами частых отказов ЭДМ "Кубань" в совхозе "Лебедевский" являлись недостаточная надежность отдельных узлов машин, к которым относятся в первую очередь двигатели К-272, выходящие из строя, как правило, после 100-300 ч наработки: частые отказы мотор-редукторов и колесных редукторов. В приборах ПСЛ ненадежны микровыключатели, магнитные пускатели, тепловые реле. При скорости ветра более 7 м/с становится ненадежной работа тросовой системы стабилизации движения тележек.

Значительные простои машины возникали при появлении наиболее сложных отказов, вызывавших потерю устойчивости стоек опорных тележек, падение пролетных ферм. Устранение таких отказов осуществлялось длительное время из-за трудоемкости и загруженности бригады АО. Причинами возникновения таких отказов являлись недостаточное качество заводского изготовления машин, невыполнение при монтаже основных регулировок по обеспечению параллельности опорных тележек оси канала и прямолинейности трубопровода в пролетах ферм.

Важное значение в обеспечении высокой технической готовности ЭДМ "Кубань", предотвращении аварийных ситуаций имеет своевременное и качественное проведение технического обслуживания машин. Выполнение этого требования при эксплуатации четырех дождевальных машин "Кубань" (заводские номера 7 — 10) в колхозе "30 лет Казахской ССР" Павлодарской области обеспечило более высокое значение коэффициента технической готовности, составившее 0,95. Средняя наработка на отказ в этих условиях достигла 36 ч, т.е. была почти в два раза больше, чем в совхозе "Лебедевский". Более высокая техническая готовность дождевальных машин наряду с организацией их круглосуточной работы позволила провести в колхозе от 9 до 12 поливов сельскохозяйственных культур при средней поливной норме 500 $м^3$/га.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

Данные исследований структуры рабочего времени машиниста-оператора ЭДМ "Кубань" свидетельствуют о возможности увеличе-

ния его нагрузки до трех-четырех машин при наличии автоматической системы защиты дизеля от аварий.

Коэффициент использования времени смены ЭДМФ "Кубань" при поливной норме 500 $м^3$/га и нагрузке оператора, равной одной машине, составил 0,87±0,02.

Качественное выполнение системы технического обслуживания ЭДМФ "Кубань", своевременное выявление и устранение предаварийных ситуаций позволяет поддерживать коэффициент технической готовности машин "Кубань" выпуска 1981 года на уровне 0,95.

Опыт работы машин в колхозе "30 лет Казахской ССР" свидетельствует о возможности их круглосуточного использования на поливе.

Список использованной литературы

I. Кидовинов В.П. и др. Рекомендации по техническому обслуживанию дождевальных машин фронтального перемещения "Кубань". Коломна, 1982.

УДК 631.347.221.21-192

В.П.Кидовинов, канд.техн.наук,
В.П.Юферев, канд.техн.наук,
Ю.М.Мулаев, инж.
(ВНИИМиТП)

К ВОПРОСУ О НАДЕЖНОСТИ ЭДМФ "КУБАНЬ"

Необходимость повышения надежности дождевальных машин, устройств и оросительных систем в целом обуславливается повышением требований к надежности дождевальных машин со стороны потребителя (эксплуатационных и сельскохозяйственных организаций), уменьшением сроков на создание дождевальных машин вследствие роста потребности в них народного хозяйства, повышением сложности дождевальных машин и установленного на них оборудования, ростом затрат на достижение и обеспечение надежности в процессе эксплуатации и др.

Надежность машин закладывается при проектировании, обеспечивается при изготовлении и поддерживается в эксплуатации [I]. Исходя из такого системного подхода к уровню надежности любой машины, надежность ЭДМФ "Кубань" закладывается (рис.I):

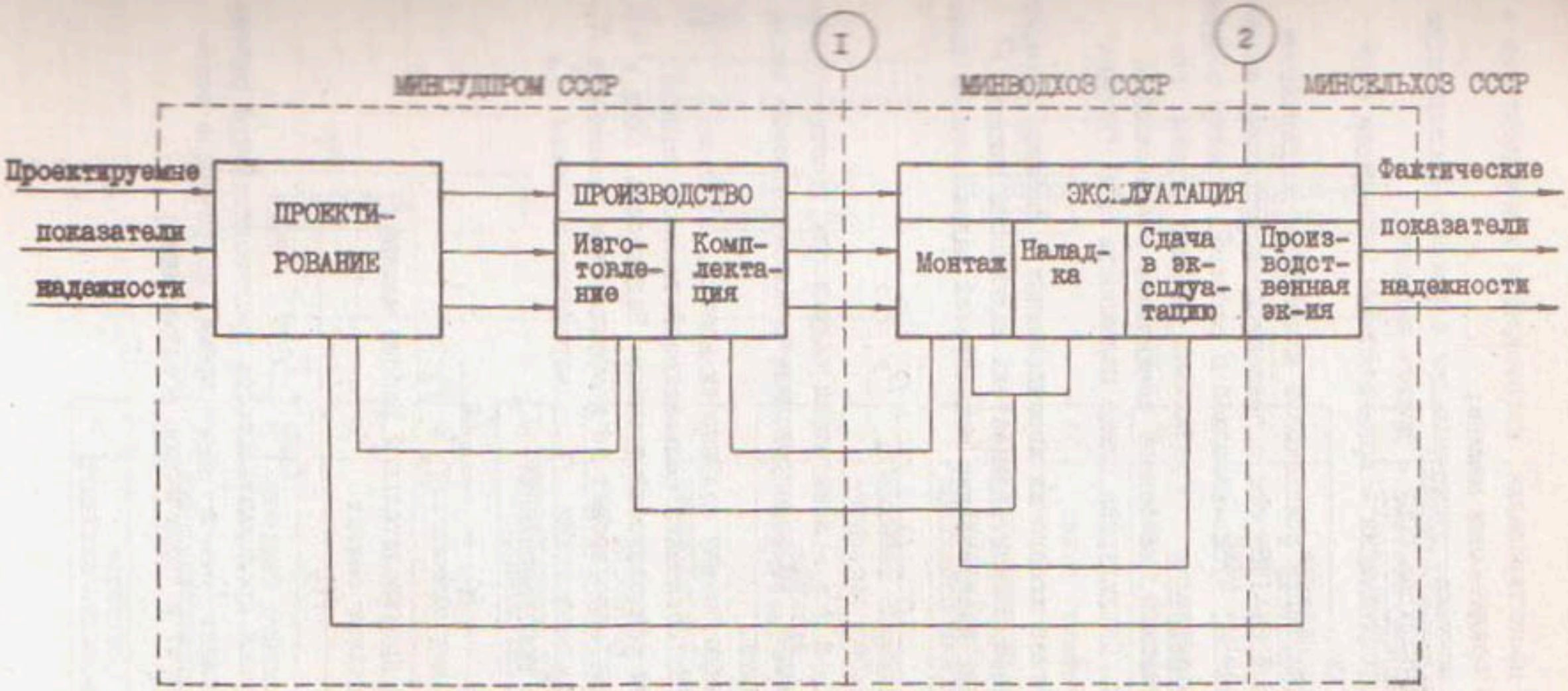


Рис.I. Схема формирования показателей надежности ЭДМФ "Кубань"

на стадиях проектирования, изготовления и комплектации – организациями – создателями машины;

на стадиях монтажа, пуско-наладки и сдачи в эксплуатацию – организациями Минводхоза СССР и других ведомств;

на стадии эксплуатации – организациями Минводхоза СССР и Минсельхоза СССР.

С целью определения показателей надежности дождевальных машин "Кубань" в 1981–1982 гг. проведены хронометражные наблюдения за их монтажом, пуско-наладкой и работой, а также собран статистический материал в различных районах страны, где применяются эти машины, на основе специально разработанной учетной карточки. Структурная схема надежности ЭДМФ "Кубань" приведена на рис.2.

Поскольку отказ любого из перечисленных в таблице элементов вызывает отказ всей машины, показатель надежности машины P можно выразить как произведение показателей надежности ее элементов, т.е.

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 ,$$

где P_1, P_2, P_3 и P_4 – показатели надежности, соответственно, двигателя машины, ее водопроводящего пояса, ходовой части и электрооборудования.

Количественную оценку надежности машины, согласно ОСТу 70/23.2.8–73 "Испытания сельскохозяйственной техники. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Надежность. Сбор и обработка информации" производят по коэффициентам готовности $K_г$ и технического использования $K_т$, наработке на отказ T_0 среднему времени восстановления $T_в$

$$K_г = \frac{T_0}{T_0 + T_в} ,$$

где T_0 – время производительной работы машины;

$$K_т = \frac{T_{сум}}{T_{сум} + T_{рем} + T_{обсл}} ,$$

где $T_{сум}$ – суммарная продолжительность производительной работы за период наблюдения; $T_{рем}$ и $T_{обсл}$ – время, затраченное соответственно на ремонт и техническое обслуживание;

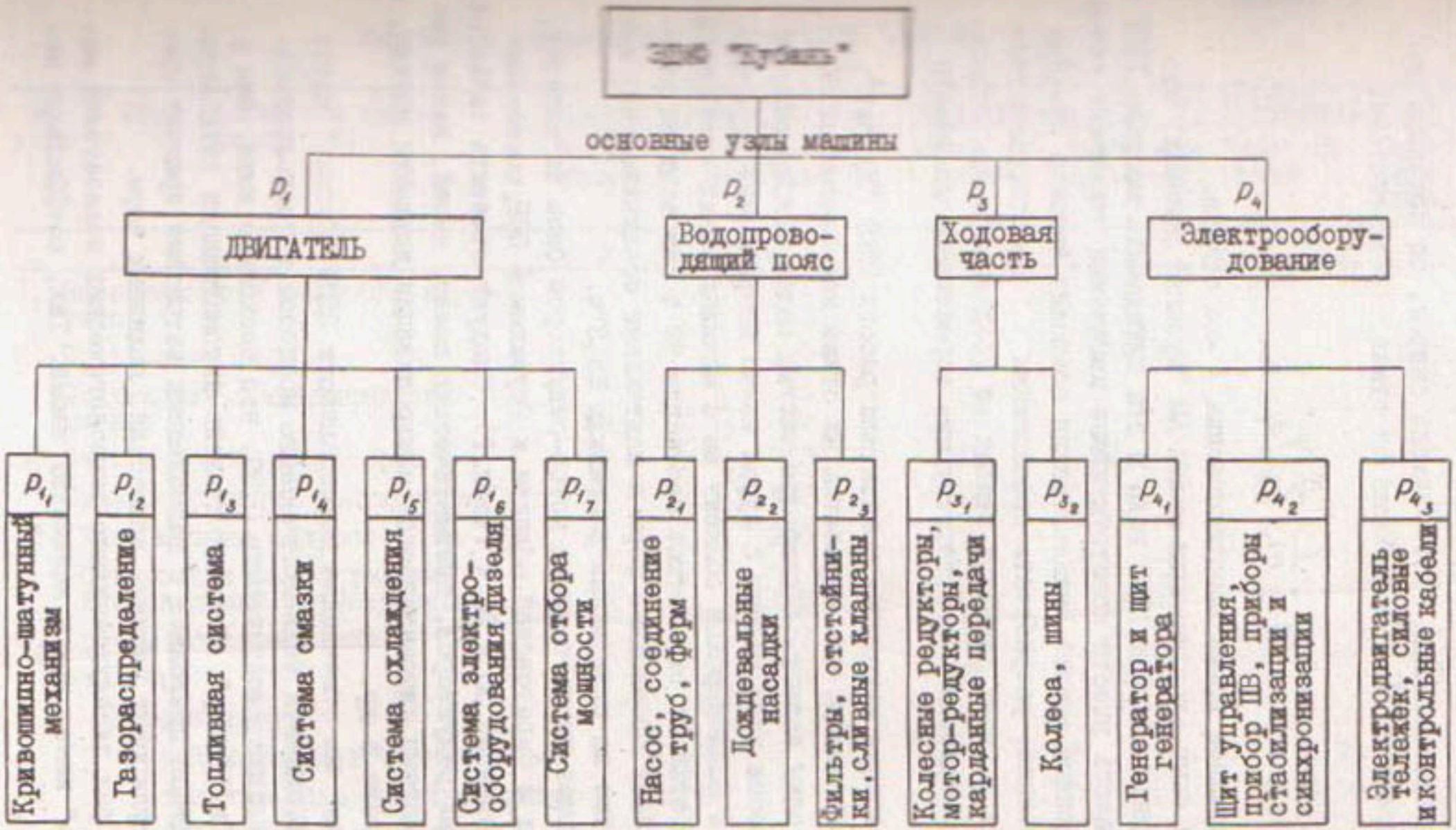


Рис.2. Схема основных узлов при оценке показателей технической готовности ЭДМФ "Кубань"

$$T = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{n} T_i \ ,$$

где m – число отказов, n – число систем, за которыми ведется наблюдение; T_i – наработка на отказ i -ой системы;

$$T_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} T_{Bi} \ ,$$

где T_{Bi} – среднее время восстановления i -го отказа.

Первый опыт эксплуатации машин ДМ "Кубань" показал, что четырем машинам выпуска 1980 года и ста пятидесяти машинам 1981 го да потребовалось внести конструктивные изменения отдельных узлов.

Проведенный анализ отказов машин позволил выявить причины их возникновения, разработать предложения по совершенствованию машины на всех основных этапах ее создания, а для отдельных этапов разработать соответствующие нормативные документы [2, 3].

Характеризуя некоторые показатели работы ЭДМФ "Кубань", можно сделать вывод, что наработка на отказ колеблется от 36 до 80 ч на одну машину. К наиболее частым видам неисправностей следует отнести уход машины с курса из-за искривления трубопровода. Так, в Павлодарской области на 4 машинах таких отказов было 27; наработка на один отказ составила 59 ч. На этих же машинах наблюдалось провисание ферм и подтекание соединительных манжет; наработка на один отказ составила 25,3 ч.

Наибольшее число отказов мотор-редукторов было на машинах, используемых в Саратовской области и Грузинской ССР, составляющее соответственно 30 и 20 ч (табл.I). Следует отметить также отказы колесных редукторов, пневматических колес, цепей, щитов управления, системы автоматической синхронизации движения машины, с лового агрегата и др.

Несмотря на отмеченные неисправности ЭДМФ "Кубань" имеет высокие коэффициенты технологического процесса и технологического обслуживания, достигающие 0,99, что несколько выше, чем у ДМ "Фрегат" и "Днепр". Высокая степень автоматизации технологического процесса позволяет с наименьшими затратами времени производить регулировку машины, двигателя, поливных норм.

Однако ряд эксплуатационно-технологических показателей машины "Кубань" ниже, чем у названных машин. Так, коэффициент ис-

Некоторые показатели работы СЭМ "Луганч"

Таблица I

№ узла	Виды поломок и неисправностей	Павлодарская обл. (4)		Саратовская обл. (7)		Луганская ОПР (I)	
		Число отказов	Наработка на отказ, ч	Число отказов	Наработка на отказ, ч	Число отказов	Наработка на отказ, ч
I	2	3	4	5	6	7	8
I.	Неисправности силового агрегата	4	I069	-	-	-	-
II.	Провисание ферм	I3	329	3	400	I	320
	Подтекание соединительных манжет	I3	329	-	-	-	-
III.	Отказы мотор-редукторов	6	7I3	I9	60	4	80
	Отказы колесных редукторов	I0	428	-	-	-	-
IУ.	Уход машины с курса	I9	225	-	-	-	-
	Отклонение линии тележек (искривление трубопровода)	27	I58	-	-	-	-
У.	Прочие неисправности	25	I7I	33	27	-	-
	Всего	II7	36	55	2I	5	80
	Коэффициенты:						
	технической готовности	0,95		0,87		0,93	
	технического использования	0,85		0,72		0,90	
	использование сменного времени	0,92		0,90		0,90	
	использование эксплуатационного времени	0,75		0,82		0,78	

Примечание. К прочим неисправностям отнесены отказы напорно-всасывающей линии и автоматики, носящие единичный характер.

пользования сменного времени у ЭДМФ "Кубань" составляет 0,90...0,92, у "Днепра" - 0,9, у "Фрегата" - 0,92, коэффициент эксплуатационного времени соответственно 0,75...0,82; 0,80 и 0,90.

В процессе монтажа и эксплуатации машины выявлен ряд конструктивных недостатков и некачественное изготовление узлов и деталей. Наблюдалось несоответствие узлов и деталей чертежам, непрочность сварных соединений, смещение и отсутствие отверстий, разномерность крепления тяг нижнего пояса, перекос щек крепления колесных редукторов и т.д. В результате этого происходило искривление фермы, несовпадение осей колес тележек.

Машины выпуска 1982 года (с заводскими номерами 0001...0250) поставляются уже с улучшенными узлами.

Так, наблюдения за сданными в эксплуатацию в 1982 г. двумя машинами в Павлодарской области, тремя машинами в Саратовской области и одной машиной в Грузинской ССР (табл.1) позволили определить коэффициенты их готовности. В производственных условиях работы машин они составляют 0,87...0,95. Однако на государственных испытаниях машины ЭДМФ "Кубань-М" в 1982 г. на Поволжской и Южно-Украинской МИС получена нормативная величина коэффициента готовности машин (0,97).

Следует полагать, что с накоплением навыков и опыта эксплуатации машин "Кубань-М" в производственных условиях будет достигнута нормативная готовность машин.

Список использованной литературы

1. Киртбая Ю.К. и др. Рекомендации по управлению качеством механизированных работ. Минск, 1976.

2. Жидовинов В.П. и др. Положение об организации и порядке работ по монтажу и вводу в эксплуатацию ЭДМФ "Кубань" и "Кубань-М". М., 1982.

3. Юферев В.П. и др. Временные типовые нормы времени на техническое обслуживание дождевальной машины "Кубань". М., 1982.

УДК 631.347.221.1.004.67

С.М.Давшан, канд.техн.наук,
Н.А.Нагибин, инж.
(ВНИИМиТП)

ОБОСНОВАНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ ЗАПАСНЫХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ "ФРЕГАТ"

В настоящее время в сельском хозяйстве насчитывается свыше 11 тысяч дождевальных машин "Фрегат". Однако ежегодная потребность в них почти вдвое превышает поставку. В то же время в XI пятилетке колхозы и совхозы должны иметь порядка 14 тыс. "Фрегатов". Наступил срок списания машин выпуска 1971-1973 гг., отработавших срок службы, установленный техническими условиями ТУ-23.2.636-71 (10 лет). Очевидно, что обеспечение сельского хозяйства такими машинами может быть осуществлено за счет расширения производства или продления срока их службы. Однако расширить объемы производства этих машин в ближайшее время не представляется возможным.

Как показали практика эксплуатации, результаты ресурсных испытаний и обследование технического состояния около 600 "Фрегатов", отработавших срок службы, равный или приближающийся к десяти годам, ресурс базовых узлов (рама тележки, водопроводящий трубопровод, тросовая опора и др.) превышает установленный срок службы и поэтому целесообразно после 10 лет эксплуатации производить капитальный ремонт. Естественно, продление срока службы приведет к увеличению в парке числа устаревающих машин и потребует увеличения выпуска запасных частей. Для того чтобы снизить расход запасных частей для текущего ремонта таких машин, необходимо при капитальном ремонте приблизить надежность отремонтированной машины к надежности новой.

При определении рациональной номенклатуры ЗИП для капитального ремонта все узлы и детали "Фрегата" были сгруппированы по наиболее характерным признакам потери работоспособности (табл.1, рис.1). Как видно из таблицы 1, узлы и детали имеют ресурсы, зависящие от различных причин и условий. Так, узлов и деталей, подверженных различного вида износам (механическому, гидроабразивному) насчитывается 1298 шт. 72 наименований ориентировочной стоимостью 6200 руб. и массой приблизительно 7200 кг (п.2 и 3, табл.1). Имеется относительно много узлов и деталей, подверженных воздействию коррозии -

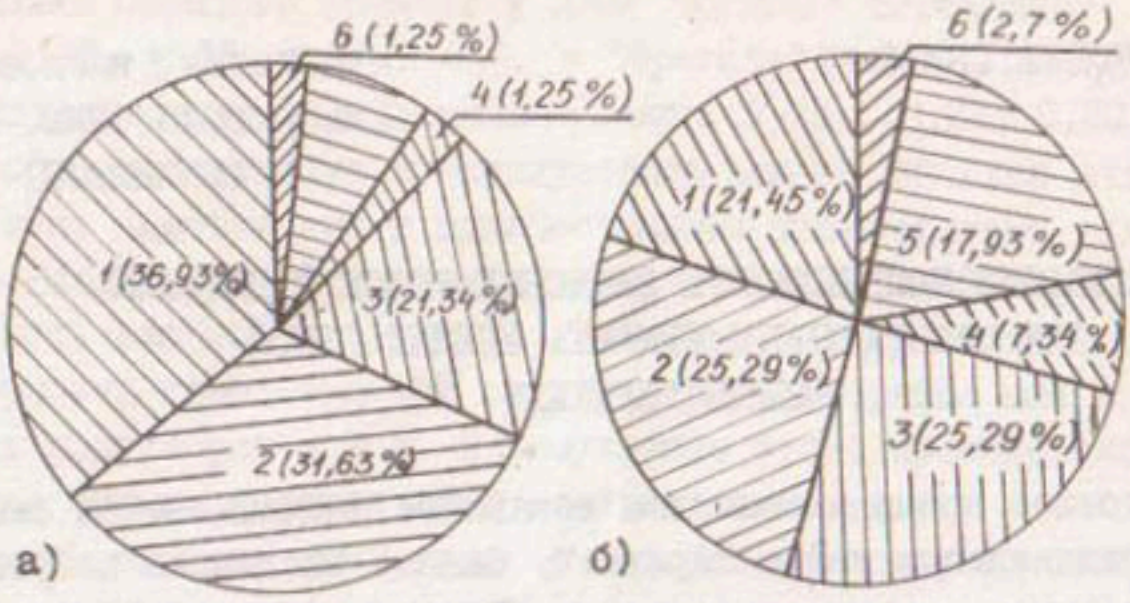


Рис.I. Распределение узлов и деталей ДМ "Фрегат" по характерным признакам потери работоспособности:
а) и б) - соответственно по массе и стоимости;
I...6 - номера соответствующих групп таблицы I

I492 шт. 7I наименования ориентировочной стоимостью 2200 руб. и массой около I030 кг. Значительную часть (по массе около 5020 кг и стоимости 2630 руб.) составляют узлы и детали, ресурс которых в основном зависит от воздействия различных климатических условий эксплуатации машин - 524 шт. 56 наименований (п.I, табл.I).

Таблица I

Группирование узлов и деталей дождевальной машины "Фрегат" по наиболее характерным признакам потери работоспособности

Наименование группы	Количество наименований узлов и деталей, шт.	Число узлов и деталей, шт.	Ориентировочная масса, кг	Ориентировочная стоимость, ру
I	2	3	4	5
I. Узлы и детали с ресурсом, не зависящим от наработки и длины машины (стойка неподвижной опоры ДМ-0I.005, поперечина ДМ-05.II0, проволока ДМ-00.II5 и т.д.)	56	524	5020	2630
2. Узлы и детали с ресурсом, зависящим от наработки машины (ко-				

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5
лено поворотное ДМ-01.030, трубы, дождевальные аппараты и т.д.)	26	227	4300	3100
3. Узлы и детали с ресурсом, переменным по длине машины и зависящим от наработки (колеса, детали гидропривода, стопоры и т.д.)	46	1071	2900	3100
4. Резино-технические и пластмассовые узлы и детали, подверженные старению (напорные шланги, манжеты, сливные трубы и т.д.)	23	473	170	900
5 Узлы и детали, подверженные значительному воздействию коррозии (переходники, тросы, муфты)	71	1492	1030	2200
6. Крепежные изделия (болты, винты, гайки, шайбы)	62	7335	170	330

Исходя из вышеизложенного, в номенклатуру ЗИП для капитального ремонта включены узлы и детали, ресурс которых не превышает полного ресурса машины до списания при продленном сроке службы (около 18 тыс.ч); подверженные старению и коррозии; имеющие в практике эксплуатации случайные или аварийные поломки и деформации, а также выходящие из строя во время разборочно-сборочных работ и устанавливаемые при модернизации машины.

На основании ресурсных испытаний и исследований 1971-1982 гг. были определены ресурсы узлов и деталей дождевальной машины "Фрегат" (различных шайб, узлов и деталей с ресурсом до 10 и от 10 до 20 тыс.ч), характеристики рассеивания которых достаточно удовлетворительно описываются законом нормального распределения, характеристики рассеивания остальных узлов и деталей описываются законом распределения Вейбулла (табл.2, рис.2 и 3).

Так, срок службы до 10 лет при сезонной загрузке 1000 ч имеют узлы и детали 39 наименований в количестве 704 шт. ориентировочной стоимостью 1300 руб. и массой порядка 240 кг, около половины крепежных и прочих стандартных изделий и значительная часть узлов и деталей с переменным по длине машины ресурсом ориентировочной

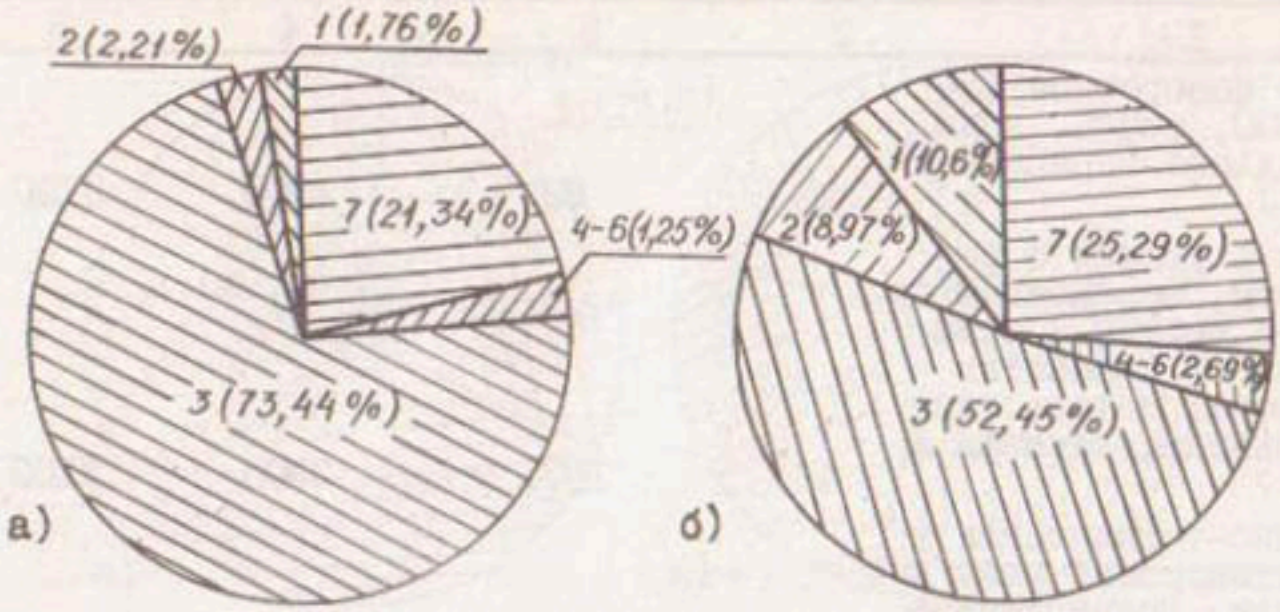


Рис.2. Распределение узлов и деталей ДМ "Фрегат" в зависимости от их ресурса: а) и б) - соответственно по массе и стоимости; I...7 - обозначения соответствующих групп таблицы 2

стоимостью около 1100 руб. и массой порядка 1000 кг. Срок службы от 10 до 20 лет имеют узлы и детали 27 наименований в количестве 476 шт. ориентировочной стоимостью около 1100 руб. и массой порядка 300 кг, а также некоторые крепежные и стандартные изделия, узлы и детали с переменным по длине машины ресурсом ориентировочной стоимостью около 900 руб. и массой порядка 800 кг.

Кроме того, довольно много узлов и деталей по длине машины имеют переменный ресурс (рис.4). Практически все узлы и детали последней тележки имеют ресурс до 10 тыс.ч. Увеличение ресурса происходит по мере приближения к неподвижной опоре. На первой тележке ресурс большинства узлов и деталей превышает 20 тыс.ч.

Таблица 2

Группирование узлов и деталей "Фрегата" по ресурсу

Наименование группы	Ресурс (в границах с доверительной вероятностью $\alpha=0,8$), тыс.ч	Количество наименований узлов и деталей, шт.	Число узлов и деталей, шт.	Ориентир. масса, кг	Ориентир. стоим. руб.
I	2	3	4	5	6
I. Узлы и детали с ре-					

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
сурсом до I0 тыс.ч	4,49<8,75<I3,00	39	704	240	I300
2. Узлы и детали с ресурсом от I0 до 20 тыс.ч	II,23<I4,83<I8,43	27	476	300	II00
3. Узлы и детали с ресурсом свыше 20 тыс.ч	23,68<I0I,92<I99,62	II0	I536	9980	6430
4. Крепежные изделия (болты, винты, гайки)	5,02<I4,35<25,09	3I	4802	I50	2I0
5. Шайбы	32,74<69,I6<I05,57	I7	2II2	I0	20
6. Другие стандартные изделия	2,9I<I3,87<24,69	I5	42I	I0	I00
7. Узлы и детали с переменным по длине машины ресурсом	Минимальный 3,5<6,65<9,83				
	Средний 4,67<I2,52<2I,49	46	I07I	2900	3I00
	Максимальный II,45<64,8<I36,78				

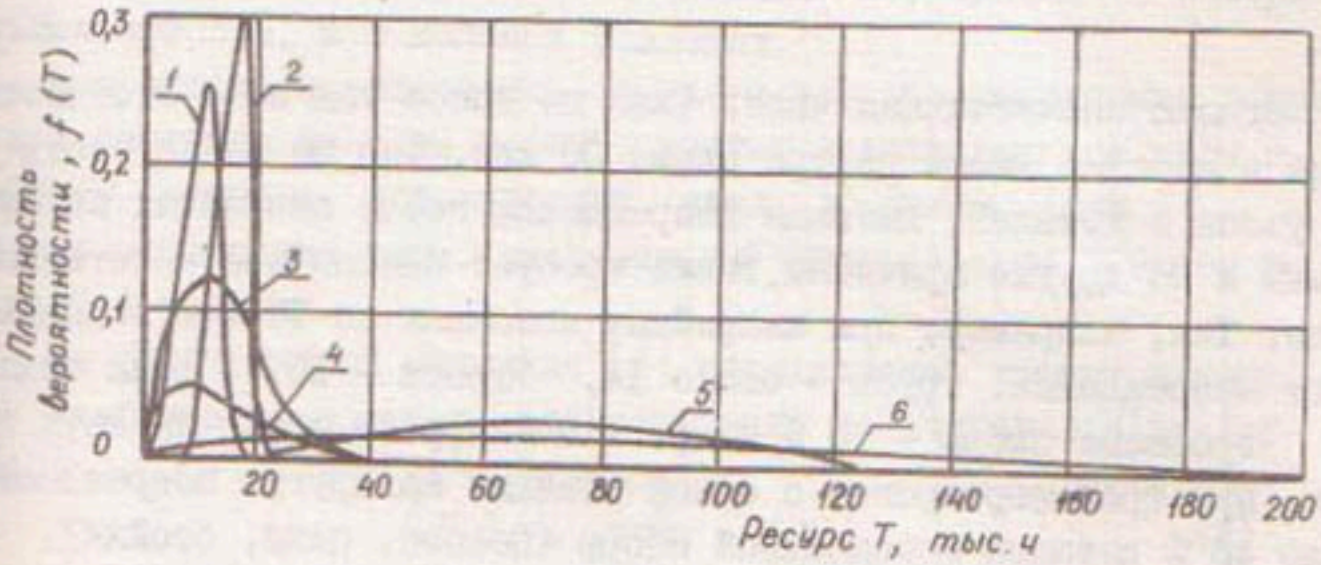


Рис.3. Функции плотности вероятности теоретических законов распределения ресурсов узлов и деталей ДМ "Фрегат": I - узлы и детали с ресурсом до I0 тыс.ч; 2 - узлы и детали с ресурсом от I0 до 20 тыс.ч; 3 - крепежные изделия; 4 - прочие стандартные изделия; 5 - шайбы; 6 - узлы и детали с ресурсом свыше 20 тыс.ч

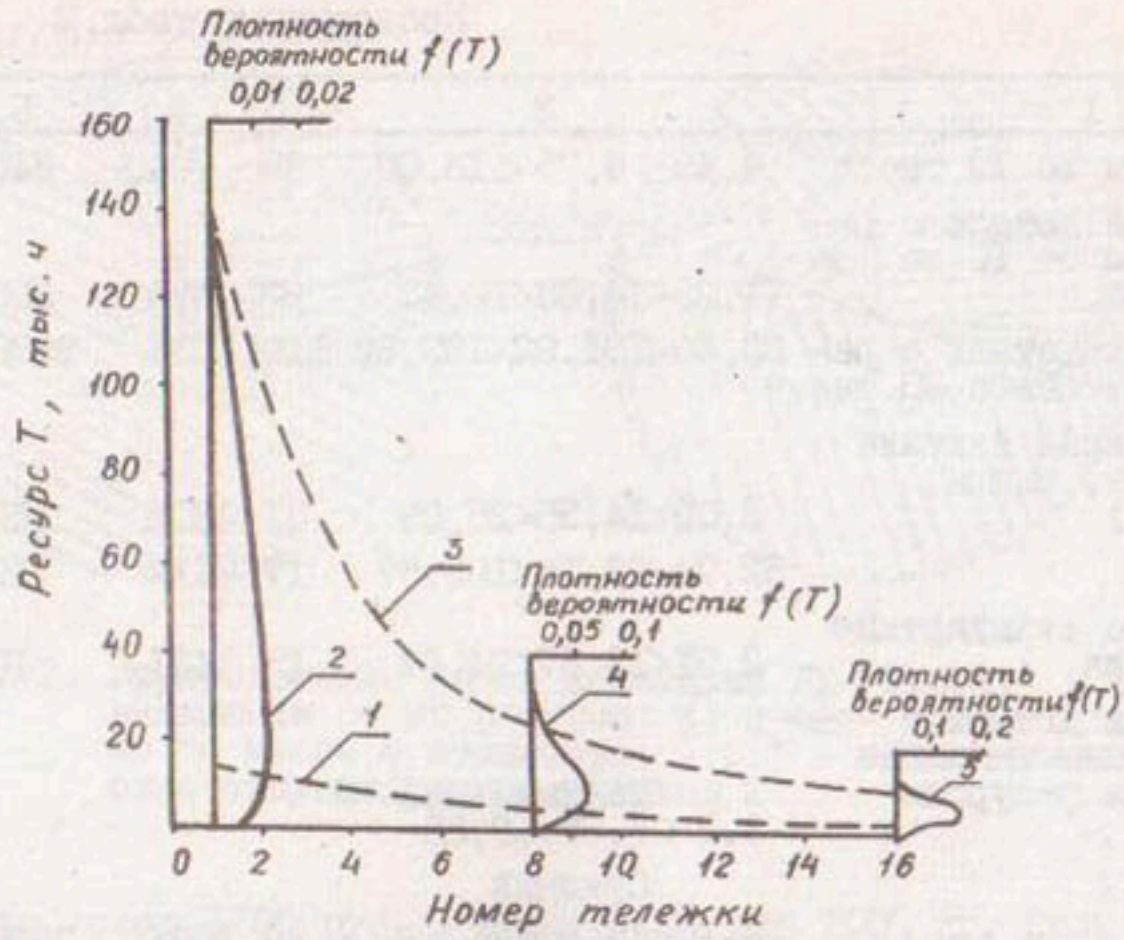


Рис.4. Распределение переменных по длине машины ресурсов: I,3 – нижняя и верхняя границы рассеивания ресурсов (α =0,8); 2, 4, 5 – функции плотности вероятности теоретических законов распределения ресурсов

Однако значительная часть (как по массе так и по стоимости) узлов и деталей имеет ресурс свыше 20 лет. Тем не менее часть таких узлов и деталей, имеющая повреждения после аварийных поломок машины и по другим причинам, также требует замены при капитальном ремонте. Так, например, при аварийных поломках за IO лет эксплуатации имеют повреждения: трубы – около I4, тросы – IO, рамы тележек – IO, тросовые опоры – I5 % и др. У машин, работающих на двух позициях, при транспортировке с одной позиции на другую повреждается около 40 % деталей неподвижной опоры (полозы, цепи, стойки).

На основании вышеизложенного определен комплект ЗИП для проведения капитального ремонта дождевальных машин "Фрегат", который содержит I23 наименования узлов и деталей ориентировочной стоимостью около 6500 руб. и массой примерно 3600 кг. В дальнейшем по мере уточнения фактического ресурса узлов и деталей, накопления опыта капитальных ремонтов, совершенствования технологии ремонта рекомендуемый комплект ЗИП будет корректироваться.

УДК 631.347.221.21:532

С.С.Савушкин, канд.техн.наук,
С.Б.Хроль, инж.,
Г.М.Некрасова, инж.,
И.А.Бобров, инж.
(ВНИИМиТП)

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ "КОЛОМЕНКА-100"

Водопроводящая система многоопорной дождевальной машины фронтального действия "Коломенка-100" (рис.1) состоит из подсоединительной части, включающей гидрант, колонку, колено, телескопический трубопровод, задвижку с электроприводом, трубопровод с коленом и шаровым соединением, шарнирный двухзвенный трубопровод с соединениями и дождевого пояса, представляющего собой трубопровод (d =177,8x1,9 мм) с шаровыми соединениями и двумя консолями, на котором крепятся дождевальные аппараты типа "Сегнерово колесо". Исследования гидравлических параметров "Коломенки" и ее узлов проводились на специальных стендах, включающих подводящие трубопроводы, бак постоянного уровня, подземный резервуар для воды, насосно-силовое оборудование и измерительные приборы, и в полевых условиях.

В процессе исследований определялись энергетические затраты при прохождении воды через основные водопроводящие узлы и элементы машины: водозаборный узел в целом (рис.1), шаровые соединения ферм, дождевальный аппарат типа "Сегнерово колесо" и насадки.

По общепринятой методике [1] определялись потери напора.

Коэффициент местного сопротивления рассчитывался по формуле

$$\zeta = \Delta H_м \frac{2g}{V^2} , \qquad (1)$$

где $\Delta H_м$ - потери напора в исследуемом узле, м; $V = \frac{Q}{\omega}$ - скорость потока, м/с; Q - расход воды, $м^3/с$; ω - площадь поперечного сечения, по отношению к которому рассчитывается коэффициент местного сопротивления, $м^2$.

В таблице 1 приводятся значения коэффициентов местного сопротивления ζ, полученные по данным исследований, потерь напора ΔH в узлах машины и их процентное соотношение.

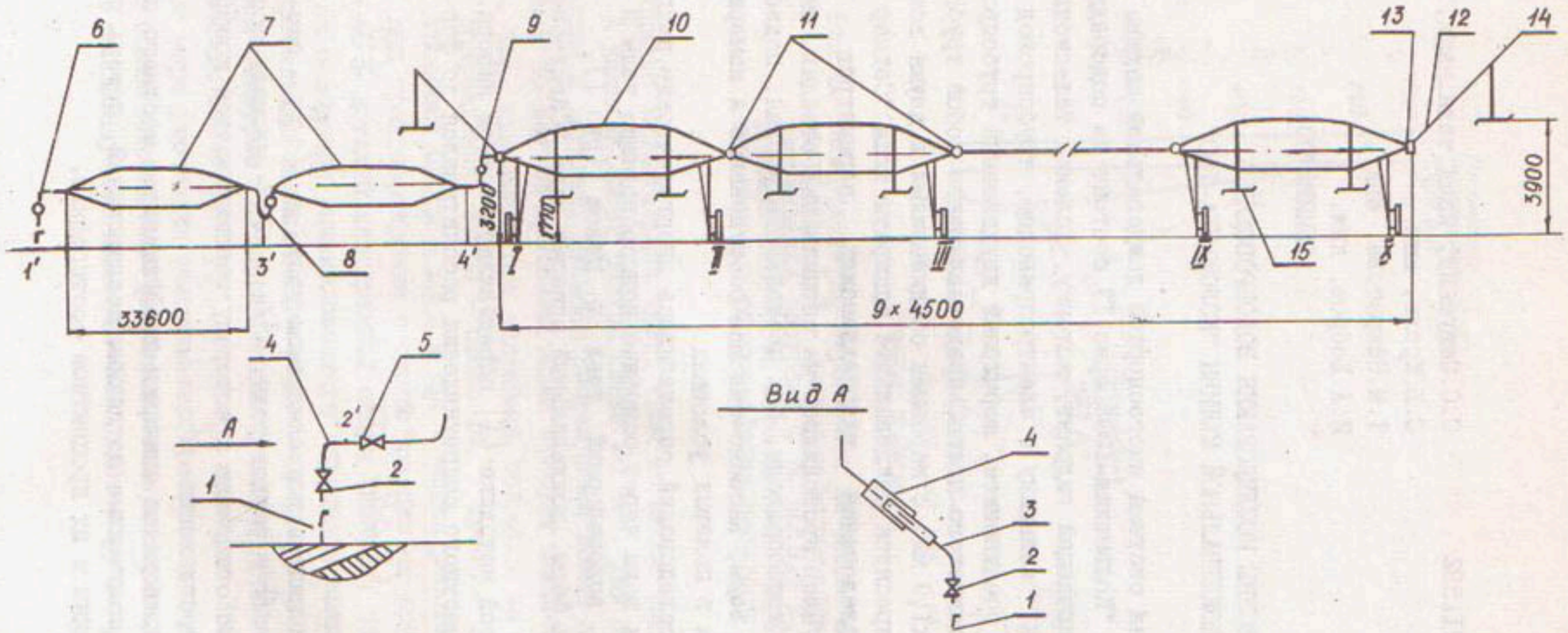


Рис.I. Схема водопроводящей системы ДМ "Коломенка-I00": водозаборный узел (I - гидрант, 2 - колонка, 3 - колено, 4 - телескопический трубопровод, 5 - задвижка); 6 - трубопровод с шаровым соединением; 7 - двухзвенный шарнирный трубопровод; 8, 9 - соединения трубопровода 7; I0 - водопроводящий трубопровод (дождевой пояс); II - шаровые соединения; I2 - консоли; I3, I4 - узлы соединения консолей с I0 и I5; I5 - дождевальные аппараты; I-X - опорно-ходовые тележки; I' - 4' - точки отбора давления

Таблица I

Значения коэффициентов местных сопротивлений и потерь напора в водопроводящих узлах "Коломенки-I00"

Наименование узлов и элементов	ζ	ΔH при Q =I00 л/с	
		м	%
Водозаборный узел в сборе	I2,I3	I0,0	I00
Колонка с гидрантом	8,93	7,4	74
Телескопический трубопровод	I,82	I,5	I5
Шаровое соединение	0,I7	0,I5	I,5
Задвижка d_y =200 мм	0,30	0,I6	I,6
Прочие потери	-	0,80	8,0

По полученным значениям коэффициентов ζ рассчитаны и построены графики зависимости потерь напора от расхода для вышеназванных узлов и элементов (рис.2). Как видно из приведенных данных по распределению потерь напора в исследуемых узлах, гид-

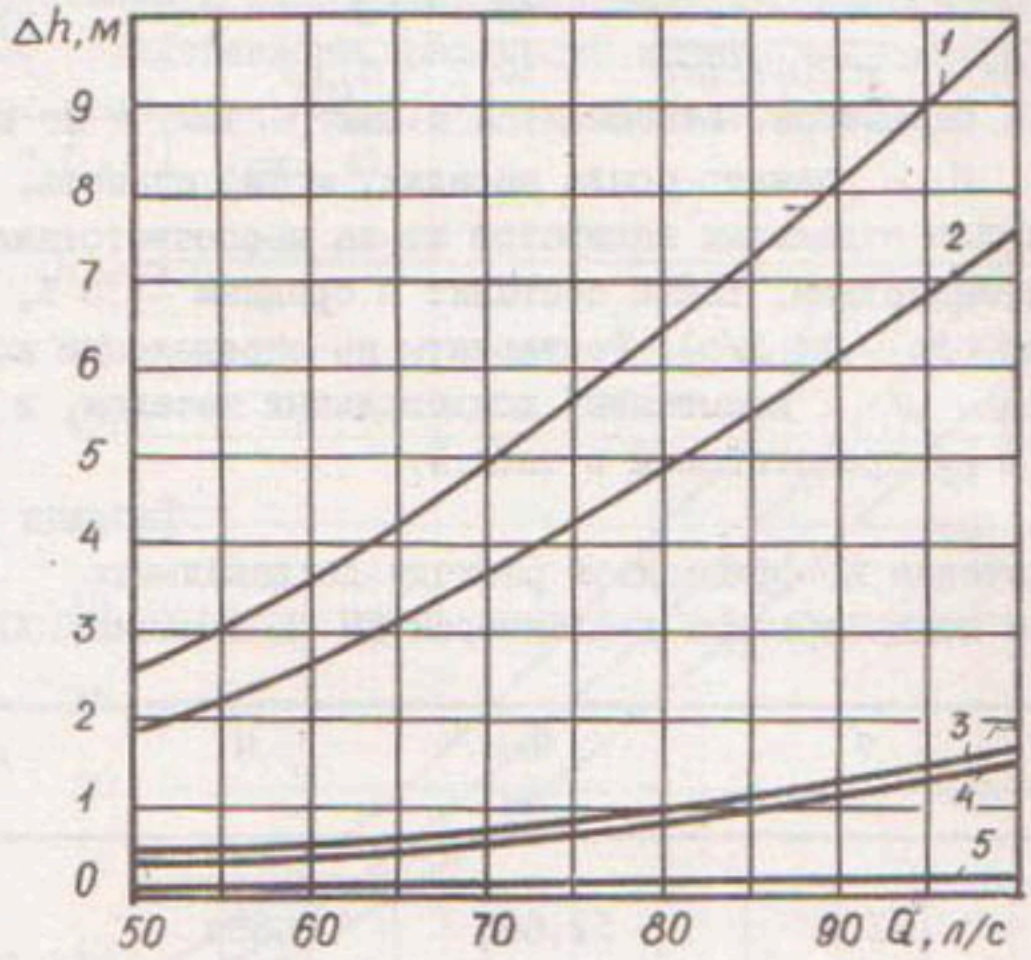


Рис.2. Зависимость потерь напора от расхода в водопроводящих узлах ДМ "Коломенка-I00": I - водозаборное устройство; 2 - колонка с гидрантом; 3 - телескопический трубопровод; 4 - на I0 шаровых соединениях; 5 - задвижка D_y=200

равлически несовершенной является конструкция колонки с гидрантом, на которую приходится 74 % всех затрат энергии (потерь напора) на преодоление сил сопротивления при прохождении потока воды через водозаборный узел в сборе.

Исследования дождевального аппарата включали определение коэффициентов расхода дождевальных насадок, аппарата в целом и коэффициента местного сопротивления [2]. Величина коэффициента расхода μ определялась по формуле

$$\mu = \frac{q}{\omega \sqrt{2gh}} , \qquad (2)$$

где q – расход насадки или аппарата, $м^3/с$; ω – площадь сечения отверстия истечения, $м^2$; H – напор на входе в насадку или аппарат, м.

Замеры диаметров сопл дождевальных аппаратов показали, что отклонения от стандартного размера в среднем составили $\pm$0,7 % (*max* 2,4 %), по площади сечения – $\pm$1,3 % (*max* 4,9 %).

Учитывая соотношение

$$\frac{q}{q_1} = \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2gh}}{\mu \cdot \omega_1 \sqrt{2gh}} = \frac{\omega}{\omega_1} = \left(\frac{d}{d_1}\right)^2 , \qquad (3)$$

где q_1, ω_1, d_1 – параметры, относящиеся к замеренным, а не к стандартным; d – диаметр сопла насадки, можно сказать, что отклонение расходов отдельных аппаратов из-за несоответствия диаметров сопл стандартным, также составит в среднем $\pm$1,3 %, или 0,065 л/с (*max* до 0,24 л/с). Результаты по определению коэффициентов расхода μ, испытанных дождевальных насадок, и средние величины $\mu_{ср}$ представлены в табл.2.

табл.2. Таблица 2

Значения коэффициентов расхода дождевальных насадок с ложкообразным дефлектором ДМ "Коломенка-100"

№ насадки	d, мм	$d_{ср}$, мм	μ	$\mu_{ср}$
2	11,5	11,683	0,894	0,900
7	11,5	11,513	0,907	
17	12,0	11,793	0,861	0,868
20	12,0	12,120	0,876	
31	12,5	12,355	0,889	0,907
37	12,5	12,798	0,925	

Средняя величина коэффициента расхода по всем насадкам $\mu_{ср}$ =0,891, т.е. ниже заложенного в расчете машины μ =0,92, что дает снижение расхода аппаратов на 3 %. На рис.3. приводятся расходно-напорные характеристики насадок, полученные при испытаниях.

Потери напора в дождевальном аппарате и его расходно-напорная характеристика определялись одновременно на специальном стенде.

Коэффициент местного сопротивления дождевального аппарата типа "Сегнерово колесо", рассчитанный по формуле (I), равен I7,08, относится к сечению соединительного гибкого трубопровода, внутренний диаметр которого равен 62 мм.

Коэффициент расхода дождевального аппарата рассчитывался по формуле (2), в которой ω - суммарная площадь выходного сечения двух дождевальных насадок, H - напор на входе воды в узел дождевального аппарата. Среднее значение коэффициента расхода дождевального аппарата составило 0,859.

Результаты исследований дождевального аппарата ДМ "Коломенка-I00" представлены графически в виде зависимостей потерь напора от расхода $\Delta H = f(Q)$ и расходно-напорной характеристики $Q = f(H)$ (рис.4).

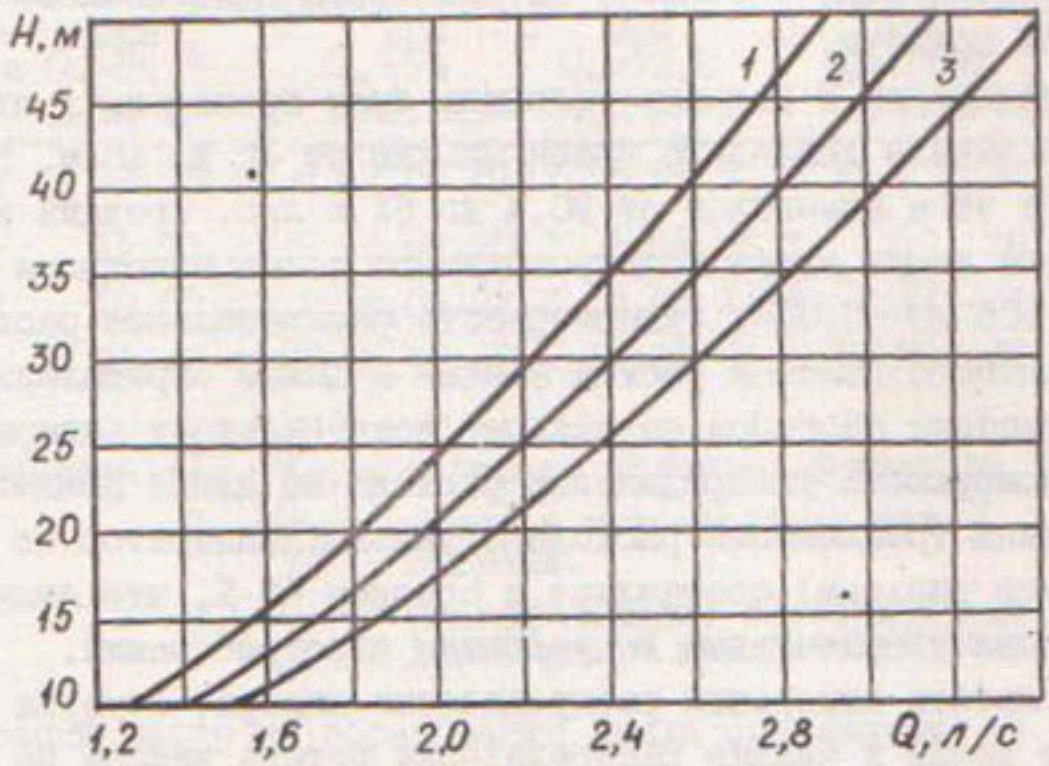


Рис.3. Расходно-напорные характеристики дождевальных насадок ДМ "Коломенка-I00": I - диаметр сопла d =II,5 мм; 2 - d =I2,0 мм; 3 - d =I2,5 мм

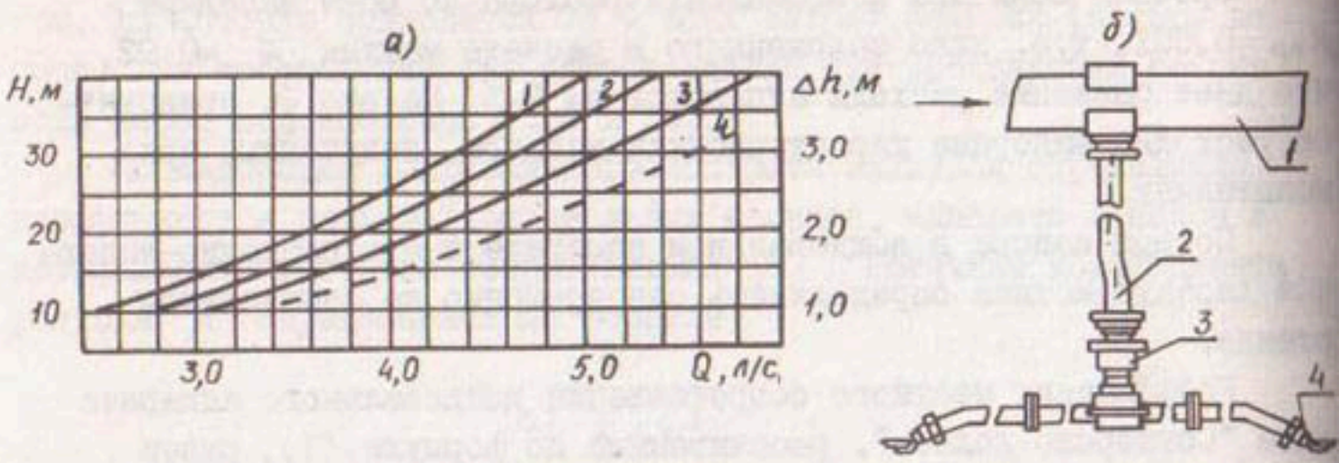


Рис.4. Дождевальный аппарат типа "Сегнерово колесо" ДМ "Коломенка-100": а) зависимость $Q = f(H)$: 1 - d =11,5 мм, 2 - d =12,0 мм, 3 - d =12,5 мм ; 4 - зависимость $\Delta h = f(Q)$; б) - основные узлы: 1 - трубопровод; 2 - резиновотканевый рукав; 3 - поворотный механизм; 4 - насадка

Гидравлические исследования "Коломенки-100" в полевых условиях, в задачу которых входило определение равномерности распределения расхода по дождевому поясу машины, исследование пьезометрической линии и потерь напора по водопроводящему поясу и в отдельных узлах при различных напорах на гидранте, проводились на чистой воде в совхозе им.Димитрова Коломенского района Московской области.

Исследования в полевых условиях были проведены в диапазоне напоров в начале дождевого пояса машины от 32 до 15 м, расход машины при этом изменялся от 90,4 до 61,6 л/с, средний уклон поверхности земли вдоль водопроводящего пояса находился в пределах от 0,005 до 0,008. Равномерность распределения расхода по длине дождевого пояса и расход машины в целом определялись объемно-весовым способом по каждому дождевальному аппарату.

Равномерность распределения расхода по длине дождевого пояса машины (отклонение расхода отдельных аппаратов от величины среднего расхода) составляет в среднем ±6 %, что является вполне удовлетворительным по условиям агротребований.

Результаты измерений распределения напора, отметок поверхности земли и анализ распределения потерь напора по длине водопроводящего пояса машины представлены на рис.5 и в табл.3.

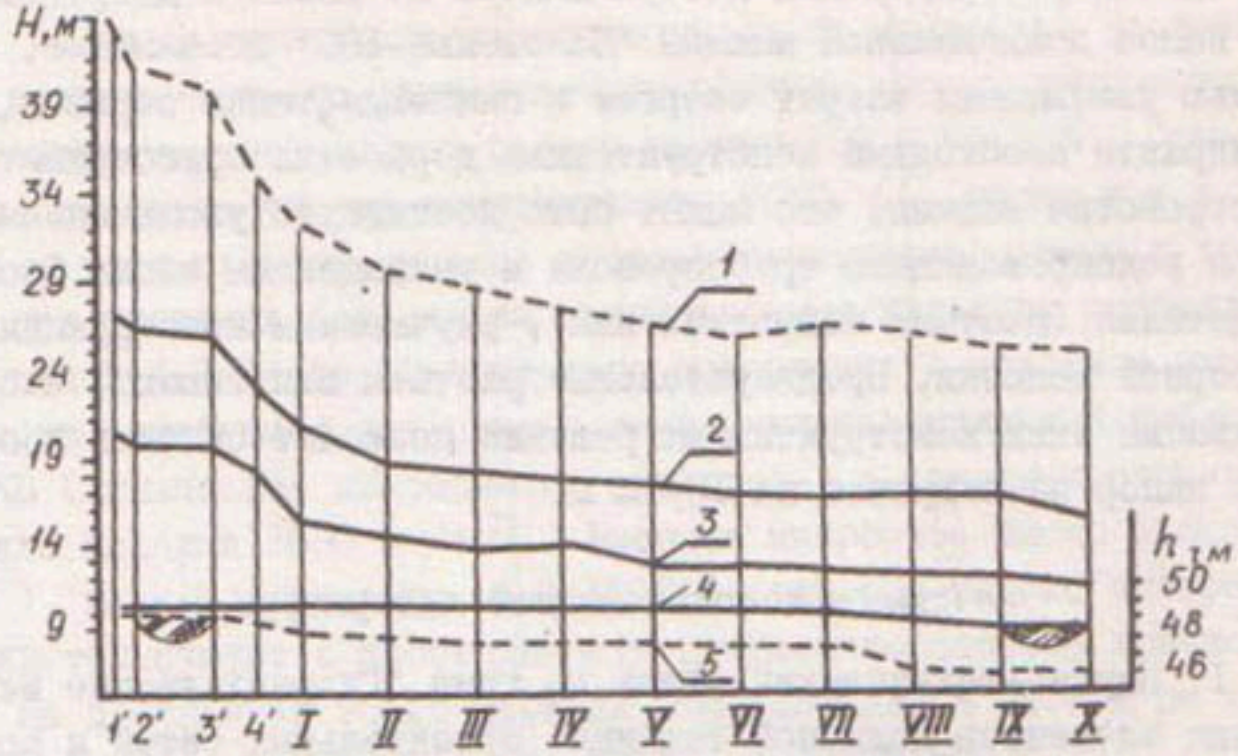


Рис.5. Распределение напора H (I, 2, 3) и отметок поверхности земли h_2 (4, 5) по длине водопроводящего пояса ДМ "Коломенка-I00"

Таблица 3

Распределение потерь напора по длине водопроводящего пояса "Коломенки-I00"

Участок водопроводящего пояса	ΔH при $Q_м$=86,8 л/с, м	%	ΔH при $Q_м$=74 л/с, м	%	ΔH при $Q_м$=72,8 л/с, м	%	ΔH при $Q_м$=7I,6 л/с, м	%	% средний
$H_{кол} - H_X$	22,I5	50,8	I7,05	5I,7	I5,69	5I,3	I5,0I	52,2	5I,25
$H_{кол} - H_I$	I2,77	27,7	8,97	27,2	8,06	26,3	7,89	26,9	27,05
$H_I - H_X$	I0,08	23,I	8,08	24,5	7,63	24,9	7,I2	24,3	24,20
H_X	2I,45	49,2	I5,95	48,3	I4,9I	48,7	I4,29	48,8	48,75

Примечания: I. $H_{кол}$ – напор на колонке, принят за I00 %.
2. $H_{I,X}$ – напор в трубопроводе над I...I0-й опорами.
3. $Q_м$ – расход машины, пересчитанный на нулевой уклон поверхности земли.

Полезный напор на образование дождя составляет ≈ 49 % от напора на колонке, потери напора по водопроводящему поясу машины – 5I % и распределяются таким образом, что 27 % идет на подсоединительное устройство и 24 % на дождевой пояс.

Анализ распределения потерь напора по длине водопроводящего пояса дождевальной машины "Коломенка-100" показывает, что с целью уменьшения затрат энергии и снижения, таким образом, напора на гидранте необходима конструктивная доработка присоединительного устройства машины, что может быть достигнуто увеличением диаметра водопроводящего трубопровода и уменьшением числа фасонных деталей (местных сопротивлений), улучшением конструкции водозаборной колонки. Предварительные расчеты показывают, что реализация этих конструктивных решений позволит снизить необходимый напор на гидранте на 10-12 м.

Список использованной литературы

1. Научно-технический отчет по теме "Гидравлические исследования элементов поливной техники, оросительных сетей и арматуры". ВНИИМиТП, Коломна, 1982.

2. Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.И. Гидравлика. М.-Л., Энергия, 1964.

УДК 631.347.221.21:631.862:61

Передкова Л.И., канд.с.-х. наук
(ВНИИМиТП)

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНЕСЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНОЙ "КОЛОМЕНКА-100"

При внесении животноводческих стоков модернизированной дождевальной техникой для каждого типа машин необходимо установить свою санитарно-защитную зону. Размеры санитарно-зашитных зон зависят от многих факторов: состава стоков, типов дождевальных аппаратов, метеорологических условий и т.д. Согласно нормативным документам, действующим в настоящее время (ОНТП 7-81), санитарно-защитной зоной для дальнеструйных аппаратов следует считать расстояние 200 м, для коротко- и среднеструйных - 100 м. Однако, как показывает практика, предлагаемые зоны не отражают действительность.

В 1982 г. на оросительной системе Бакунинского животноводческого комплекса Московской области проходила государственные испытания дождевальная машина "Коломенка-100", основным назначе-

нием которой является внесение подготовленных животноводческих стоков Стоки Бакунинского животноводческого комплекса за весь период испытания имели слабощелочную реакцию среды, влажность, соответствующую требованиям работы машины (98,9-99,I %). Однако следует отметить, что по концентрации HCO_3, Cl, калия и т.д. (табл.I) стоки следует отнести к сильноконцентрированным и требующим при внесении под сельскохозяйственные культуры разбавления чистой водой в 2-5 раз. Значительно содержание в исходном навозе веществ, требующих для своего окисления молекулярный кислород. Так, ХКП (химическое потребление кислорода) в исходных стоках составило порядка 5550 мг/л O_2. Высокое микробное число стоков (46.10^7), низкий коли-титр ($0,1 \cdot 10^{-17}$), высокий индекс энтерококков свидетельствуют о необходимости почвенного способа доочистки. Однако на протяжении всего периода исследования в стоках не обнаружены патогенные микроорганизмы кишечной группы.

Изучение состояния атмосферного воздуха при внесении животноводческих стоков "Коломенкой-I00" показало, что происходит загрязнение по всем изучаемым показателям (химическому, бактериальному, органолептическому). Так, по концентрации аммиака загрязненным оказалось расстояние в 200 м от машины, где содержание его колебалось в пределах $1,24 \pm 0,17 - 0,47 \pm 0,02$ мг/м^3 (табл.2) и превышало фоновые данные в 4-1,5 раза.

Таблица I

Химический и бактериологический состав стоков крупного рогатого скота Бакунинского животноводческого комплекса

Показатели	Агромелиоративные требования к животноводческим стокам	Место отбора проб	
		из отстойника	из-под ДМ "Коломенка-I00"
I	2	3	4
pH	6-8	8,2	7,9
Влажность, %	96	98,97-99,I	99,64
HCO_3, мг/л	500	3623-4221,0	I732,0
Cl, мг/л	200	512,6-610,0	298,0
SO_4, мг/л	500	I06,9-I74,6	82,3
№ общ., мг/л	250	509-540	204
Азот нитратов, мг/л		Следы	Следы

Продолжение табл. I

I	2	3	4
Азот аммонийный, мг/л	I500	250–339	I08
Фосфор P_2O_5, мг/л	–	8I–270	40
Калий K_2O, мг/л	250	I930–2000	5I3
БПК$_5$, мг/л O_2	2000	I600	I00
ХПК, мг/л O_2	500	5550	I628
Общее бактериальное обсеменение	–	$46,I0^7$	$26 \cdot I0^5$
Коли-титр	–	$0,I \cdot I0^{-I7}$	$0,I \cdot I0^{-9}$
Коли-индекс	–	–	–
Индекс энтероккоков	–	900	940

Следует отметить, что место проведения испытания расположено в 250–300 м от комплекса и в 20–30 м от полевых навозохранилищ. Такое расположение орошаемого участка накладывает отпечаток на интенсивность химического загрязнения воздуха. Так, определение концентрации аммиака в атмосферном воздухе до начала внесения стоков (фон) показало, что содержание NH_3 и в этот момент было высоким и составляло около 0,3I мг/м^3.

Исходя из сложившихся обстоятельств, при определении санитарно-защитной зоны сравнение полученных данных велось не с ПДК, а с фоном. Согласно анализу данных, санитарно-защитной зоной по химическим показателям для машины "Коломенка-I00" следует считать расстояние в 200–250 м.

Из литературы [I] известно, что орошение животноводческими стоками приводит к загрязнению атмосферного воздуха не только аммиаком, но и микроорганизмами. Полученные данные показали, что бактерии (ОМЧ) при внесении животноводческих стоков ДМ "Коломенка-I00" "летят" вместе с капельным аэрозолем на расстояние I50 м (рис.I). На таком же расстоянии обнаруживались и бактерии группы *Coli*. Представители патогенной микрофлоры (энтерококки, мальмонеллы, стрептококки) выявлены не были.

Таким образом, количественное определение бактериальной обсемененности и кишечной палочки в атмосферном воздухе показало, что эпидемически опасной зоной для оцениваемой машины следует считать расстояние в I50–200 м.

Таблица 2

Содержание аммиака в атмосферном воздухе при внесении стоков крупного рогатого скота ДМ "Коломенка-100"

Место отбора проб	Число проб	Число положительных проб, %	Концентрация аммиака, мг/м3			Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость ветра, м/с
			минимальная	максимальная	средняя			
Фон	12	92	0,16	1,18	0,31±0,08	15,8	85	Штиль
50 м от машины	12	100	0,88	1,37	1,24±0,17	14,8	56	3 (при порывах 8)
100 м	12	100	0,56	1,23	0,89±0,07	14,8	56	3(при порывах 8)
200 м	12	100	0,37	0,55	0,47±0,02	13,8	57	3 (при порывах 6)
300 м	12	100	0,11	0,84	0,36±0,06	9,4	63	1,5 (при порывах 5)
400 м	12	92	0,11	0,72	0,35±0,05	9,4	63	1,5 (при порывах 5)
Зона работы оператора при поливе чистой водой	12	92	0,1	5,59	1.08+0,51	14,2	90	2

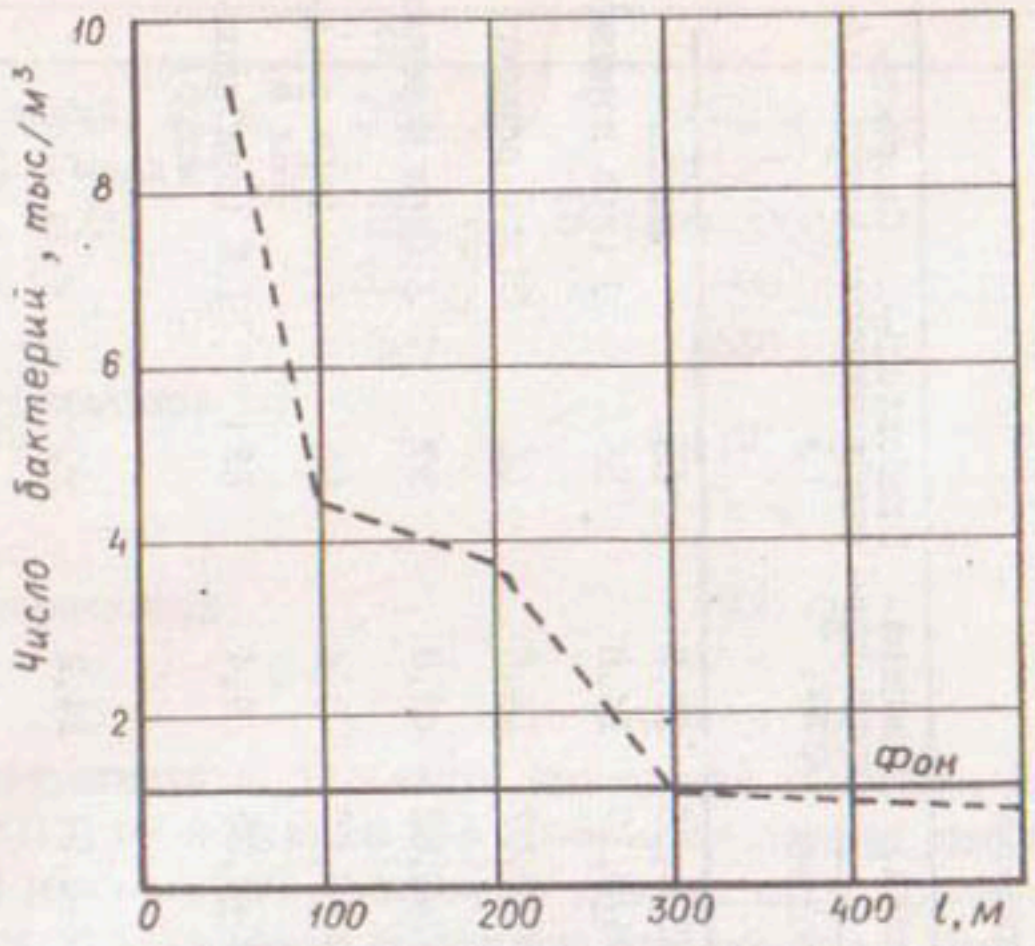


Рис.I. Бактериальное загрязнение атмосферного воздуха при внесении животноводческих стоков КРС ДМ "Коломенка-I00"

Наряду с высокой концентрацией микроорганизмов, жидкий навоз при анаэробном хранении является источником вредных и дурно пахнущих газов (H_2S, NH_3, CO_2 , индол, скатол и т.д.), которые при внесении стоков дождевальными машинами распространяются на значительные расстояния. Исходя из этого, при определении санитарно-защитной зоны для машины "Коломенка-I00" принято во внимание и это обстоятельство.

При этом исходили из гигиенического требования об отсутствии в воздухе посторонних запахов. Установлено, что дальность распространения запаха зависит от скорости ветра и достигает порядка 300-400 м от работающей машины. Однако следует отметить, что на расстоянии 400 м слабый запах выявлялся только при порывах ветра 6-8 м/с. Поэтому зоной проявления устойчивого запаха следует считать расстояние 250-300 м (табл.3)

Обобщая данные химического, бактериологического и органолептического анализа, санитарно-защитной зоной для ДМ "Коломенка-I00" следует считать расстояние 200-300 м.

Таблица 3

Дальность распространения запаха в атмосферном воздухе при орошении стоками крупного рогатого скота "Коломенка-100"

Расстояние от машины, м	Дата определения					
	13.09.			14.09.		
	Метеорологические условия					
	V	*H*	*t*	*V*	*H*	*t*
	3-8	56	14,8	3-6	57	13,8
50		+ + +			+ + +	
100		+ + +			+ + +	
200		+ +			+ +	
300		+ +			+	
400		+			-	
500		-			-	

Примечание. *V* - скорость ветра, м/с; *H* - относительная влажность, %; *t* - температура воздуха, °С; + + + - сильный запах; + + - средний запах; + - слабый запах.

На основании вышеизложенного можно сделать выводы:

1. Стоки комплекса, на которых проходила испытания ДМ "Коломенка-100", по бактериальным показателям соответствуют санитарным требованиям, (отсутствие патогенных микроорганизмов и жизнеспособных яиц гельминтов). По химическому составу стоки представляют очень концентрированную массу, и поэтому требующую при орошении сильного разбавления (в 2-5 раз) чистой водой.

2. При внесении животноводческих стоков "Коломенка-100" установлено, что происходит загрязнение атмосферного воздуха аммиаком, бактериями и по органолептическим показателям (запаху). Поэтому во избежание загрязнения воздуха населенных мест санитарно-защитной зоной для данной машины следует считать расстояние 200-300 м. Насаждение лесозащитных полос, по-видимому, сократит рекомендуемый санитарно-защитный разрыв.

3. Вследствие небольшой санитарно-защитной зоны по сравнению с другими машинами такого же назначения "Коломенка-100" может быть рекомендована к эксплуатации на животноводческих стоках в густонаселенной местности, какой является Европейская часть СССР.

УДК 631.347.312

Л.К.Козлова, инж.,
А.И.Козлов, канд.техн.наук
(ВНИИМиТП)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОЖДЕВАЛЬНОГО АППАРАТА "РОСА-3"

В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом широкое применение нашли среднеструйные дождевальные аппараты с реактивными лопатками, выполняющие функцию распыла струи и привода дождевального аппарата.

Самыми распространенными отечественными аппаратами этой группы, которыми укомплектовываются многоопорные дождевальные машины "Днепр", вновь создаваемая широкозахватная машина "Ока", стационарные дождевальные системы, комплекты ирригационного оборудования являются дождевальные аппараты "Роса-3".

Практика эксплуатации выявила недостаточную стабильность поворота ствола серийно выпускаемых дождевальных аппаратов "Роса-3", что отрицательно сказывается на качестве распределения дождя. Конструкция дождевального аппарата нуждается в улучшении. Необходимость совершенствования аппарата подтверждается включением этапа его модернизации в Систему машин.

В настоящее время работы по совершенствованию дождевального аппарата "Роса-3" в направлении использования как для полива чистой водой, так и подготовленными животноводческими стоками осуществляют ВЭЗОТ, ВНПО "Радуга", ВИСХОМ, ГСКБ ХКЗ.

Разработаны и опробованы несколько вариантов дождевальных аппаратов типа "Роса-3". Первый вариант дождевального аппарата предназначен для шланговых машин. Улучшение конструкции направлено на увеличение дальности полета струи. Ствол выполнен удлиненным. Основное и вспомогательные сопла направлены под углом 30° к горизонту. Верхнее сопло повернуто к основному на 3°. Ось вращения коромысла приближена к оси поворота ствола. Уплотнительные шайбы поджаты пружиной.

Второй вариант дождевального аппарата предназначен для фронтальных машин позиционного действия. Улучшение его конструкции направлено на обеспечение высокого коэффициента эффективного полива и равномерности вращения. Расположение сопл и коромысла выполнено так же, как и в первом варианте. Нижнее сопло заглушено, сделано новое сопло дефлекторного типа на корпусе аппарата. Уплотнитель-

ные шайбы поджаты пружиной.

Третий вариант дождевального аппарата кругового и секторного действия с углом наклона ствола 6^{o}, заглушенным третьим соплом, установленным на корпусе соплом дефлекторного типа и поджатыми пружиной уплотнительными шайбами предназначен для работы при ветре.

Опробованы варианты дождевальных аппаратов "Роса-3" с удлиненным и укороченным коромыслами, с различными конструктивными исполнениями уплотнений. Проведены исследования по выявлению сил трения в узле вращения при использовании уплотнительных шайб, выполненных из различных материалов (резины, фторопласта, полиэтилена, бронзы). Эффективным явилось подпружинивание уплотнительных шайб.

Исследования проводились на чистой воде и с введением примесей (рис.I.2). На основании исследований даны рекомендации по совершенствованию дождевального аппарата "Роса-3", которые воплощены в модернизированном аппарате.

Основные узлы модернизированного дождевального аппарата "Роса-3" (рис.I) изготовлены литьем под давлением, что позволило снизить металлоемкость. Масса дождевального аппарата уменьшена на 25 % по сравнению с серийным. Увеличено расстояние между осью поворота ствола и точкой удара коромысла о ствол. Уплотнительные шайбы из фторопласта и резины поджаты пружиной. При испытаниях дождевальный аппарат работал плавно, без остановок. Продолжительность оборота составляла 2-4 мин в зависимости от давления. Раскачки стояка не наблюдалось.

С целью использования на ДКН-80 для полива подготовленными животноводческими стоками дождевальные аппараты "Роса-3" переоборудованы в односопловые: заглушены вспомогательные сопла и увеличена длина лопатки. Доработка таких аппаратов велась в направлении улучшения гидравлики ствола путем создания односоплового корпуса. В дождевальном аппарате "Роса-3СУ" (рис.2) алюминиевый корпус выполнен воедино со стволом, в который вворачивается конусная бронзовая насадка.

В дождевальном аппарате конструкции ГСКБ ХКЗ (рис.3) с целью улучшения равномерности вращения применена V-образная серийная манжета, препятствующая проникновению воды в узел вращения. Введена масляная смазка узла вращения, способствующая плавной работе трущихся частей. Масса дождевального аппарата увеличена по срав-

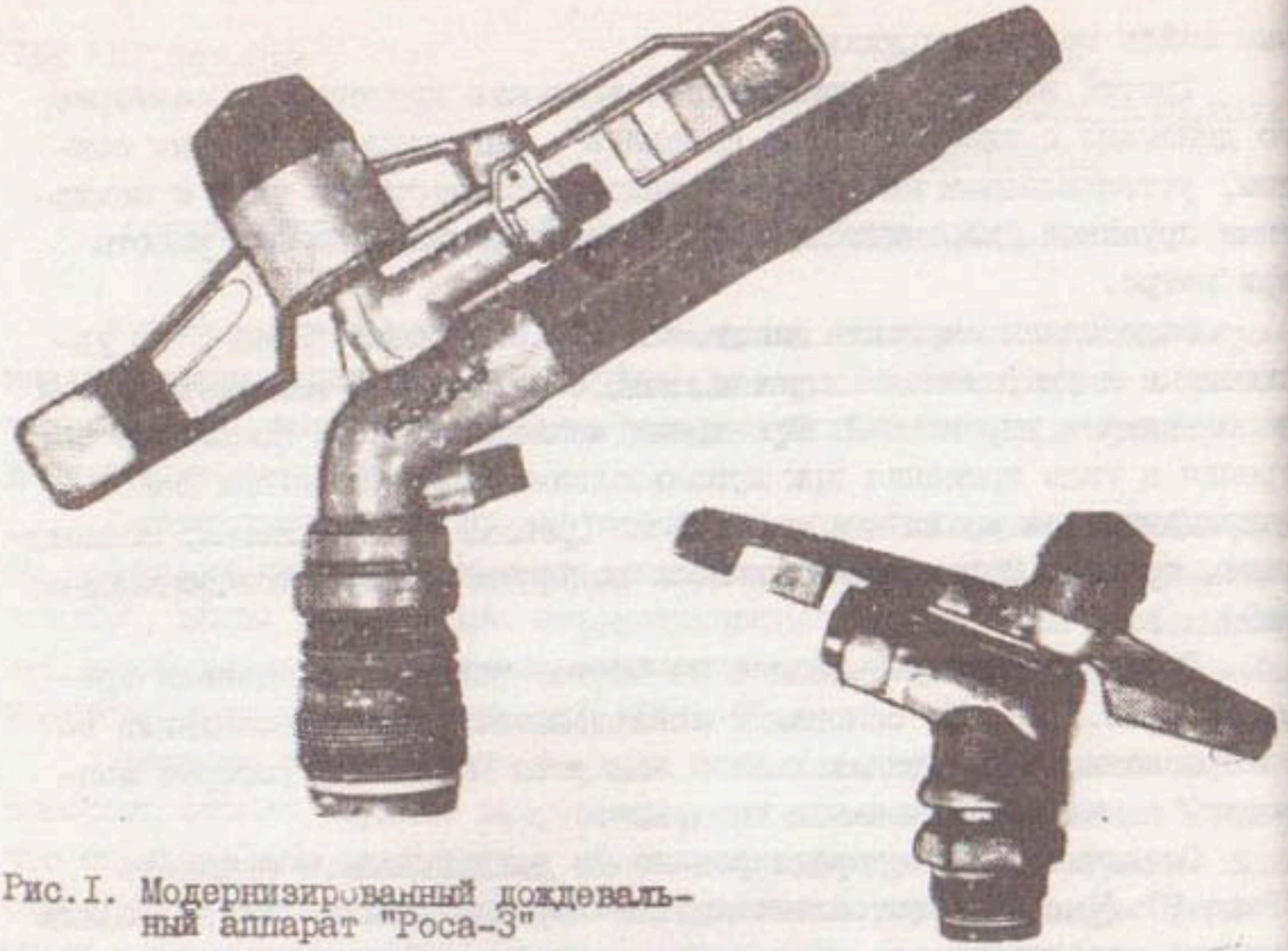


Рис. I. Модернизированный дождевальный аппарат "Роса-3"

Рис 2. Односопловый дождевальный аппарат "Роса-3СУ"



Рис. 3. Дождевальный аппарат "Роса-3" конструкции ГСКБ ХКЗ

нению с вышеназванным модернизированным аппаратом почти в два раза.

Испытания усовершенствованных дождевальных аппаратов "Роса-3" по определению качества дождя проводились согласно методике, разработанной в ВНПО "Радуга", и ОСТу 70.II.I-74 при скорости ветра до I,6 м/с. Обработка опытов проводилась на ЭВМ "Наири-3".

Проведены расчеты распределения интенсивности дождя вдоль радиуса действия сравниваемых аппаратов. Результаты исследований показывают некоторые отличия показателей новых аппаратов от серийного (рис.2,3).

Радиус действия модернизированного аппарата с диаметром основного сопла I4 и I8 мм при давлениях 0,35-0,55 МПа составляет 32-44 мм; дождевального аппарата конструкции ХКЗ - 26-40 м, односоплового дождевального аппарата "Роса-3СУ" с диаметром сопла I4 мм при давлениях 0,25-0,45 МПа - 25-30 м.

Средняя интенсивность дождя модернизированного дождевального аппарата составила 0,08-0,I0 мм/мин, дождевального аппарата конструкции ХКЗ - 0,095-0,I28, односоплового аппарата "Роса-3СУ" - 0,09-0,II мм/мин.

Из рассматриваемого распределения интенсивности дождя вдоль радиуса действия модернизированного дождевального аппарата при давлении 0,45 МПа, скорости ветра 0,3 м/с (рис.4) видно, что эпюра распределения приближается к треугольной.

Проверка равномерности распределения дождя с перекрытием при расстановке аппаратов по углам квадрата ($a = b = I,42\,R$) и равностороннего треугольника (основание $a = I,73\,R$ и высота $b = I,5R$) показывает коэффициенты эффективного полива соответственно 0,69 и 0,82. В перспективе имеется возможность приближения эпюры к идеальной - треугольной - путем изменения в дождевальном аппарате диаметров среднего и малого сопл.

При поливе односопловым дождевальным аппаратом "Роса-3СУ" отмечается закономерность недополива у стояка. Дальнейшая доработка конструкции направлена на решение этого вопроса.

Данные по распределению дождя одиночными дождевальными аппаратами использовались для определения коэффициентов оценки качества дождя различных машин. Коэффициенты эффективного полива при моделировании распределения дождя с перекрытием усовершенствованными дождевальными аппаратами применительно к дождевальным машинам "Днепр", "Ока" и ДКН-80 представлены в табл.I.

Таблица I

Показатели моделирования распределения дождя при работе среднеструйных дождевальных аппаратов на дождевальных машинах

Дождевальный аппарат	Диаметр основного сопла, мм	Скорость ветра, м/с	Давление, МПа	Расход, л/с	Радиус действия по крайним каплям, м	Средний диаметр капель, мм	Моделирование с перекрытием "Днепр"		ДКН-80		"Ока"	
							интенсивн., мм/мин	$K_{эф}$ полива	интенсивн., мм/мин	$K_{эф}$ полива	интенсивн., мм/мин	$K_{эф}$ полива
"Роса-3" серийный (3 сопла)	I4	0,09	0,25	4 3I	27	-	0,36	0,60				
-"-	I4	0,5	0,38	5,I	30	I,42	0,43	0,70				
-"-	I4	0,7	0,45	5,3	30	I,28	0,44	0,66				
"Роса-3СУ" (I сопло)	I4	0,0	0,38	3,9	30	-	0,38	0,65	0,43	0,72		
-"-	I4	0,35	0,45	4,2	30	0,92	0,40	0,74	0,45	0,86		
"Роса-3 ХКЗ (3 сопла)	I4	0,0	0,35	5,08	26	I,03	0,40	0,64				
-"-	I4	I,6	0,35	5,08	30	-	0,39	0,58				
-"-	I4	2,6	0,45	5,7	30	I,27	0,42	0,70				
"Роса-3"модернизированная (3 сопла)	I4	0,2	0,35	5,I8	32	I,4	0,4I	0,72				
-"-	I4	0,8	0,35	5,I8	32	-	0,40	0,77				
-"-	I4	I,65	0,45	5,7	36	I,I3	0,42	0,85			0,37	0,84
-"-	I4	0,3	0,45	5,7	36	-	0,42	0,9			0,36	0,70

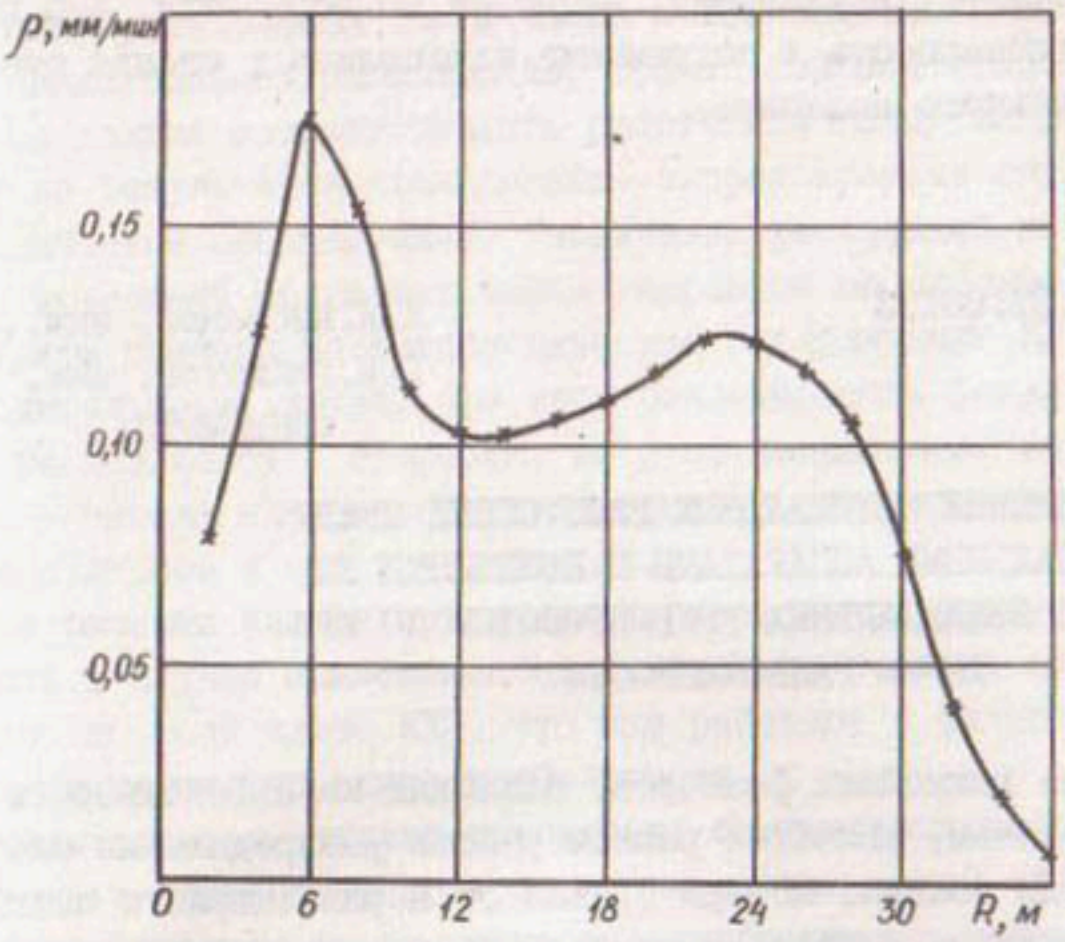


Рис.4. Распределение интенсивности дождя вдоль радиуса действия у модернизированного дождевального аппарата "Роса-3": d_c =I4 мм; H =0,45 МПа; V =0,3 м/с

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

Исследования усовершенствованных дождевальных аппаратов "Роса-3" различных конструкций показали работоспособность образцов и правильность намеченных путей по их улучшению.

Модернизированный дождевальный аппарат показал стабильность вращения, продолжительность его оборота составила 2-4 мин при давлении 0,35-0,55 МПа. При наработке 326 часов двух образцов в испытательном баке не зафиксировано ни одного останова. В дождевальном аппарате конструкции ХКЗ наблюдались остановы.

Металлоемкость модернизированного дождевального аппарата "Роса-3" по сравнению с серийным уменьшена на 25 %, по сравнению с аппаратом конструкции ХКЗ - на 50 %.

Коэффициент эффективного полива при моделировании распределения дождя под модернизированным дождевальным аппаратом на ДМ "Днепр" при скорости ветра 0,2-I,65 м/с и давлении 0,35-0,45 МПа составляет 0,72-0,9.

Диаметры капель дождя усовершенствованных дождевальных аппаратов соответствуют агротехническим требованиям.

Анализ эпюр распределения дождя вдоль радиуса действия исследуемых образцов показывает, несмотря на доработки, еще недостаточную равномерность и сохранение недополива у стояка односоплового дождевального аппарата.

УДК 631.347.31:681.3

А.А.Кистанов, инж.,
Г.И.Ганиатов, инж.
(ВНИИМиТП)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ И ПОЗИЦИЯМИ КОЛЕСНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПО КРИТЕРИЮ РАВНОМЕРНОСТИ

Одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность орошения дождеванием, является равномерность распределения слоя осадков по площади полива. Потери урожая от неравномерного полива прямо пропорциональны коэффициенту неравномерности [I, 2]. При создании новой техники приходится иметь в виду, что, с одной стороны, достижение идеальной равномерности сопряжено с дополнительными капитальными и эксплуатационными затратами, а с другой - ограничено агротехническими требованиями, технологическими особенностями процесса полива конкретным видом техники и природно-хозяйственными условиями.

Сложность выбора оптимальной расстановки дождевальных аппаратов на колесном дождевальном трубопроводе (КДТ) заключается в одновременном учете большого числа факторов, влияющих на равномерность. К их числу относятся конструктивные (тип аппаратов, расстояние между гидрантами, давление на входе в машину и т.д.) и природные (неуправляемые) - скорость и направление ветра относительно оси трубопровода. Решение этой задачи может быть значительно ускорено за счет применения математического моделирования и ЭВМ. Агротехническими требованиями на дождевальные машины устанавливаются нижние границы равномерности полива: коэффициент эффективного полива $K_{эп} \geqslant 0,7$, коэффициент недостаточного полива $K_{нп} \leqslant 0,15$ [3].

Указанные параметры должны обеспечиваться при всех режимах работы и скоростях ветра, при условии, что средняя интенсивность дождя не должна превышать 0,35 мм/мин, т.е. $\rho_{ср} \leqslant 0,35$ мм/мин.

При определении расстояний между аппаратами на КДТ и между гидрантами оросительной сети поиск может производиться только при их прямоугольной расстановке, причем большая сторона прямоугольника должна соответствовать расстоянию между гидрантами. Это следует из результатов исследования затрат времени оператора на технологическое обслуживание. Увеличение расстояний между гидрантами позволяет сократить число гидрантов на оросительной сети, затраты времени на технологическое обслуживание КДТ, повысить производительность труда. При этом равномерность дождя будет зависеть не только от скорости, но и от направления ветра. Наихудшим, в смысле влияния на равномерность, будет направление, перпендикулярное к оси трубопровода.

При решении задачи оптимальной расстановки следует также учитывать в случае применения одинаковых по рабочим параметрам аппаратов по всей длине КДТ, что они работают с различными напорами из-за потерь по длине трубопровода.

Таким образом, задача нахождения оптимальных расстояний между аппаратами и гидрантами состоит в нахождении такой области, в которой соблюдаются агротехнические требования к интенсивности и равномерности распределения дождя при всех сочетаниях факторов, неблагоприятно влияющих на распределение дождя.

Процесс нахождения оптимальных расстояний между аппаратами КДТ и позициями можно укрупненно представить в виде двух этапов:

I. Математическое моделирование распределения слоя осадков при работе совокупности дождевальных аппаратов.

2. Определение области допустимых расстановок, удовлетворявших агротребованиям.

Математическое моделирование позволяет, используя минимальную информацию (результаты экспериментов над одним дождевальным аппаратом), с достаточной надежностью прогнозировать параметры распределения дождя при различных условиях работы машины, не прибегая к выпуску дорогостоящих экспериментальных натурных образцов, что в конечном счете сокращает затраты времени и средств на создание и внедрение новой техники. Разработанные ранее математические модели служили или для обработки результатов испытаний или обладали недостаточными возможностями для моделирования дождя КДТ. В процессе работы над алгоритмами и программами были внесены следующие усовершенствования:

I. Возможность моделирования "тесных" расстановок (до $\frac{R}{2}$), когда на элементарную площадку попадает дождь от I6 аппаратов. Это позволяет реализовать такой путь достижения высокой равномерности, как использование "тесной" расстановки простых и, как следствие, дешевых дождевальных аппаратов.

2. Возможность моделирования изменения направления ветра.

3. Использование равноточной прямоугольной сетки дождемеров, в отличие от применявшейся ранее радиальной сетки.

4. Увеличение объема исходных данных.

Внесен также ряд изменений в алгоритмы интерполяции и построения частотных графиков, позволяющих увеличить скорость счета в 5–I0 раз.

С помощью разработанных для ЭВМ "Наири-3" программ производится суперпозиция слоя дождя от всех аппаратов, дождь от которых попадает на элементарную площадку, заключенную между двумя аппаратами с двух позиций. Оценка равномерности производится в соответствии с ОСТом 70.II.I-74. Вычисляются коэффициенты эффективного, недостаточного полива, частотный график и статистические характеристики распределения слоя осадков. Расчеты характеристик производятся как для наиболее неблагоприятных случаев, так и для работы в нормальных условиях (при номинальном давлении и без ветра). Указанные расчеты проводятся при каждом сочетании a и b (расстояние между аппаратами КДТ и между позициями) для трех случаев: при безветрии, ветер параллельно и перпендикулярно оси трубопровода.

Основные показатели (коэффициент эффективного полива и средняя интенсивность дождя) наносятся на график с координатами a и b. По полученному множеству точек проводятся изолинии (линии с равными $K_{эф}$, $K_{нп}$, $\rho_{ср}$).

На приведенных рисунках не показаны линии $K_{нп} \leqslant 0{,}I5$, так как они дают более широкую область расстановок, т.е. не влияют на окончательное, но уменьшают наглядность. Выше было указано, что для КДТ достаточно исследовать половину квадранта, изображенного на рисунке, т.е. ограничиться областью, заключенной между осью абцисс и прямой $a = b$, вдвое сокращая объем расчетов.

Принимая во внимание, что для распределения дождя безразлично, что принимается за a и b, то вторую половину квадранта можно считать полученной при ветре перпендикулярного направления. Из рис.I и 2 видна правильность этого положения.

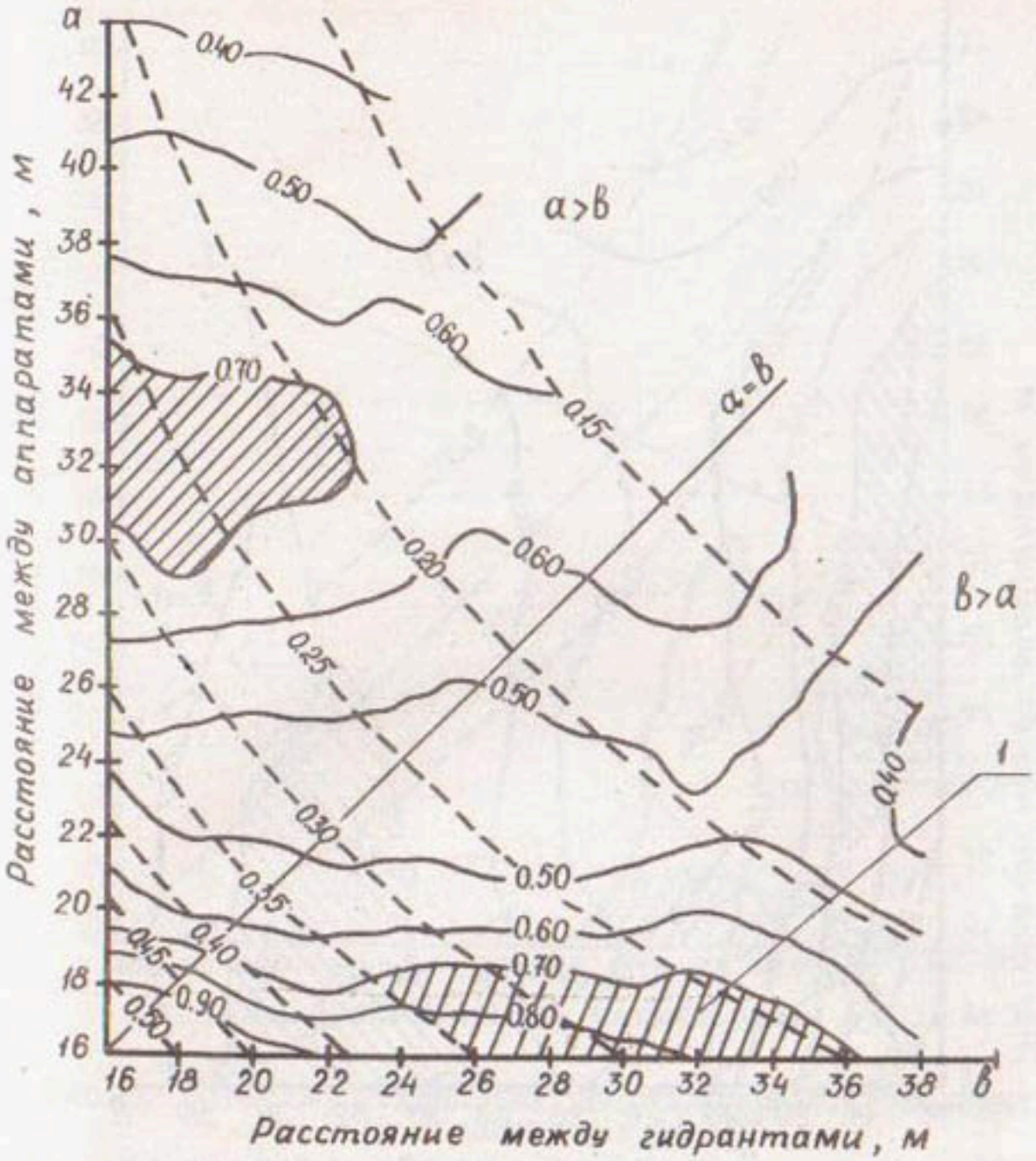


Рис.I. Зависимость средней интенсивности и коэффициента эффективного полива от расстояний между аппаратами и гидрантами: I - область оптимальной расстановки аппаратов; аппарат "Роса-3", H =35 м; Q =4,5 л/с; направление ветра перпендикулярно к оси трубопровода $V_{ср}$ =2,4 м/с; ——— - $K_{эп}$; – – – – - $\rho_{ср}$

Области, ограниченные изолиниями $K_{эп} \geqslant 0{,}7$ и $\rho_{ср} \leqslant 0{,}35$ мм/мин, для данных условий будут определять множество a и b, при которых будут выполняться агротребования к распределению и интенсивности дождя. Искомой (оптимальной) расстановкой будет пересечение областей, в которых выполняются агротребования во всем диапазоне условий работы машины.

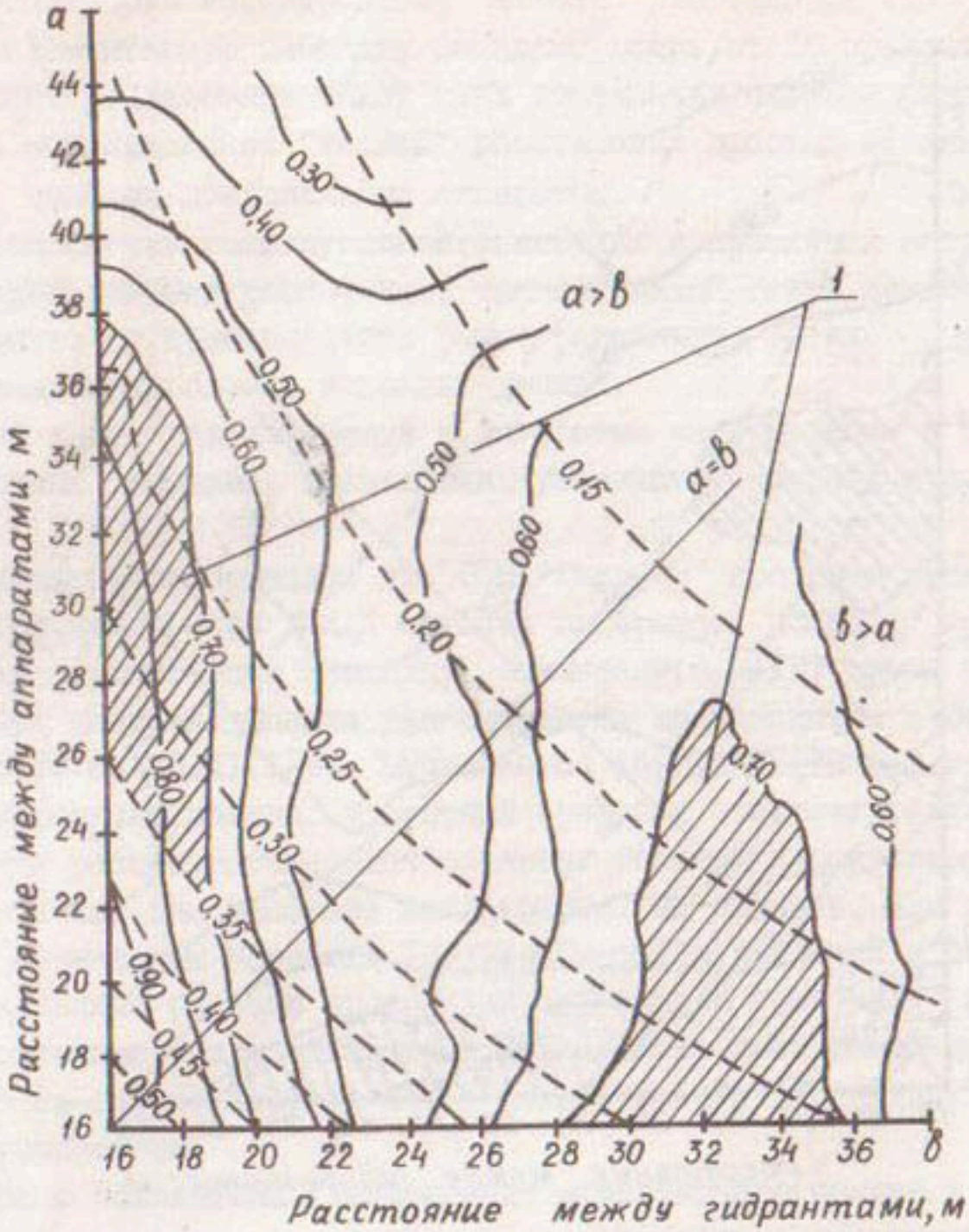


Рис.2. Зависимость средней интенсивности и коэффициента эффективного полива от расстояний между аппаратами и гидрантами: I - область оптимальной расстановки аппаратов; аппарат "Роса-3", H =35 м; Q =4,5 л/с; направление ветра вдоль оси трубопровода; $V_{ср}$=2,4 м/с; ——— - $K_{эп}$; - - - - $\rho_{ср}$

Проиллюстрируем это на примере (рис.I и 2). Оптимальная область может быть получена двояким способом (рис.3):

наложением рис.I на рис.2 (части $b > a$);

сгибанием рис.I или 2 по линии $a=b$ и наложением половин друг на друга.

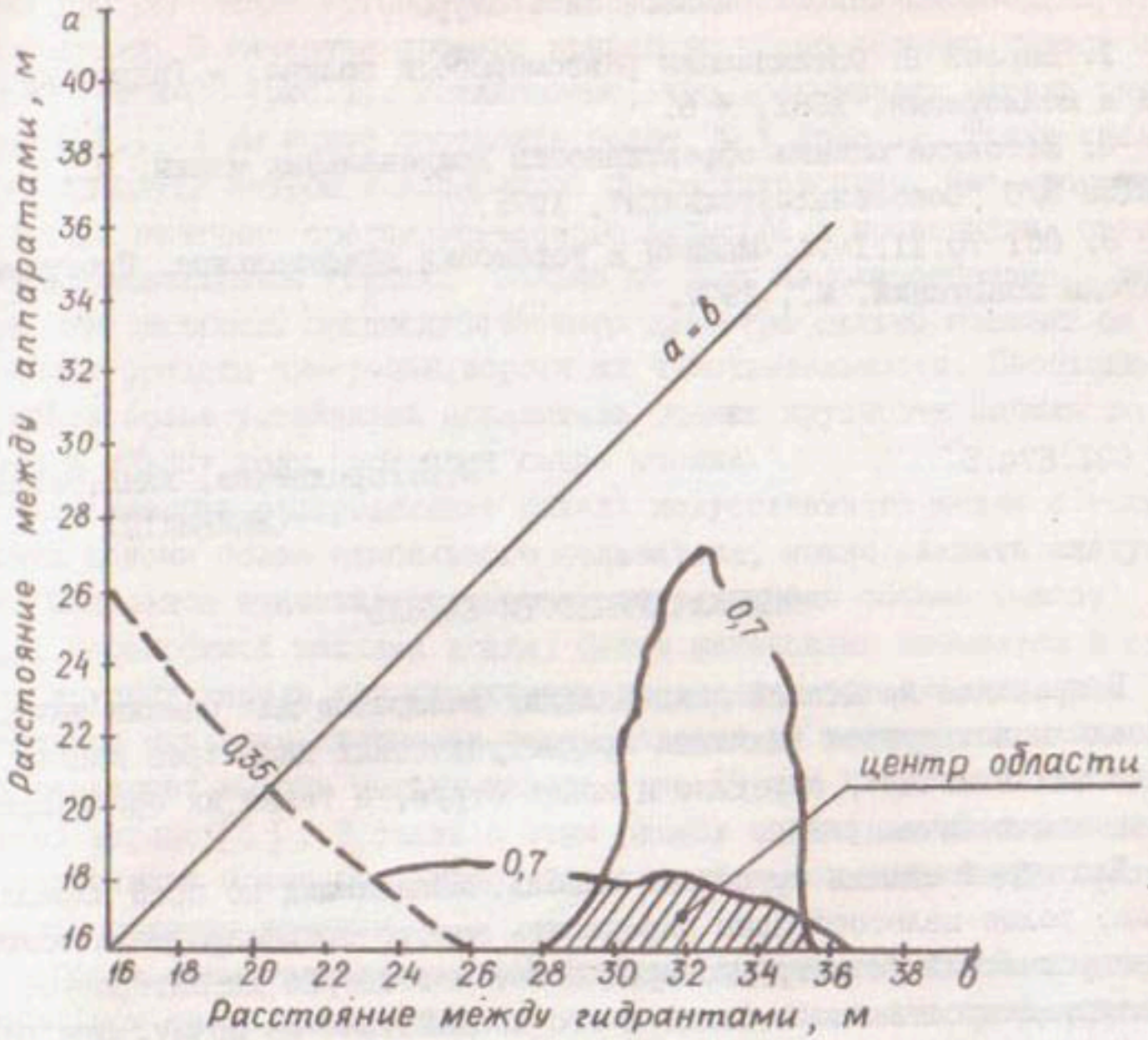


Рис.3. Область оптимальных расстановок дождевальных аппаратов на КДТ

В некоторых случаях такой области может и не быть, это означает, что данный дождевальный аппарат не обеспечит требуемое качество процесса. В этом случае необходимо или уменьшать область применения машины, или заменить дождевальный аппарат более подходящим.

Описанная методика применялась при разработке КДТ "Ока" и показала хорошие сходимости результатов моделирования с экспериментальными данными.

В заключение можно отметить, что применение предложенной методики позволяет повысить обоснованность принимаемых технических решений и ускорить процесс создания новой дождевальной техники.

Список использованной литературы

I. Варлев И. Оптимизация равномерности полива. - Гидротехника и мелиорация, I98I, № 6.

2. Методика оценки эффективности дождевальных машин. М., ЦНИИТЭИ В/О "Союзсельхозтехника", I975.

3. ОСТ 70.II.I-74. Машины и установки дождевальные. Программа и методы испытаний. М., I977.

УДК 63I.674.5

В.И.Городничев, канд.техн.наук
(ВНИИМиТП)

ОЦЕНКА КРУПНОСТИ КАПЕЛЬ

В практике испытаний дождевальных аппаратов для оценки качества дождя используются значения среднекубических диаметров капель, выпадающих в начале, середине и конце струи, а также их среднеарифметическая величина.

Для общей оценки крупности капель, выпадающих по всей площади полива, более целесообразно определять вместо среднеарифметического среднекубический диаметр, который более достоверно характеризует структуру искусственного дождя и его воздействие на почву. При равномерном шаге расстановки дождемеров и точек замера капель его можно вычислить по следующей зависимости:

$$D_к = \sqrt[3]{\frac{\sum_{j=1}^{z} j\,V_j}{\sum_{j=1}^{z} j\,V_j / d_{кj}^3}} = \sqrt[3]{\frac{V_1 + 2V_2 + 3V_3 + \ldots + z\cdot V_z}{\frac{V_1}{d_{к1}^3} + \frac{2V_2}{d_{к2}^3} + \frac{3V_3}{d_{к3}^3} + \cdots + \frac{z\,V_z}{d_{кz}^3}}},$$

где I... j ... z - номера точек замера в зоне дождя вдоль радиуса; V_j - объем воды в дождемере в j -ой зоне; $d_{кj}$ - среднекубический диаметр в j -ой зоне.

Для практических целей важно знать соотношение масс воды, переносимых крупными и мелкими каплями искусственного дождя, которые образуют соответствующие этим массам доли интенсивности дождя и поливной нормы как на элементарных площадках, так и на всей площади полива. Это соотношение может быть определено на основании исследо-

ваний распределения крупности капель дождя, создаваемого аппаратами и насадками. В качестве примера приведено распределение капель аппарата "Роса-3" (рис.I). Установлено, что доля мелких капель размером менее 0,5... I мм может составить более 70 % (рис.I). Такие капли легко сносятся ветром и испаряются более интенсивно. Все это сказывается на величине среднекубического диаметра,и производить оценку работы дождевальной техники только по нему нецелесообразно, тем более что величина среднекубического диаметра сильно зависит от применяемых средств измерения,порога их чувствительности. Необходимо найти более устойчивый показатель оценки крупности капель по массе и объему воды, сохраняя смысл оценки.

Анализируя распределение капель искусственного дождя с точки зрения поиска более стабильного показателя, можно сказать следующее. Модальное значение плотности распределения объема (массы) воды, переносимой каплями дождя, более интенсивно смещается в сторону крупных капель при увеличении расстояния от аппарата, чем модальное значение плотности распределения их количества, которое варьирует в зоне мелких капель (рис.I) или незначительно смещается вправо [I]. В связи с этим размах оценки по объемным характеристикам может быть шире, физический смысл оценки крупности капель остается прежним.

Объем воды мелкодисперсной фракции капель небольшой и мало влияет(при сносе капель ветром, испарении) на вид и коэффициент наклона интегрального распределения объема воды по размеру капель. Оценка по такому распределению будет более стабильна, а следовательно, более достоверна. Коэффициент наклона интегральных распределений по струе аппарата заметно изменяется и уменьшается к ее концу. Поэтому, учитывая вышеуказанные достоинства, дополнительно можно характеризовать крупность капель через интегральное распределение объема дождевой воды, сохраняя физический смысл оценки, увеличивая ее размах, уменьшая влияние колебания мелкодисперсной фракции. Таким показателем может служить медианный по объему диаметр капель d_{05} [I, 2].

Физический смысл его заключается в том, что половина объема (массы) дождя выпадает в виде капель меньшего диаметра, а половина - в виде капель большего диаметра. Математическую связь этого явления можно найти по графику интегрального распределения объема, интенсивности дождя по размеру капель (рис.2)

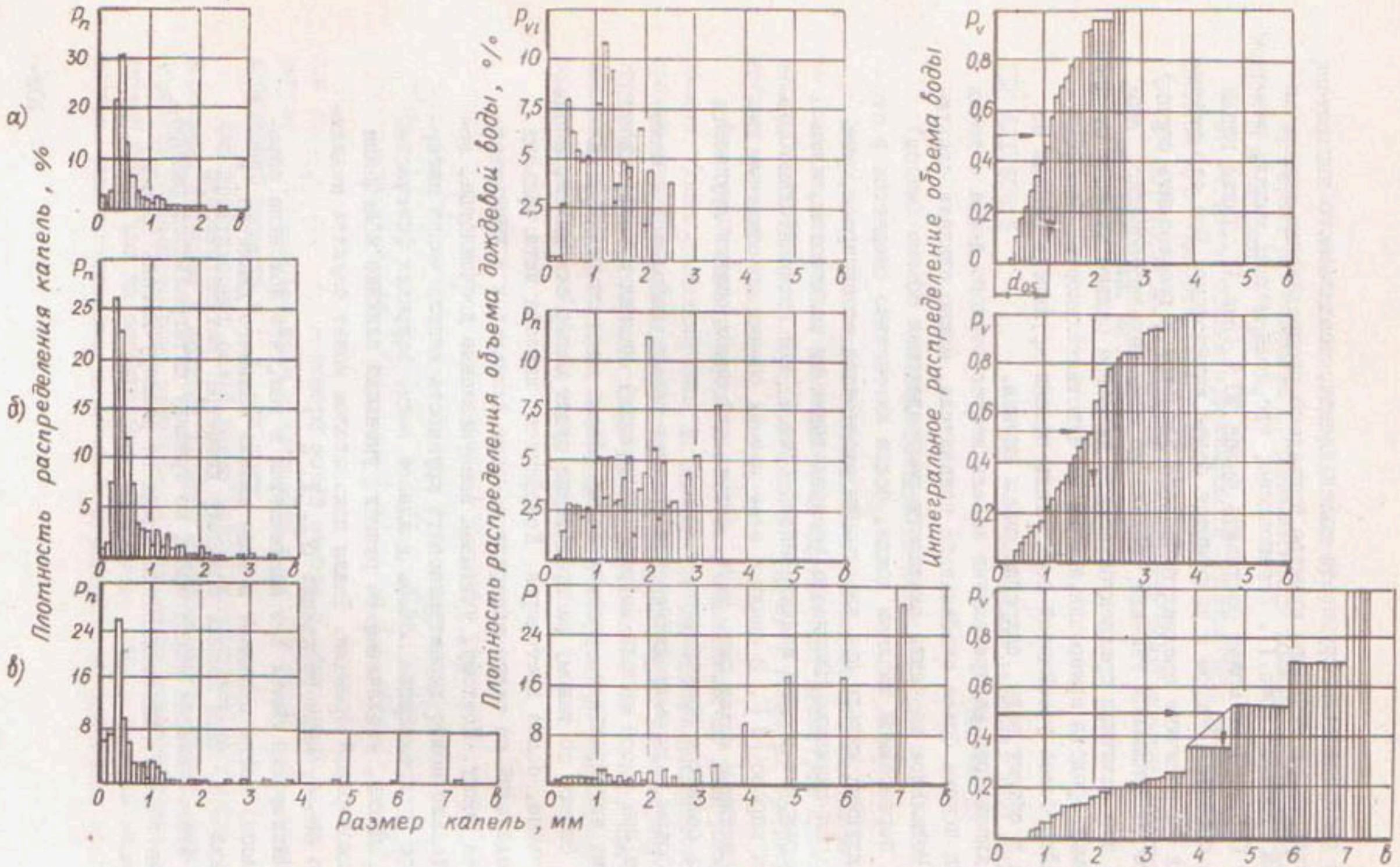


Рис.I. Крупность капель вдоль струи аппарата "Роса-3М" при напоре H =30 м и диаметре сопла d_c =7;I8;7: а) – r_j =6,5 м – расстояние от насадки зоны измерения характеристики дождя; n_j =I039 – число регистрируемых капель в зоне дождя; d_c =0,7I – среднекубический диаметр капель; d_{es} =I,I5 – медианный диаметр капель; б) r_j =20 м; d_c =0,9; d_{es} =I,6; в) r_j =30 м; d_c =I,I; d_{es} =I,9

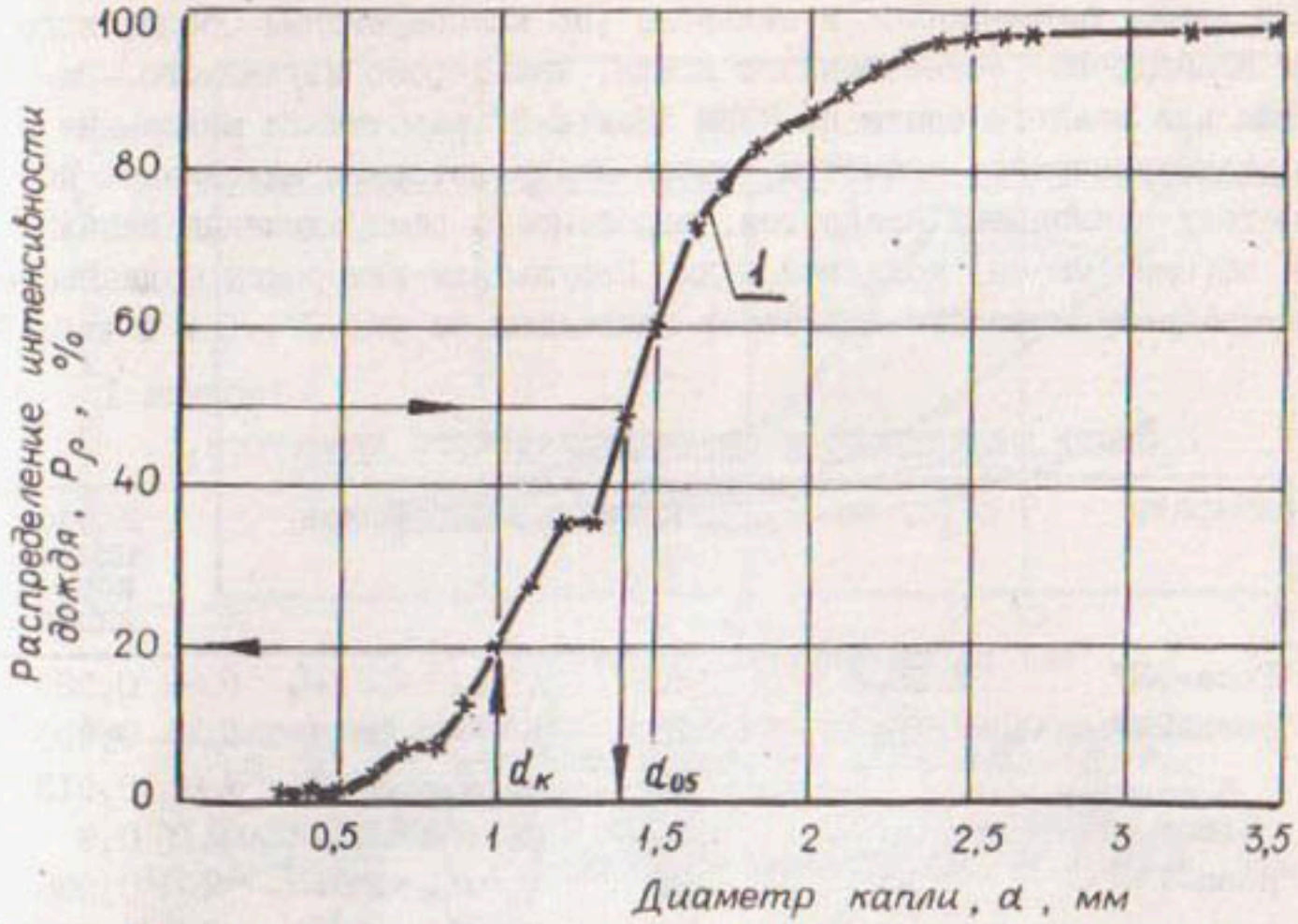


Рис.2. Распределение интенсивности дождя по размеру капель на расстоянии 9 м от пластмассового аппарата конструкции ВНИИГиМ

и выразить следующим образом:

$$\sum_{i=0}^{d_{05}} P_{Vi} = 0,5 \quad ,$$

где P_{Vi} – частость объема дождевой воды по размеру капель.

Для проведения более качественной оценки дождя был изучен характер его изменения, найдена связь медианного и среднекубического диаметров капель, которую можно использовать при определении допустимой нормы полива и расчете рабочих органов. Методика исследования характера изменения медианного диаметра, определения его величины и связи со среднекубическим диаметром следующая. Был разработан алгоритм расчета медианного диаметра, составлена программа, вошедшая как блок в программы математической обработки измерительной информации [3]. С помощью системы "Спектр" провели измерение капель дождя, создаваемого аппаратами и насадками [4]. Измерение проводили при рабочем давлении, когда дождь считается благоприятным, и вдоль радиуса захвата,

где происходит наглядное и качественное изменение структуры дождя. Кроме того, для выбора величины медианного диаметра измерили капли умеренного и сильного (по классификации Оболенского и Никандрова) естественного дождя, как хорошо изученного. Затем для каждого опыта на ПЭВМ "Наири-3" рассчитали медианные и среднекубические диаметры, связь между которыми находилась по методу наименьших квадратов, вероятность распределения капель и объема (массы) дождевой воды. Результаты измерения медианного и среднекубического диаметров приведены на рис.3...6 и в табл.I.

Таблица I

Связь медианного и среднекубического диаметров

Аппараты	d_c, мм	H, м	Связь	Коэффициент корреляции
"Роса-3М"	7.I8.4	60	$y_1 = d_{05} = 2{,}37 d_к - 0{,}54$	0,989
"Роса-2М"	7.7.4	20	$y_2 = d_{05} = 1{,}95 d_к - 0{,}3$	0,995
		35	$y_3 = d_{05} = 3{,}4 d_к - 1{,}11$	0,9I3
		50	$y_4 = d_{05} = 2{,}62 d_к - 0{,}71$	0,9
"Роса-I"	6	35	$y_5 = d_{05} = 2{,}01 d_к - 0{,}52$	0,998
			$y_6 = d_{05} = 1{,}82 d_к - 0{,}4$	0,974
Насадка с ложкообразным дефлектором	6,5	5	$y_7 = d_{05} = 1{,}1 d_к + 0{,}1$	0,998
		7,5	$y_8 = d_{05} = 1{,}18 d_к$	0,998
		I0	$y_9 = d_{05} = 1{,}13 d_к$	0,993

Анализ результатов показывает, что дождевальную технику, крупность капель можно оценивать как по среднекубическому, так и по медианному диаметрам. Характер их изменения у аппаратов, насадок одинаков, физический смысл оценки (по объему) остается прежним. При увеличении давления, уменьшении сопла диаметры капель уменьшаются в одной и той же зоне и увеличиваются при удалении от аппарата, насадки.

Отличие состоит в том, что величина, диапазон изменения медианного диаметра шире. Медианный и среднекубический диаметры линейно взаимосвязаны, коэффициент корреляции равен 0,9 и выше. Используя зависимости Ф.Г.Абрамова, Н.С.Ерхова, Ф.И.Колесника и др., можно выразить допустимую норму полива через медианный диаметр капель. Величина медианного диаметра в I,I...4 раза больше среднекубического (рис.I, 6), т.е. точность оценки выше.

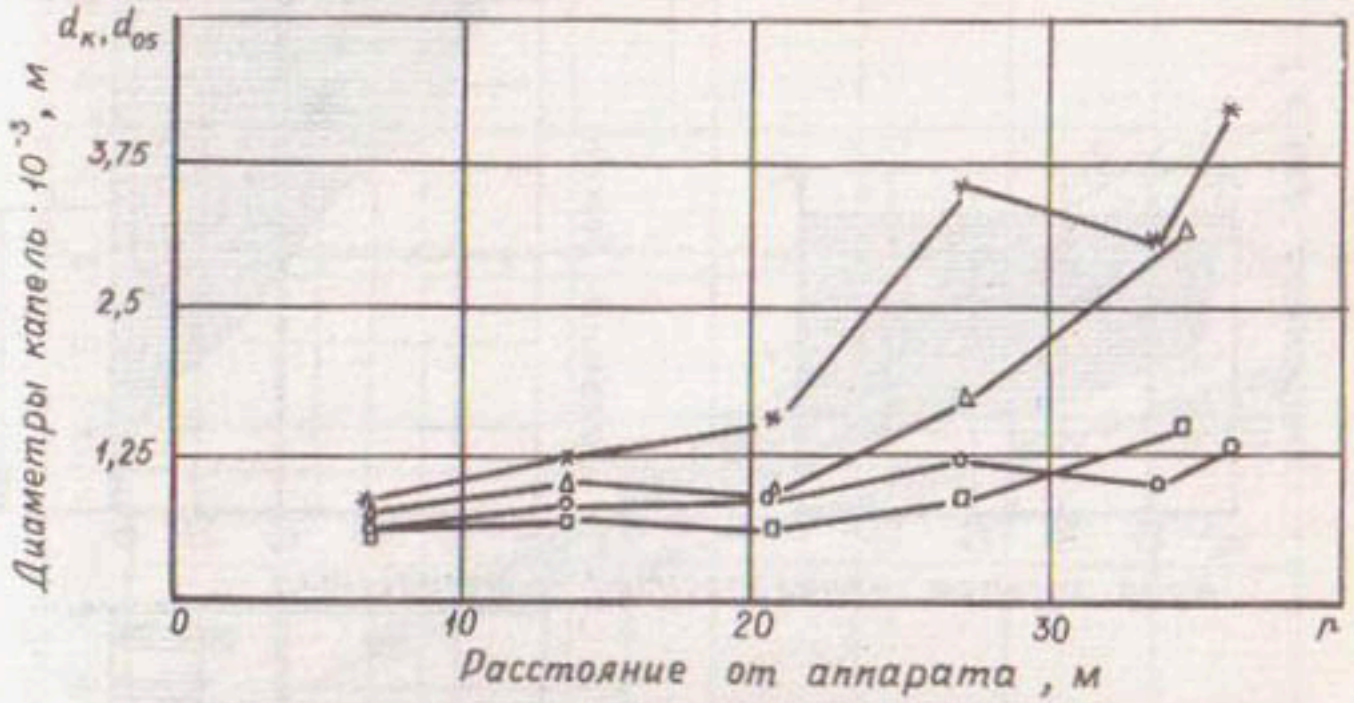


Рис.3. Характер изменения крупности капель аппарата "Роса–3М" при диаметре сопла $d_c = (7;18;4) \cdot 10^{-3}$ м: o – среднекубический диаметр; * – медианный диаметр при H = 45 м; □ – среднекубический диаметр; Δ – медианный диаметр при H = 60 м

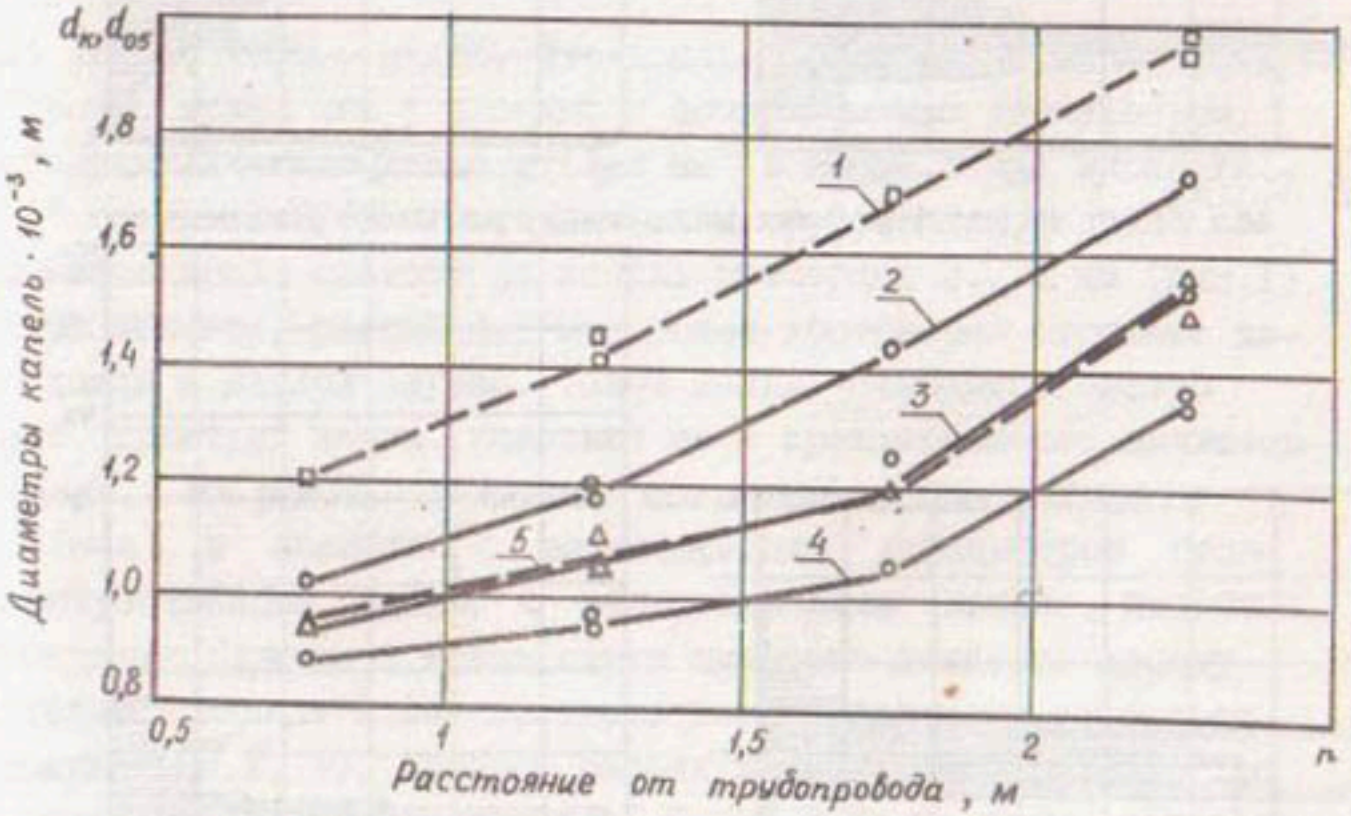


Рис.4. Характер изменения крупности капель насадки с ложкообразным дефлектором при d_c = 6,5 · 10^{-3} м: □, Δ – медианный диаметр капель (1 – H = 5 м; 3 – H = 7,5 м; 5 – H = 10 м); o – среднекубический диаметр капель (2 – H = 5 м; 4 – H = 10 м)

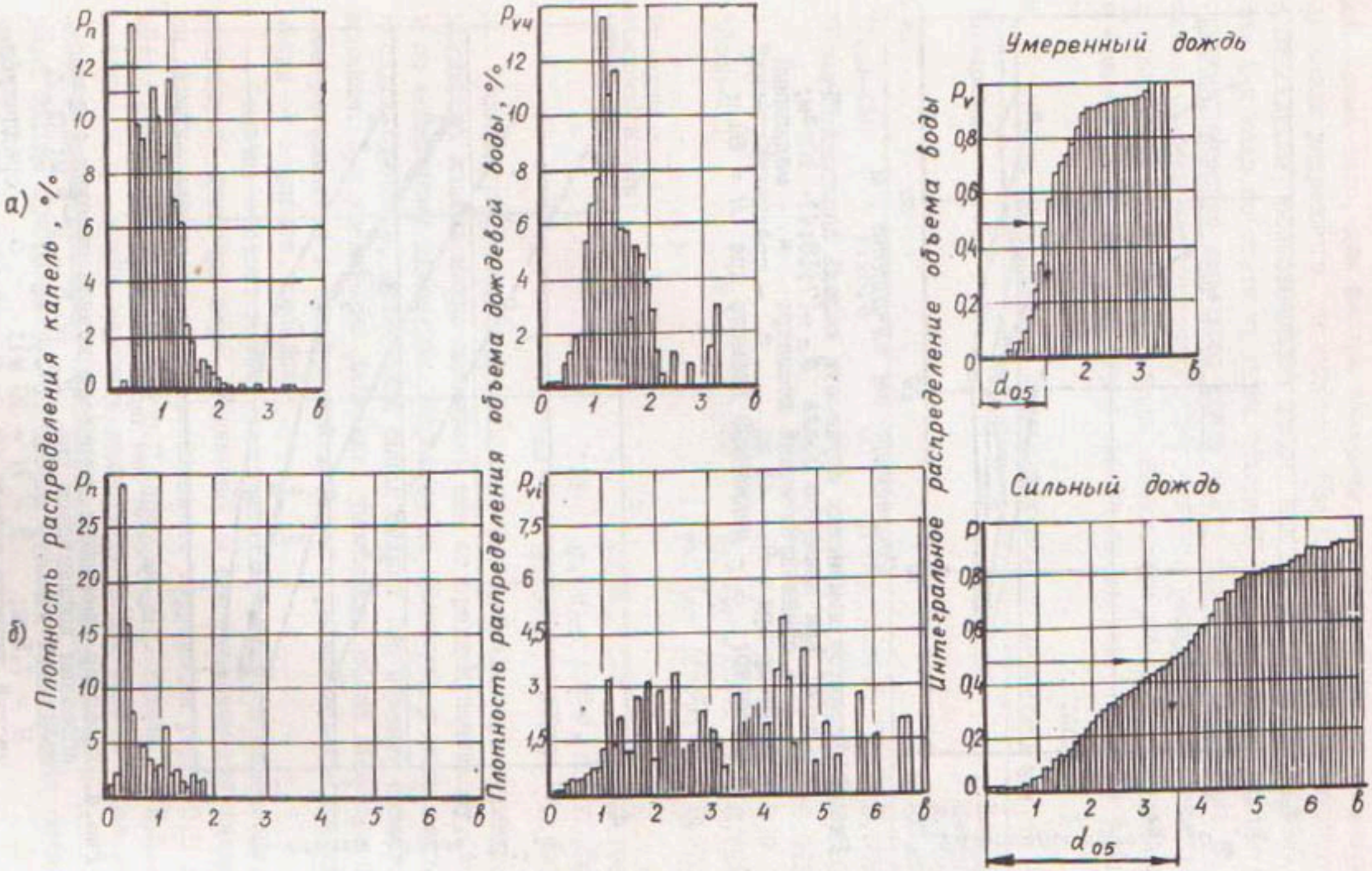


Рис.5. Крупность капель естественных дождей: а) – умеренный дождь (ρ =0,08 мм/мин, $d_к$ =I,09 · I0^{-3} м, d_{05} =I,3I · I0^{-3} м, N =I627 – число регистрируемых капель); б) – сильный дождь (ρ =0,82 мм/мин, $d_к$ =I,46 · I0^{-3} м, d_{05} =3,7 · I0^{-3} м, N =4273)

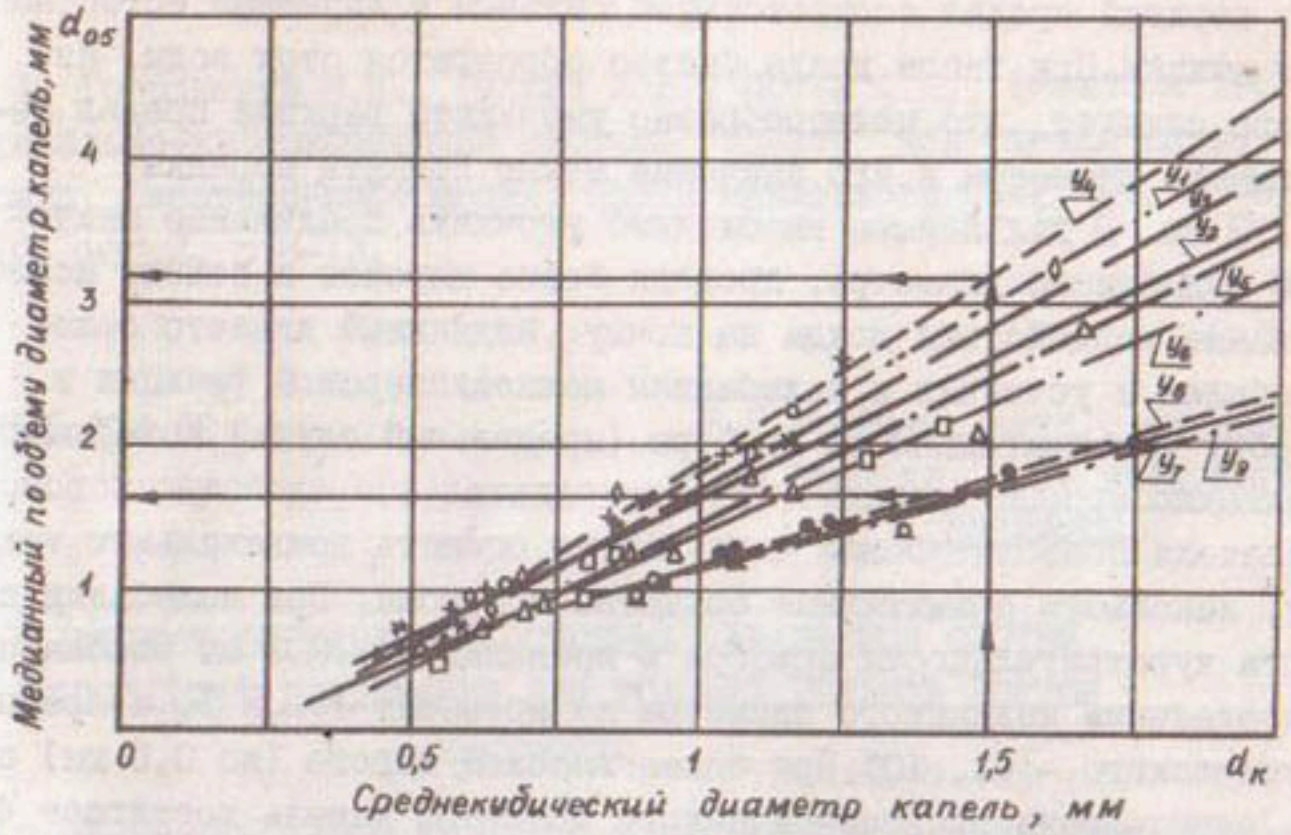


Рис.6. Связь медианного и среднекубического диаметров: y_1(◇) – "Роса-3М"; y_2(*), y_3(○), y_4(+) – "Роса-2М"; y_5(□), y_6(△) – "Роса-I"; y_7(●), y_8(●), y_9(Ω) – насадка; ⟶ – ключ по определению диапазона допустимого медианного диаметра

Из рис.6, табл.I видно, что дождь, создаваемый аппаратами типа "Роса", хуже, чем у насадки с ложкообразным дефлектором. Хотя среднекубический диаметр (I,2 мм) в конце струи аппарата "Роса-3" соответствует агротехническим требованиям, однако основная масса дождя состоит из капель размерами 3...7 мм (рис.I). Медианный диаметр, равный 4,7 мм, более достоверно отражает качество дождя в данном случае. Такой дождь, очевидно, быстро разрушит структуру почвы, уплотнит ее и преждевременно начнется сток воды. Из рис.I...5 видно, что дождевальные аппараты типа "Роса" и насадки с ложкообразным дефлектором создают искусственный дождь с распределением капель, подобным естественному. Причем в конце струи аппарата дождь по своему распределению капель может соответствовать сильному естественному дождю (рис.I, 5). Автором рассчитан медианный диаметр для сильного дождя, который составил 3,7 мм. В то же время,согласно агротребованиям, дождь считается качественным, если среднекубический диаметр не превышает I,5 мм. Этому диаметру соответствует медианный диаметр, равный I,7...4,7 мм (рис.I,6).Однако

его верхний предел соответствует сильным и ливневым естественным дождям. При таком дожде быстро образуется сток воды. Из этого следует, что целесообразно уменьшить верхний предел медианного диаметра и его значение можно принять порядка 2...3 мм. В дальнейшем необходимо уточнить предельное значение медианного диаметра, проведя более широкое и полное исследование воздействия дождя на почву. Медианный диаметр более стабилен и устойчив к колебаниям мелкодисперсной фракции и порогу чувствительности прибора (предельный случай колебания мелкодисперсной фракции). Это дополнительное свойство нового показателя позволит более качественно оценить дождевальную технику, используя примитивные средства контроля. При колебании порога чувствительности прибора в пределах 0...0,3 мм ошибка при определении медианного диаметра не превысит I...2 %, а среднекубического - 6...I0%. При более высоком пороге (до 0,5 мм) ошибка определения среднекубического диаметра капель достигает 40 %, а медианного - всего 3...5 %. Это говорит о достоверности оценки дождевальной техники с помощью нового показателя.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Крупность капель дождя, создаваемого аппаратами и насадками, целесообразно оценивать как среднекубическими (зональными и средними по площади полива), так и медианными (по объему) диаметрами.

Найдена связь медианного и среднекубического диаметров капель, которую можно использовать при расчете конструкции дождевальной техники и выборе допустимой нормы полива. Она линейна, коэффициент регрессии колеблется от I,I у дефлекторных насадок до 3,4 у струйных аппаратов.

Список использованной литературы

I. Городничев В.И., Исаев А.П., Кистанов А.А. О некоторых результатах лабораторно-полевых испытаний системы измерения качества дождя. - В кн.: Новое в технике и технологии полива. М., ВНИИГиМ, I976.

2. Гудзон Н. Охрана почвы и борьба с эрозией. Перевод с англ. М., Колос, I974.

3. Городничев В.И., Оленин Н.Б., Галкин А.В., Исаев А.П. Расчет на ЭВМ линейных размеров и энергетических характеристик

дождя. В кн.: Новое в технике и технологии полива. М., ВНИИГиМ, 1979.

4. Городничев В.И., Галкин А.Б., Исаев А.П., Фетисова Т.В. Измерительно-информационная система "Спектр" для оценки качества дождя. Экспресс-информация. ЦБНТИ Минводхоза СССР. М., 1978, сер.10, вып.2, с.8-13.

УДК 631.674.52

У.Г.Штейман, канд.с.-х.наук,
И.М.Гониади, канд.техн.наук
(ВНИИМиТП)

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ РЕЛЬЕФА ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

В настоящее время импульсное дождевание находит все большее применение в условиях сложного рельефа местности. Оно позволяет поддерживать влажность почвы на определенном уровне и создает благоприятный микроклимат для роста и развития растений. Этот вид дождевания, благодаря интенсивности дождя до 0,6 мм/ч, полностью исключает поливную эрозию почвы, что особенно важно при орошении сельскохозяйственных культур, выращиваемых на горных склонах.

При импульсном дождевании расход воды, подаваемый на участок орошения, максимально рассредоточивается между дождевальными аппаратами системы, что позволяет выполнить трубопроводную сеть системы последнего порядка из труб малого диаметра (15, 20, 25 мм) и снизить затраты на ее строительство в 1,5-3 раза.

Принцип работы систем импульсного дождевания заключается в следующем. Вода малым расходом поступает в емкость импульсных дождевальных аппаратов системы и постепенно накапливается в них. После наполнения всех аппаратов в трубопроводной сети посредством генератора командных импульсов, установленного в голове системы, создается кратковременное понижение давления в сети, благодаря которому происходит срабатывание импульсных дождевателей. Накопленная в пневмогидроаккумуляторах вода через дождевальные насадки в виде дождя выбрасывается на орошаемый участок.

Более подробно с конструкциями систем импульсного дождевания и принципом работы можно ознакомиться в работах [1, 2].

Важным параметром системы импульсного дождевания является период цикла срабатывания системы T . Этот параметр, с одной стороны, определяется потребностью сельскохозяйственных культур в воде, схемой расположения дождевателей, площадью орошения одного дождевателя и другими показателями, т.е.

$$T = \frac{T_p}{24} \frac{(1-\eta) W}{(1+\kappa) q' R^2 \alpha} , \qquad (I)$$

где T_p – время работы системы в сутки, ч; η – коэффициент, равный отношению периода импульса понижения давления к периоду цикла системы; W – объем выплеска импульсного дождевателя; κ – коэффициент, учитывающий потери оросительной воды на снос капель дождя и увлажненного воздуха за пределы орошаемого участка (для участков орошения площадью 10–30 га рекомендуется принимать соответственно равным 0,3–0,2); q' – максимальная ордината гидромодуля; R – радиус действия дождевателя без учета перекрытия дождевальных струй; α – коэффициент, зависящий от схемы расположения дождевателей на участке орошения (при квадратной расстановке равен 2, при треугольной – 2,6).

С другой стороны, период цикла работы системы T определяется конструктивными особенностями технических средств, применяемых на системе и их расходно-напорными характеристиками. Период цикла слагается из периода наполнения системы T_1 и периода импульса понижения давления T_2

$$T = T_1 + T_2 . \qquad (2)$$

Период импульса понижения давления T_2 определяется как

$$T_2 = T_в + \tau_и + \tau_о , \qquad (3)$$

где $T_в$ – соответственный период выплеска импульсного дождевателя; $\tau_и = L / a_и$ – время распространения импульса понижения давления до наиболее "напряженного" по условиям срабатывания импульсного дождевателя (L – расстояние, $a_и$ – скорость распространения импульса); $\tau_о$ – время открытия и закрытия генератора командных импульсов. Обычно L равно расстоянию от генератора до самого отдаленного дождевателя системы. Скорость распространения $a_и$ на системах импульсного дождевания равна примерно 1000 м/с.

Период выплеска импульсного $T_в$ аппарата определяется по формуле

$$T_в = \frac{2W}{\mu \cdot f(\sqrt{H_2} + \sqrt{H_1})\sqrt{2g}} , \qquad (4)$$

где W – объем выплеска импульсного дождевателя, м^3; μ – коэффициент расхода сопла дождевателя;. f – площадь поперечного сечения сопла, м^2.

Обычно W , полагая, что сжатие воздуха в пневмогидроаккумуляторе подчиняется изотермическому закону, определяют по формуле

$$W = H_0 W_0 \frac{H_2 - H_1}{H_1 \cdot H_2} , \qquad (5)$$

где H_0 – напор, соответствующий предварительному давлению в емкости пневмогидроаккумулятора; H_1, H_2 – напоры, соответствующие давлению начала и конца выплеска; W_0 – объем пневмогидроаккумулятора.

Для импульсных дождевателей с разделительной диафрагмой и предварительной подкачкой воздуха $H_0 = H_1$, тогда выражение (5) примет вид

$$W = W_0(1 - H_1/H_2) . \qquad (6)$$

Период наполнения системы T_1 зависит от геометрического объема пневмогидроаккумулятора, начального и конечного давления выплеска, расходно-напорных характеристик насосной станции трубопроводной сети и пневмогидроаккумулятора, числа установленных на системе импульсных дождевателей.

Таким образом, задача сводится к определению периода наполнения системы T_1 .

Выведем уравнения для определения периода наполнения системы. При этом будем иметь в виду, что процесс заполнения системы является медленно изменяющимся во времени и справедливы все расчетные зависимости, характеризующие установившееся течение воды в трубопроводах.

Обратимся к конкретной схеме системы, приведенной на рис.I.

Известно, что расходно-напорная характеристика импульсного дождевателя соответствует зависимости

$$H - H^a = A q^2 , \qquad (7)$$

где H – напор, соответствующий давлению в подводящем трубопроводе перед импульсным дождевателем, м; H^a – напор, соответствующий давлению в пневмогидроаккумуляторе, м; A – коэффициент расходно-напорной характеристики импульсного дождевателя (для дождевателей типа "Коломна-I5" $A=60\cdot10^6$); q – расход пневмогидроаккумулятора, $м^3/с$.

Расходно-напорная характеристика насосной станции также известна и задана в виде зависимости

$$H = H^* - KQ^2 , \qquad (8)$$

где H – напор, соответствующий давлению в насосе; H^*, K – постоянные величины для конкретных марок насоса [3]; Q – расход, подаваемый насосом при напоре H .

Потери напора в трубопроводной сети определяются по известной формуле

$$h_i = B \cdot D_i^{-5,3} Q_i \cdot l_i , \qquad (9)$$

где B – коэффициент, зависящий от шероховатости внутренней поверхности трубы(для стальных труб он равен $I,74\cdot10^{-3}$); D_i – диаметр i –го трубопровода системы, м; Q_i – расход в i –ом трубопроводе, $м^3/с$; l_i – длина i –го трубопровода, м.

Пусть также задано, что поливные трубопроводы на всем своем протяжении имеют постоянный диаметр d , а распределительный трубопровод – D .

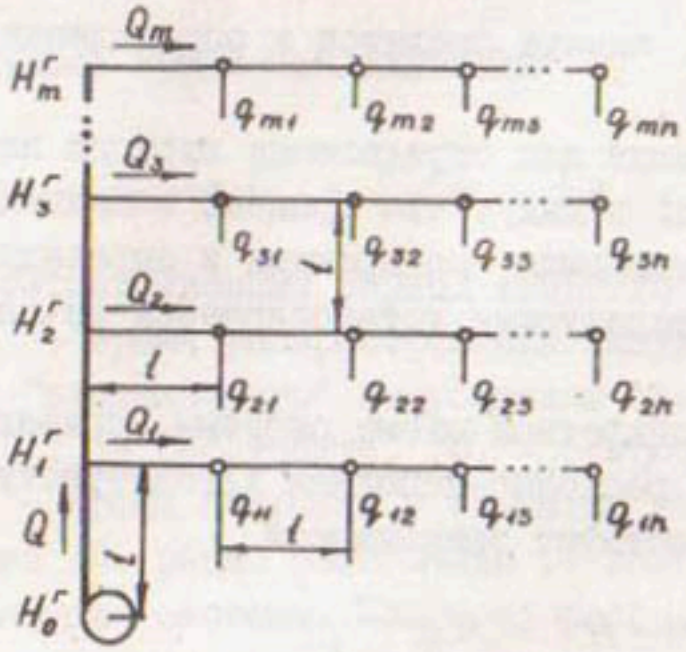


Рис.I. Расчетная схема системы

Расход любого дождевателя системы (рис.I) определяется по формуле

$$q_{ji} = \sqrt{\frac{H_{ji} - H_{ji}^{a}}{A}} , \qquad (10)$$

где H_{ji} – напор в трубопроводе перед ji –м дождевателем системы

$$H_{ji} = H^{*} - KQ^{2} - (H_{j}^{r} - H_{0}^{r}) - S[Q^{2} + (Q - Q_{1})^{2} + \ldots + (Q - \sum_{\alpha=1}^{j-1} Q_{\alpha})^{2}] - S_{1}[Q_{j} + (Q_{j} - q_{j1})^{2} + \ldots + (Q_{j} - \sum_{\beta}^{i-1} q_{j\beta})^{2}];$$

H_{ji}^{a} – напор в пневмогидроаккумуляторе ji –го дождевателя системы;

H_{j}^{r} – геодезическая отметка j –го поливного трубопровода, м;

H_{0}^{r} – геодезическая отметка насосной станции, м; $S = B \cdot D^{-5,3} \cdot l$ – коэффициент расходно-напорной характеристики распределительного трубопровода, $с^{2}/м^{5}$; $S_{1} = B \cdot d^{-5,3} \cdot l$ – коэффициент расходно-напорной характеристики поливного трубопровода, $с^{2}/м^{5}$; l – расстояние между поливными трубопроводами и аппаратами на поливном трубопроводе, м; $j = 1, 2, 3, \ldots, m$; $i = 1, 2, 3, \ldots, n$; m – число поливных трубопроводов на системе; n – число аппаратов на поливном трубопроводе.

Формулу (10) для определения расхода можно представить в виде

$$\begin{cases} H_{ji}^{a} + A q_{ji}^{2} = H^{*} - (K + S) Q^{2} - S(Q - \sum_{\alpha=1}^{j-1} Q_{\alpha})^{2} - (H_{j}^{r} - H_{0}^{r}) - S_{1} Q_{j}^{2}; \\ H_{ji}^{a} + A q_{ji}^{2} = H_{j,i-1}^{a} + A q_{j,i-1} - S_{1}(Q_{j} - \sum_{\beta=1}^{i-1} q_{j\beta})^{2}. \end{cases} \qquad (11)$$

Система уравнений (II) распадается на mn нелинейных уравнений с $2mn + m + 1$ неизвестными.

Недостающие $mn + m + 1$ уравнения для определения q_{ji} следующие

$$Q_{j} = \sum_{i=1}^{n} q_{ji} ; \qquad (12)$$

$$Q = \sum_{j=1}^{m} Q_{j} ; \qquad (13)$$

$$H_{ji}^{a}(t_{\kappa+1}) = \frac{H_{0} W_{0}}{W_{0} - \sum_{\alpha=0}^{\kappa} q_{ji}(t_{\alpha}) \Delta t_{\alpha}} , \qquad (14)$$

где Q_{j} – расход в голове j –го трубопровода системы; $H_{ji}^{a}(t_{\kappa+1})$ – напор, соответствующий давлению в ji –ом пневмогидроаккумуляторе системы в момент времени $t_{\kappa+1}$; $q_{ji}(t_{\alpha})$ – расход в ji –ый пневмогидроаккумулятор в момент времени t_{α}; Δt_{α} – шаг суммирования в

интервале времени ($t_\alpha, t_{\alpha+1}$); α – номер шага суммирования;

κ – число шагов суммирования.

В выражении (I4) шаг суммирования Δt_α может быть переменным. Уравнения (II), (I2), (I3), (I4) совместно со следующими начальными и граничными условиями определяют процесс заполнения системы во времени:

$$H^a_{ji}(0) = H_0 \quad \text{при} \quad t = 0 \; ;$$

$$q_{ji}(t) = 0 \quad \text{при} \quad \begin{cases} H_{ji} \leqslant H_0 \\ H_{ji}(t) \geqslant H_2 . \end{cases} \qquad (I5)$$

При t =0 – начало процесса заполнения. Все импульсные дождеватели системы после очередного выплеска являются порожними и давление в воздушных полостях их аккумуляторов равно давлению предварительной подкачки. Для импульсных дождевателей "Коломна-I5" (рис.2) с объемом выплеска I5 л и геометрическим объемом 36 л это давление равно 0,3 МПа. При напорах $H_{ji} \leqslant H_0$ в подводящем трубопроводе расход в ji –ом импульсном дождевателе системы равен нулю, при напорах $H^a_{ji} \leqslant H_2$ в водной полости пневмогидроаккумулятора подача воды в ji –ый импульсный дождеватель прекращается (разделительная диафрагма упирается о перфорированный свод-ограничитель корпуса пневмогидроаккумулятора).

Уравнения (II), (I2) совместно с условиями (I3) представляют собой замкнутую систему уравнений и определяют процесс заполнения как отдельно взятого импульсного дождевателя, так и системы в целом.

Расчет периода наполнения системы T_1, используя уравнения (II), (I2) и (I3), является весьма громоздким и трудоемким, однако для ЭВМ это является довольно простой задачей.

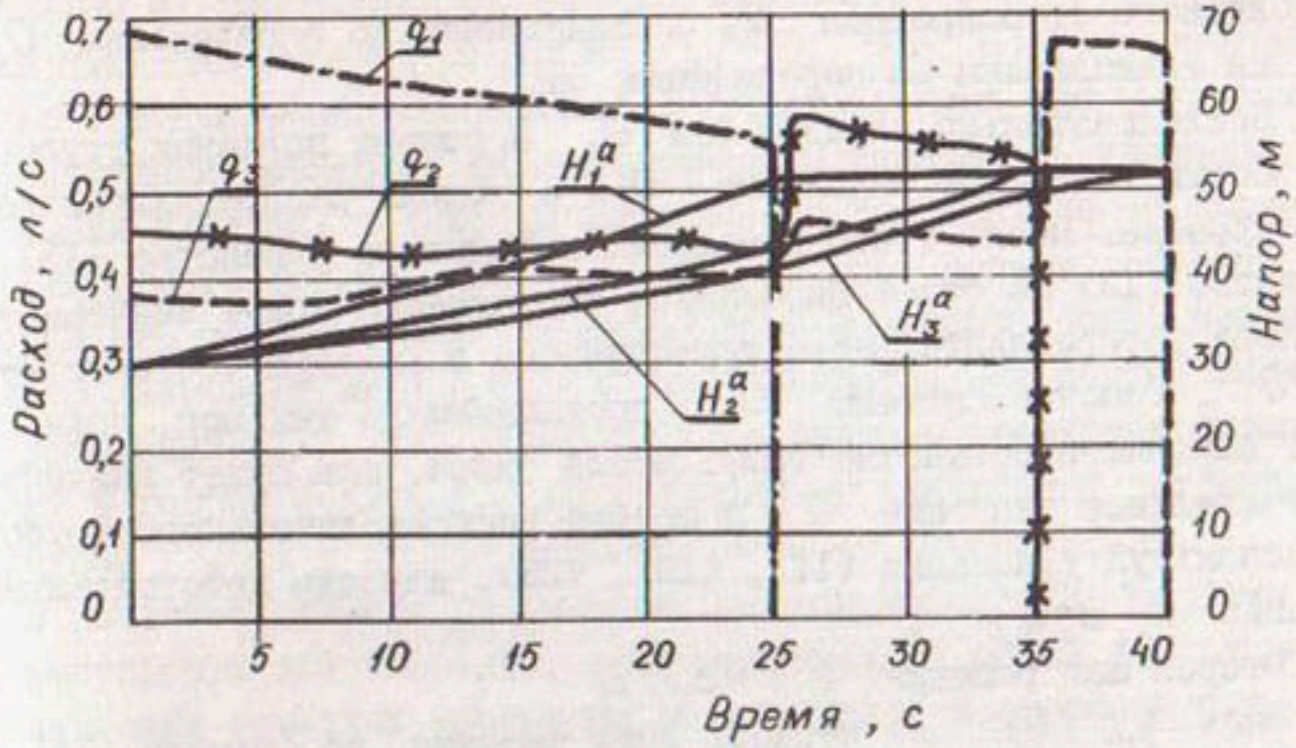
Период наполнения системы T_1 с mn-импульсными аппаратами определяется следующим образом.

Первый шаг решения ($t = 0 \; ; H^a_{ji} = H_0$) .

Задаемся произвольными значениями Q в голове распределительного трубопровода и из I-го уравнения системы (II) определяем $q_{11} = f(Q_1)$.

Задаваясь произвольными значениями Q_1 в голове первого поливного трубопровода, из системы уравнений (II) находим соответствующие значения $q_{11}, q_{12}, q_{13}, \ldots, q_{1n}$. Затем по формуле (I2) проверяем выполнение равенства $q_{11}+q_{12}+q_{13}+\ldots+q_{1n}=Q_1$. Вычисления продолжаем до тех пор, пока не будет выполнено равенство (I2). Найденное, таким образом, будет соответствовать заданному значению Q_1 .

а)



б)

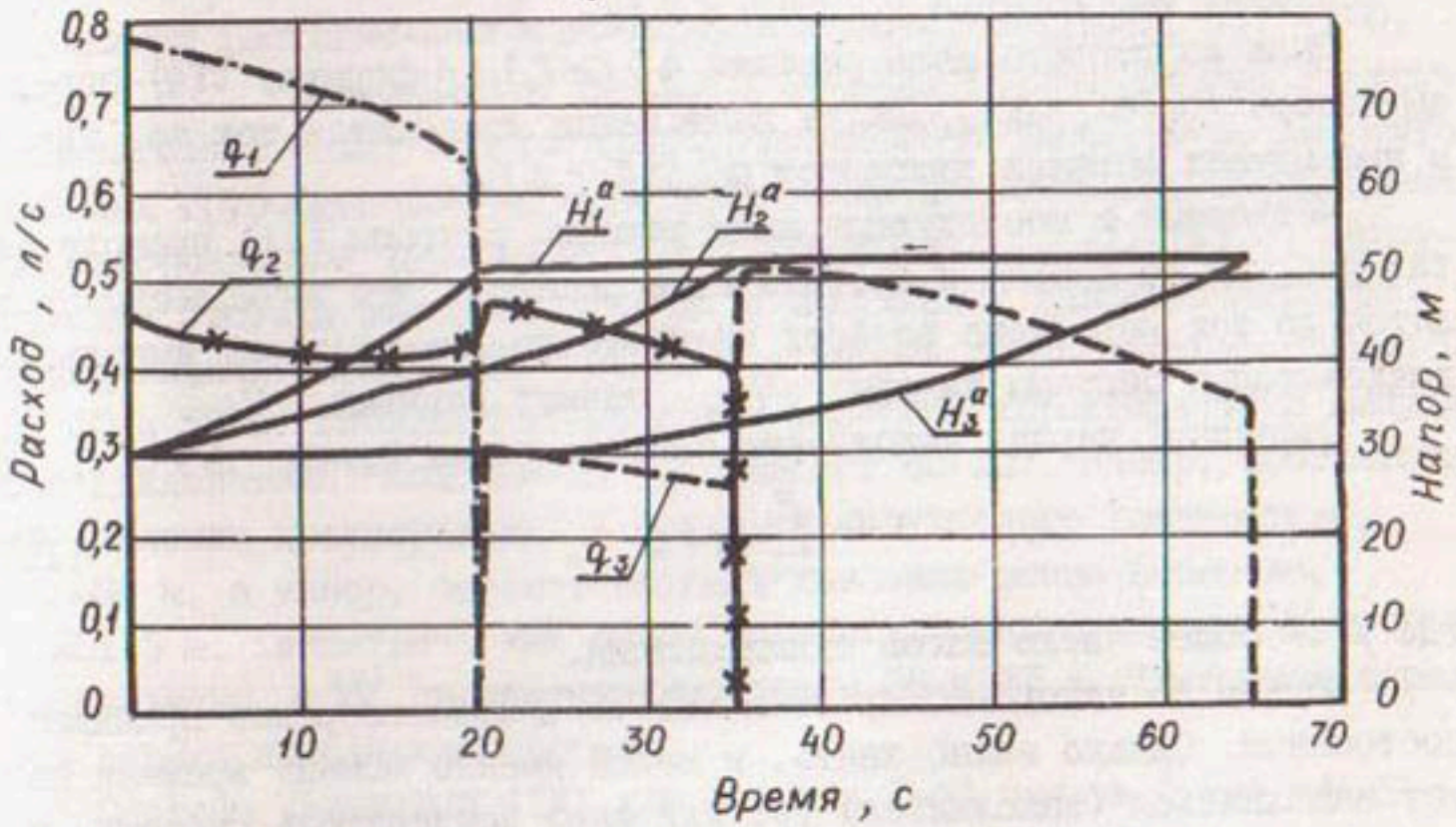


Рис.2. Процесс заполнения системы при работе насоса на 3 импульсных аппарата: а) - насос и аппараты установлены на одной геодезической отметке местности; б) - насос и аппараты установлены на различных геодезических отметках местности; q_1, q_2, q_3 - расходы в импульсные аппараты; H_1^a, H_2^a, H_3^a - давления в воздушных полостях пневмогидроаккумуляторов импульсных аппаратов

Имея Q и Q_1^*, по системе (II) находим расход в голове второго поливного трубопровода Q_2^*. Вычисления по определению Q_2^* аналогичны вычислениям по определению Q_1^*.

Последовательно находим все Q_j^* в голове поливных трубопроводов, соответствующие заданному Q в голове распределительного трубопровода. После этого проверяем выполнение равенства (I3). Если равенство (I3) не будет выполнено, то задаемся новым значением Q в голове распределительного трубопровода и находим соответствующие ему Q. Решение системы Q_j продолжаем до тех пор, пока не будет выполнено равенство (I3). После того, как будет найдено действительное значение Q^* в голове распределительного трубопровода, используя уравнения (II), (I2), (I3), находим действительные значения Q_j^* и q_{ji}^*.

Второй шаг решения ($t = \Delta t_1$).

Зная $q_{ji}(0)$ из первого шага решения, по формуле (I4) определяем напоры $H_{ji}^a(\Delta t_1)$. Далее вычисления проводятся в том же порядке, как и в первом шаге, и находится $q_{ji}^*(\Delta t_1)$.

Третий шаг решения ($t = \Delta t_1 + \Delta t_2$).

Зная из второго шага решения $q_{ji}^*(\Delta t_1)$, по формуле (I4) определяем напоры $H_{ji}^a(\Delta t_1 + \Delta t_2)$. Далее вычисления проводятся так же, как и в предыдущих шагах, и находятся $q_{ji}^*(\Delta t_1 + \Delta t_2)$.

Четвертый и последующие шаги решения системы (II) проводятся так же, как во втором и третьем шаге решения. Эти вычисления проводятся до тех пор, пока во всех пневмогидроаккумуляторах импульсных дождевателей системы напоры H_{ji}^a станут равными H_2.

Очевидно, период наполнения системы равен сумме Δt_α, т.е.

$$T = \sum_{\alpha=1}^{\rho} \Delta t_\alpha \quad , \qquad (I6)$$

где ρ – общее число шагов суммирования.

Обычно до какого-то времени шаг Δt_α целесообразно принимать постоянным. Однако важно знать, в какой именно момент времени начнет заполняться (заполнится) тот или иной дождеватель системы, так как в это время выполнится одно из условий (I5).

В этом случае, например, на κ-ом этапе решения целесообразно по приращению напора $H_{ji}^a(t_{\kappa-1})$ определить шаг суммирования Δt_κ. Для определения шага суммирования Δt_κ используем формулу (I4).

Точность предлагаемого способа решения уравнений (II) зависит от шага суммирования Δt_α. Чем меньше шаг, тем выше точность.

Участки орошения в горной местности имеют значительные разности (50–100 м) геодезических отметок местности, а рабочие параметры импульсных дождевателей составляют 0,5–0,7 МПа. Поэтому системы импульсного дождевания оснащаются индивидуальными или групповыми ограничителями давления. Индивидуальный ограничитель давления при нарастании давления в емкости импульсного дождевателя не оказывает дросселирующего воздействия на поток, а при полном объеме выплеска его сопротивление скачкообразно и неограниченно возрастает (наглухо закрывает вход в импульсный аппарат). При составлении системы уравнений (II), когда конструкция системы предусматривает установку в голове поливных трубопроводов ограничителей давления, необходимо учесть и потери давления в самом ограничителе.

В качестве примера рассмотрим процесс наполнения системы из трех импульсных дождевателей, расположенных на одной и различных геодезических отметках местности по отношению к насосной станции. Импульсные дождеватели системы оснащены индивидуальными ограничителями давлений. В качестве источника давления применен трехступенчатый насос 2К-6 (3 последовательно соединенных насоса) с коэффициентами расходно-напорной характеристики, равными $H^* = 108$, $\kappa = 0{,}5 \cdot 10^6$. Расстояние от насосной станции до первого импульсного дождевателя и между импульсными дождевателями равно 40 м. Диаметры поливных трубопроводов на всем протяжении равны 25 мм. Коэффициент расходно-напорной характеристики трубопровода $S = 21{,}5 \cdot 10^6$. Геодезические отметки насосной станции и импульсных дождевателей для первой задачи равны между собой. Для второй равны соответственно 0, 10, 30 и 50 м. Коэффициент расходно-напорной характеристики импульсного дождевателя "Коломна-15" составляет $60 \cdot 10^6$. Напор, соответствующий давлению предварительной подкачки импульсного дождевателя, $H_0 = 30$ м, а напор, соответствующий давлению конца выплеска, $H_2 = 51{,}5$ м. Геометрический объем пневмогидроаккумулятора W_0 и объем его выплеска ΔW соответственно равны 36 и 15 л. Требуется определить период наполнения системы.

Система уравнений (II) для решения I-ой задачи будет следующей:

$$\begin{cases} H_1^a + 60 \cdot 10^6 \cdot q_1^2 = 108 - 22 \cdot 10^6 \cdot Q_2 \ ; \\ H_2^a + 60 \cdot 10^6 \cdot q_2^2 = H_1^a + 60 \cdot 10^6 \cdot q_1^2 - 21{,}5 \cdot 10^6 (Q - q_1)^2 \ ; \\ H_3^a + 60 \cdot 10^6 \cdot q_3^2 = H_2^a + 60 \cdot 10^6 \cdot q_2^2 - 21{,}5 \cdot 10^6 (Q - q_1 - q_2)^2 \ . \end{cases} \qquad (17)$$

Система уравнений (II) для решения 2-й задачи будет следующей:

$$\begin{cases} H_1^a + 60\cdot10^6\cdot q_1^2 = 108 - 22\cdot10^6\cdot Q^2 - 10 \ ; \\ H_2^a + 60\cdot10^6\cdot q_2^2 = H_1^a + 60\cdot10^6\cdot q_1^2 - 21{,}5\cdot10^6(Q-q_1)^2 - 20 \ ; \\ H_3^a + 60\cdot10^6\cdot q_3^2 = H_2^a + 60\cdot10^6\cdot q_2^2 - 21{,}5\cdot10^6(Q-q_1-q_2)^2 - 20 \ . \end{cases} \quad (I8)$$

На графиках рис.2 приведены результаты решения систем уравнений (I7) и (I8) с использованием уравнений (I4) и условий (I5).

Таким образом, получена и решена система нелинейных уравнений для определения времени наполнения системы импульсного дождевания, работающей в условиях горной местности. Предложенный метод решения системы нелинейных уравнений позволяет определить период наполнения системы с какой угодно точностью. Предложены и другие зависимости для определения временных показателей цикла срабатывания системы импульсного дождевания.

Результаты работы могут быть использованы при проектировании системы импульсного дождевания для горных условий.

Список использованной литературы

I. Лебедев Б.М. Дождевальные машины. М., Машиностроение, I977.

2. Носенко В.Ф. Техника импульсного дождевания. М., Колос, I97

3. Курганов А.М. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Л., Стройиздат, I973.

УДК 63I.347.52

А.В.Боровенников
(ВНПО "Радуга")

ИМПУЛЬСНЫЙ ДОЖДЕВАТЕЛЬ ДЛЯ СИСТЕМ ОРОШЕНИЯ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ

В связи с решением Продовольственной программы возникает настоятельная необходимость в интенсификации сельскохозяйственного производства и изыскании резервов для повышения продуктивности культур, выращиваемых на неудобных, в первую очередь склоновых землях.

При эксплуатации в производственных условиях выявлены достоинства импульсного дождевания, заключающиеся в повышении урожайности и возможности применения его там, где неприемлемы другие способы полива.

Имеющийся опыт применения серийно выпускаемого отечественной промышленностью комплекта оборудования для синхронного импульсного дождевания КСИД-10 показал, что проектируются и строятся стационарные системы импульсного дождевания для орошения садовых насаждений, чайных плантаций, многолетних трав и частично овощных культур в основном на землях со сложными рельефными условиями. Так,в Краснодарском крае полив чая импульсным дождеванием осуществляется на склоновых землях с местным уклоном до 0,55. На аналогичных уклонах (до 0,40-0,50) проводилось орошение люцерны в аридной зоне Таджикистана [I] . В Крымской области орошаются участки садов с уклонами до 0,30.

Однако при проектировании и строительстве оросительных систем импульсного дождевания не всегда удается вписать оборудование КСИД-10, в состав которого входят импульсные дождеватели, рассчитанные для работы на участках с небольшими (до 15 м) перепадами высот, в реальные рельефные условия.

Обследование ряда систем показало, что на участках с большими перепадами высот (до 30-50 м) примерно 10-15 % импульсных дождевателей по действующему на них давлению работают за пределами, предусмотренными техническими условиями. Избыточное давление, за счет геодезических перепадов высот, отрицательно сказывается на надежности импульсных дождевателей и является причиной выхода их из строя вследствие нарушения герметичности пневмогидроаккумуляторов. Следует отметить также недостаточную надежность вращения дождевального аппарата "Роса-3", устанавливаемого на импульсном дождевателе.

Учитывая постоянную потребность в технических средствах для орошения сельскохозяйственных культур в сложных рельефных условиях, ВНПО "Радуга" совместно с ПО "Автополив" разработало на базе серийного новый импульсный дождеватель для орошения сельскохозяйственных культур на склоновых землях. Внешний вид нового импульсного дождевателя изменился незначительно. На пневмогидроаккумуляторе убраны раскосы, косынки и наклалки. Появился новый элемент конструкции - водопроводящий стояк, позволяющий осуществлять полив сельскохозяйственных культур различной высоты. Для полива садовых насаждений стояк обеспечивает расположение дождевальной насадки на высо-

те 2,5 м, для полива чайных плантаций и ягодниковых кустарников - I,5 м, для полива низкостебельных культур импульсный дождеватель используется без водопроводящего стояка.

Значительным отличием модернизированного импульсного дождевателя является существенное усиление конструкции пневмогидроаккумулятора, рассчитанного на работу с избыточным давлением, в верхней полости почти в 5 раз превышающем аналогичный показатель серийного импульсного дождевателя. Это достигнуто за счет увеличения толщины верхнего полубака с 3,0 до 4,0 мм и соединительных фланцев с I2 до 20 мм, изменения способа крепления к фланцам перфорированного свода и обечаек.

Принципиально новой является дождевальная насадка. Аналогом для нее послужил разгруженный от действия реактивных сил дождевальных струй аппарат с противоположно направленными стволами [2]. Дождевальная насадка имеет алюминиевый литой корпус, принудительный гидроприводный механизм поворота и два противоположно направленных полиэтиленовых ствола с соплами диаметром I6 и I4 мм. Второе сопло для полива близлежащей площади имеет в горизонтальной плоскости два выреза шириной 3 и длиной I0 мм. Имеются и другие незначительные конструктивные изменения, направленные на улучшение работоспособности отдельных узлов и элементов импульсного дождевателя.

Исследования и испытания импульсного дождевателя для орошения склоновых земель показали, что напряжения в стенках пневмоаккумулятора снижены в два раза по сравнению с серийным дождевателем и при давлении I,25 МПа соответствуют пределу текучести (пропорциональности) металла. Это существенно повысило надежность пневмогидроаккумулятора. При наработке, соответствующей I04000 циклов, в лабораторных условиях (почти трехлетняя нагрузка по циклам сработки) не было зафиксировано отказов в работе.

Для определения оптимальной схемы расстановки новых импульсных дождевателей была проведена серия опытов как с одиночным дождевателем, так и при групповой их работе. Опыты проводились на сравнительно ровной площади при температуре окружающего воздуха II-I5 ^{o}C, относительной влажности воздуха 75-85 % и скорости ветра до I м/с.

В результате проведенных опытов для импульсного дождевателя с насадкой, установленной на высоте 2,5 м (садовый вариант), получен радиус действия дождевальных струй, равный 28,5 м. Оптимальными схемами расстановки модернизированных импульсных дождевателей

оказались треугольные с расстоянием между дождевателями 38–40 м, а между линиями дождевателей – 44–46 м. В этих схемах расстановки коэффициенты эффективного полива изменялись от 0,60 до 0,76. Следует отметить, что при незначительном отклонении расстановки дождевателей в сторону рассредоточения коэффициент эффективного полива резко снижался. Так, в схеме 42х48 он равнялся 0,48, при этом появлялась неполитая площадь.

По результатам исследований ВНПО "Радуга" и госиспытаний Киргизской МИС, рекомендовавшей импульсный дождеватель для орошения склоновых земель в серийное производство, получены следующие технические показатели (табл.I).

Таблица I

Сравнительные технические данные импульсных дождевателей

Наименование показателей	Серийный импульсный дождеватель	Модернизированный импульсный дождеватель	
		Тип I	Тип II
I	2	3	4
Назначение	Орошение низкостебельных с.-х.культур	Орошение чайных плантаций и ягодников	Орошение садовых насаждений
Дождевальная насадка	"Роса-3"	Принудительного действия разгруженная от действия реактивных сил дождевальных струй	
Высота установки дождевальной насадки, м	0,8	I,5	2,5
Диаметр сопл, мм	I8; 9; 4	I6; I4 с горизонтальными вырезами 3хI0 мм	
Рабочее давление воздуха в пневмоаккумуляторе, МПа :			
верхнее (дождеватель заполнен водой)	0,53	0,55	0,55
нижнее (в дождевателе воды нет)	0,30	0,30	0,30
Допустимое избыточное давление в верхней полости пневмоаккумулятора, МПа	0,I5	0,70	0,70
Максимальное допустимое давление на входе в импульсный дождеватель, МПа	0,80	I,25	I,25
Объем выплеска за цикл, л	I5,5	I6,0	I6,0

Продолжение табл.I

I	2	3	4
Средний расход выпеска,л/с	7,5	8,2	8,2
Радиус полива без перекрытия, м	32	28,5	28,5
Схема расстановки импульсных дождевателей		По треугольнику	
Расстояние между, м:			
импульсными дождевателями	46–48	44–46	44–46
линиями дождевателей	40–42	38–40	38–40
Число импульсных дождевателей на I га орошаемой площади, шт.	5,0–5,4	5,4–6,0	5,4–6,0
Масса импульсного дождевателя, кг	50,0	6I,0	65,0

Параметры импульсного дождевателя для орошения склоновых земель позволяют создавать оросительные дождевальные системы импульсного действия для полива садов, чайных плантаций, кормовых культур в сложных рельефных условиях, где другая техника полива неприемлема или применение ее связано со значительными трудностями.

Список использованной литературы

I. Харламов М.П. и др. Исследование импульсного дождевания люцерны на крутых склонах. В кн:: Современные оросительные системы и пути их совершенствования. М., ВНИИГиМ, I972, вып.2.

2. Боровенников А.В., Горбунов В.И. Исследование импульсного дождевания для полива садовых насаждений. Экспресс-информация ЦБНТИ. М., I980, вып.7.

УДК 63I.674.II:63I.347.I

М.П.Пензин, канд.техн.наук,
В.И.Максимов, инж.,
Б.А.Аверин, инж.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНОГО ТРУБОПРОВОДА ТКП-90 ДЛЯ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ

В связи с возрастающими объемами орошаемых площадей все большее внимание уделяется поверхностному способу полива, применяемому на площади свыше I0 млн.га.

До сих пор ручной полив по бороздам, характеризующийся низкой производительностью труда (0,4–0,6 га в смену) и большими потерями воды (до 40–45 %) остается преобладающим в аридных и субаридных зонах страны. Непроизводительные потери воды, поданной на поле, обуславливаются не только организационными причинами, но и в основном несовершенством технологии полива постоянной струей, подаваемой в голову борозд средней (200 м) или большой (до 400 м) длины.

Для решения вопросов повышения производительности труда и КПД техники полива разработан многоопорный колесный трубопровод ТКП-90 – одно их технических решений механизации бороздкового полива низкостебельных пропашных сельскохозяйственных культур. Он состоит из двух крыльев, приводимых в движение двигателями внутреннего сгорания, оборудованных шестнадцатью свободно вращающимися муфтами, которые монтируются в стыках фланцев между каждыми четырьмя колесными секциями со сливными тарельчатыми клапанами.

К муфтам (рис.I) крепятся низконапорные шланги-шлейфы с водовыпускными отверстиями, расстояния между которыми соответствуют ширине междурядья (0 9, 0,7 м и др.). На концах шлейфов имеются быстросъемные заглушки, используемые при промывке. Одинаковые расходы воды в шлейфах обеспечиваются калиброванными диафрагмами.

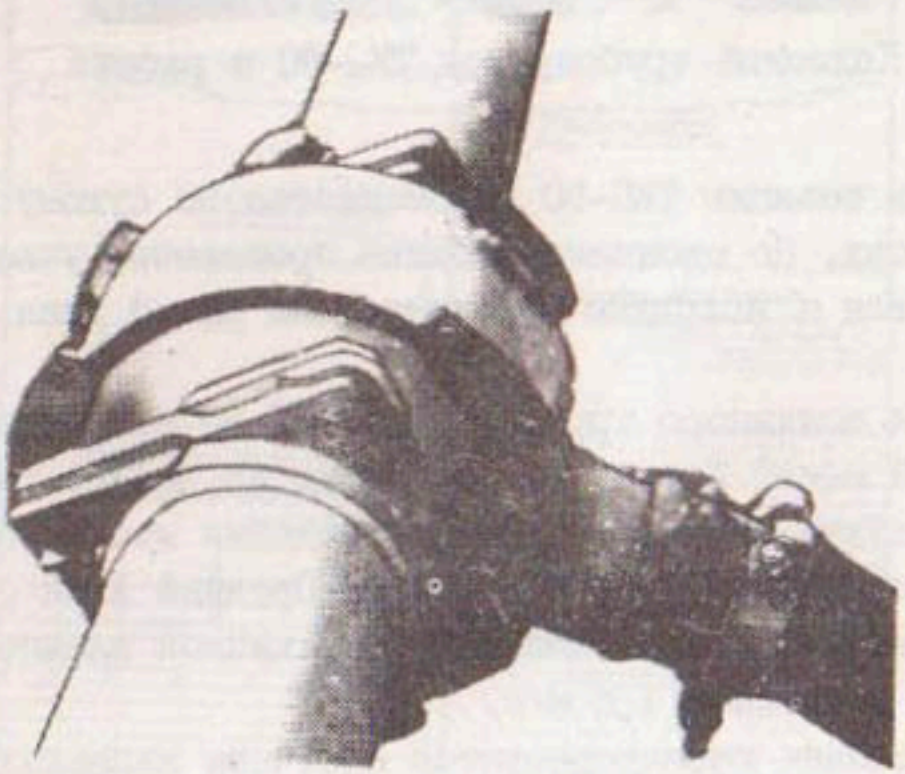


Рис.I. Муфта с шлейфом

Трубопровод работает позиционно от закрытой оросительной сети или разборной (типа РТЯ-220), для чего он устанавливается вдоль поливных борозд, а шланги-шлейфы перпендикулярно к ним (рис.2). Крылья машины с помощью телескопического узла присоединения подключаются к гидранту оросителя, вода из которого по водопроводящему трубопроводу через муфты поступает в шлейфы и далее в поливные борозды. Самотеком двигаясь по ложу борозды в направлении местного уклона, вода увлажняет почву в междурядьях.

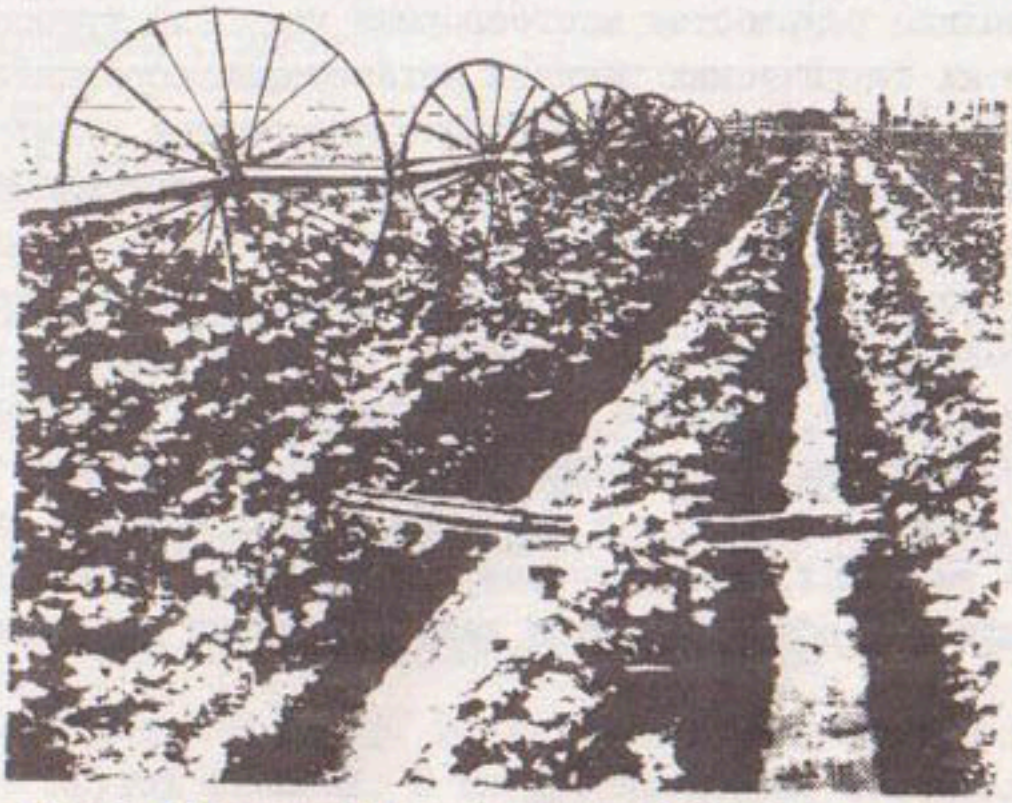


Рис.2. Колесный трубопровод ТКЛ-90 в работе

С позиции на позицию ТКП-90 перемещается по сухому участку поля поперек борозд. По окончании полива орошаемого участка крылья машины перегоняются в исходное положение. На рис.3 дана схема полива.

Исследования поливного трубопровода ТКП-90 проводились в колхозе "Северный маяк" Ташкентской области на поливе хлопчатника.

По климатическим условиям место проведения исследований принадлежит к центральной климатической зоне Средней Азии с малым количеством осадков, высокой температурой, низкой влажностью воздуха и ветрами - в среднем 1,5 м/с.

Почвенные условия характеризуются наличием аллювиальных галечников, прикрытых с поверхности мелкоземами мощностью от 0,9 до 2,3 м. Мелкозернистый покров представлен средними суглинка-

ми. Средневзвешенное содержание песчаных частиц составляет 13,4 , пылеватых – 60,8 , глинистых – 25,6 %. Уклон вдоль борозд – 0,0035.

Уровень грунтовых вод колеблется от 1,1 до 3 м. Грунтовые воды слабоминерализованные – содержание солей 0,38–0,39 г/л, преимущественно гидрокарбонатно-кальцевого состава.

Качество планировки участка – неудовлетворительное.

При исследованиях определялись равномерность распределения воды по шлейфам и водовыпускам, глубина увлажнения почвенного слоя и КПД техники полива, устойчивость хода трубопровода и потребность в его выравнивании, эксплуатационные показатели.

Равномерность распределения по шлейфам и водовыпускам определялась объемным способом. Средний расход по водовыпускам составил 0,325 л/с, отклонения расхода – 19,6 – 34,8 %.

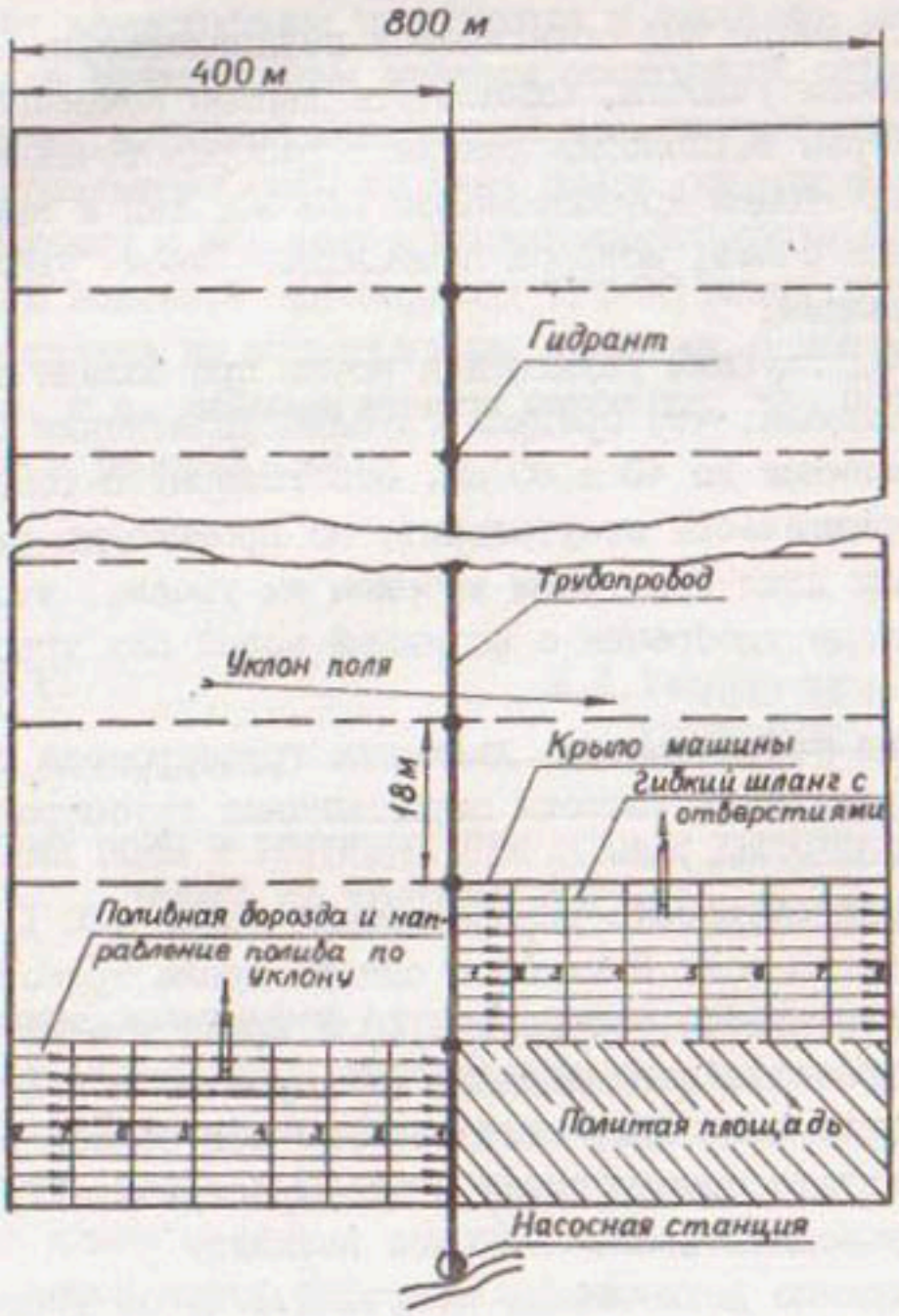


Рис.3. Схема полива

В зоне эффективного расхода, составляющего ± 25 % среднего, получены следующие коэффициенты: коэффициент эффективного расхода - 0,83; коэффициент недостаточного расхода - 0,0; коэффициент избыточного расхода - 0,I7.

Средний расход шлейфа - 5,82 л/с, а всего колесного трубопровода - 93,I л/с при давлении на входе 0,II МПа. При повышении давления на входе в машину до 0,I44 МПа общий расход составил I03 л/с, поливная норма - I0I7 $м^3$/га.

Определение КПД техники полива производилось путем учета поданных на учетные площадки поливных норм и приращения запасов влаги в почве. Хотя на отдельных участках получены высокие значения КПД (0,75-0,76), в общем по участку средний КПД составил 0,55, что на уровне высококачественного полива по длинным бороздам (0,5-0,6) и выше удовлетворительных производственных значений (0,3-0,4).

Снижение среднего КПД объясняется неудовлетворительной степенью выровненности участка. Однако эти данные показывают, как значительны резервы технологии полива с рассредоточением точек водоподачи, реализуемой трубопроводом ТКП-90, так и значение качества планировки полей, которой в последнее время уделяется недостаточное внимание.

Исследования глубины увлажнения почвы при поливе трубопроводом ТКП-90 показали, что средняя глубина увлажнения составила 55 см с отклонениями до 40 и 80 см. Это говорит о том, что глубинные утечки практически отсутствуют, не происходит смыкания с грунтовыми водами даже при таком высоком их уровне, что позволяет вносить минеральные удобрения с поливной водой без угрозы загрязнения ими грунтовых вод.

Исследования устойчивости движения трубопровода проводились с целью определения частоты выравнивания трубопровода оператором.

Нарушения равномерности распределения более ±20 % суммарного расхода в борозду из всех 8 шлейфов одного крыла трубопровода, произошедшие в результате его изгиба, были приняты в качестве предельных. При проведении исследований фиксировалось положение водовыпускных отверстий шлейфов относительно оси борозд на каждой позиции. В результате сделан вывод, что выравнивание трубопровода необходимо проводить после 3-4 смен позиции.

Эксплуатационные показатели, полученные путем хронометражных наблюдений, дали следующие результаты:

коэффициент надежности технологического процесса – 0,95;

коэффициент использования сменного времени – 0,85;

коэффициент земельного использования составляет 0,99;

один оператор может обслужить два трубопровода с общим расходом 180–200 л/с, что и было практически осуществлено в колхозе "Северный маяк";

достигнута прибавка урожая 2–3 ц/га за счет повышения равномерности увлажнения почвы;

улучшаются условия труда поливальщика, поскольку все совершаемые им операции по обслуживанию ТКП–90 проводятся на сухом поле;

экономический эффект от внедрения машины составил 32 руб./га.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Технология полива с рассредоточением точек водоподачи по площади, реализуемая колесным трубопроводом ТКП–90, обеспечивает более высокие качественные показатели и экономию поливной воды по сравнению с традиционным поливом постоянной струей.

Применение машинной водоподачи при поверхностном поливе экономически оправдывает себя за счет более совершенной технологии водораспределения и повышения производительности труда.

Колесный поливной трубопровод ТКП–90 может решить проблему механизации полива на малоуклонных массивах с полями правильной конфигурации, т.е. районов нового освоения, где особенно ощущается дефицит в рабочей силе.

УДК 631.674.11

А.А.Терпигорев, инж.
(ВНИИМиТП)

ДВИЖЕНИЕ ВОДЫ В БОРОЗДАХ ПРИ ПОЛИВЕ ДИСКРЕТНОЙ СТРУЕЙ НА БОЛЬШИХ УКЛОНАХ

При поливе дискретной струей, начиная со второго пуска, вода проходит увлажненный участок быстрее и, стекая с него, находится в нижней части борозды продолжительное время, что позволяет получить более высокую равномерность распределения поливной нормы по длине поливных борозд. Аккумуляция стекающих объемов воды в нижней части борозды способствует достижению равномерности увлажнения на малоуклонных участках [1].

На участках с повышенными уклонами пробег лба струи по увлажненной борозде должен происходить с более высокой скоростью, чем на малоуклонных участках. Это может оказать влияние на характер зависимости, описывающей продвижение лба струи при дискретном поливе.

Если при первом пуске пробег лба струи по сухой борозде аппроксимировать формулой

$$l = V_0 \cdot t^{\alpha}, \qquad (I)$$

где l – длина пробега, м; V_0 – скорость пробега лба струи в первую единицу времени, м/мин, м/ч;; t – время пробега, мин, ч; α – показатель степени, характеризующий затухание пробега, обусловленное впитыванием подаваемого расхода, то и последующие пробеги целесообразно описывать этой же зависимостью.

В общем виде пробег лба струи при дискретной водоподаче может быть рассмотрен по схеме, приведенной на рис.I. При подаче первого импульса величиной q лоб струи за время импульса $t_{им}$ продвинется по сухой борозде со скоростью V_{01} на длину l_1 .После прекращения подачи воды ее объем,накопленный в борозде, стечет вниз по уклону на расстояние Δl_1 и впитается полностью, если продолжительность паузы $t_{пз}$ периода дискретной водоподачи T будет достаточна.

При следующем импульсе водоподачи лоб струи вследствие уменьшения впитывающей способности увлажненной почвы будет продвигаться со скоростью V_{02}, большей, чем V_{01}, и значения параметра α_2 будут выше, чем α_1 . После пробега струей ранее увлажненного участка Δl_1 вода продвигается по сухой борозде на расстояние l_2 . После прекращения подачи накопленный объем воды продвигается вниз по уклону на расстояние Δl_2. При дальнейшей водоподаче продвижение лба струи в борозде аналогично вышеописанному.

Длина пробега лба струи при дискретном поливе в общем случае определится как суммарная величина пробега струи по сухой и увлажненной бороздам:

$$l = l_1 + \Delta l_1 + [l_2 - (l_1 + \Delta l)] + \\ + \Delta l_2 + l_3 - [l_2 - (l_1 + \Delta l) + \Delta l_2] + \Delta l_3 + \ldots \qquad (2)$$

С увеличением продолжительности импульса водоподачи, уклона борозды и снижением впитывающей способности почвы Δl увеличивается. При равной продолжительности импульсов длина стекания

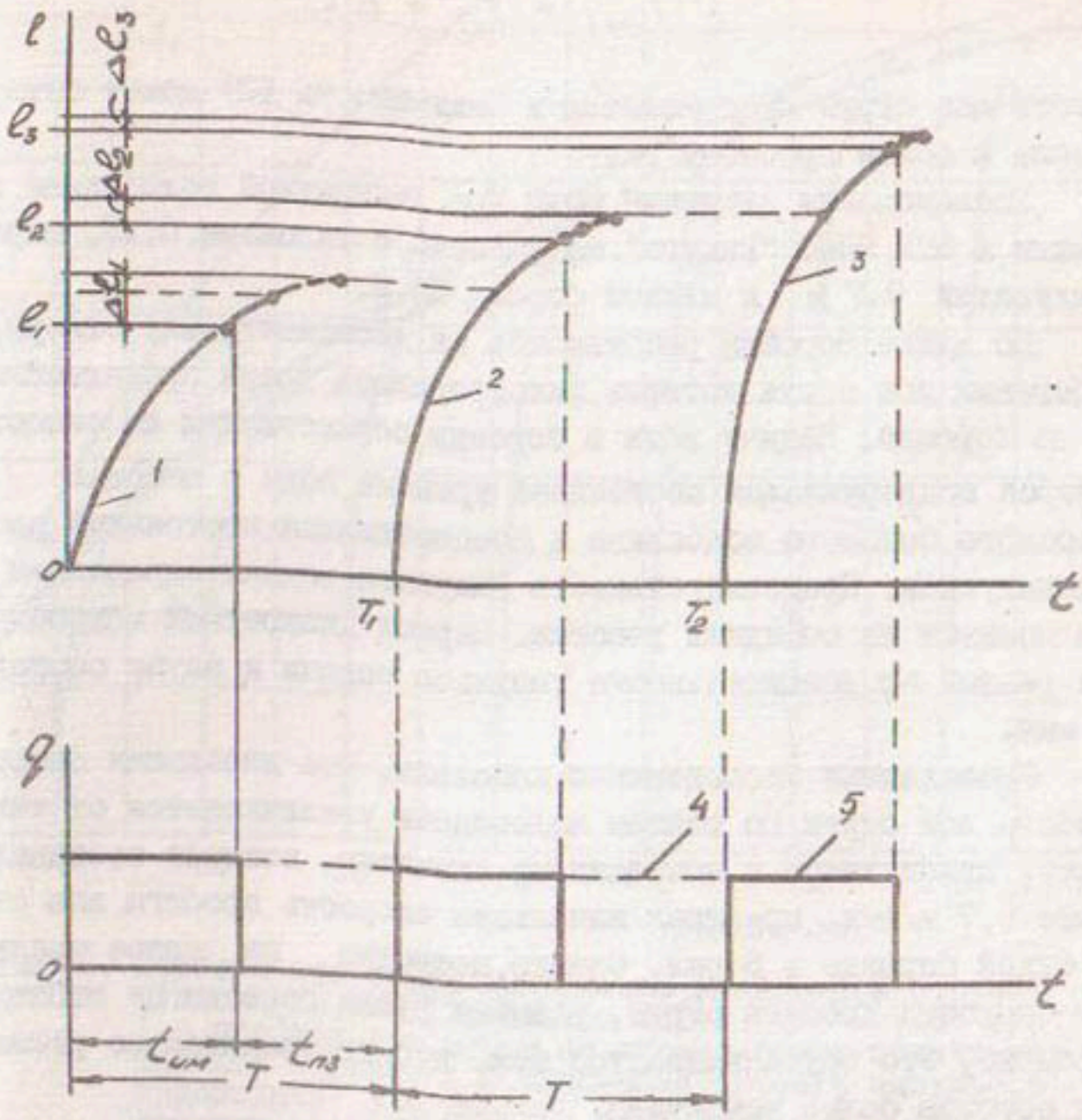


Рис.I. Схема движения лба струи при поливе дискретной струей: I, 2, 3 – графики пробегов лба струи соответственно при I, 2 и 3 импульсах водоподачи; 4 – продолжительность импульса водоподачи; 5 – продолжительность паузы

накопленного объема воды Δl будет уменьшаться и по достижении предельной длины пробега будет равна нулю. Учитывая, что величина Δl от предыдущей водоподачи влияет только на последующий пробег струи, применив зависимость (I), получаем

$$l = V_{01} \cdot t_{им}^{\alpha} + V_{02}\left(t_{им}^{\alpha_2} - t_{l_1+\Delta l}^{\alpha_2}\right) + V_3\left(t_{им}^{\alpha_3} - t_{l_2+\Delta l_2}^{\alpha_3}\right) + \ldots . \quad (3)$$

Значения параметров V_0 и α с течением времени принимают постоянное значение и, следовательно, зависимость (3) имеет затухающий характер. При условии

$$t_{uмi} = t_{ti} + \Delta t_i \qquad (4)$$

пробег лба струи прекращается и зависимость (3) может быть приведена к более простому виду.

Исследования движения воды при дискретной водоподаче проводили в ЭПХ ВНПО "Радуга" на участке с уклонами 0,12, шириной междурядий 0,7 м и длиной борозд 55 м.

По длине борозды разбивались на десятиметровые створы, при добегании лба струи которых фиксировалось время продвижения воды по борозде. Подачу воды в борозды осуществляли из емкости, в которой поддерживался постоянный уровень воды с помощью сбросного бокового водослива и обеспечивался постоянный расход водовыпусков. Продолжительность импульса подачи определяли пробным поливом на соседнем участке. Период дискретной водоподачи при равной продолжительности импульса подачи и паузы составил 30 мин.

Проведенные исследования показали, что начальная скорость пробега лба струи по тактам водоподачи увеличивается от такта к такту, приближаясь к постоянному значению, которое составило в опыте 5,7 м/мин, превышая начальную скорость пробега лба струи по сухой борозде в 5 раз. Однако, несмотря на такое увеличение скорости пробега струи, размыва русла борозды не наблюдалось. Вероятно, это обуславливается тем, что предварительно увлажненная борозда более устойчива.

Пробеги лба струи при дискретной водоподаче импульсами равной продолжительности можно аппроксимировать зависимостью, график которой представлен на рис.2. Это огибающая графиков пробегов, определяющая положение лба струи для принятой величины расхода в борозду и периода импульса водоподачи. Эту зависимость можно представить уравнением

$$l = l_1 (t_{uм} + t_{cm})^{\alpha} \cdot \left(\frac{t^0}{t_{uм} + t_{cm}} \right)^{\beta} \qquad (5)$$

где l_1 – длина пробега лба струи в первую единицу времени при первом пуске воды [2]; $t_{uм}$ – продолжительность импульса водоподачи; t_{cm} – продолжительность стекания накопленного объема воды в борозде после прекращения первого импульса подачи воды;

α, β – коэффициенты, характеризующие затухание пробега лба струи.

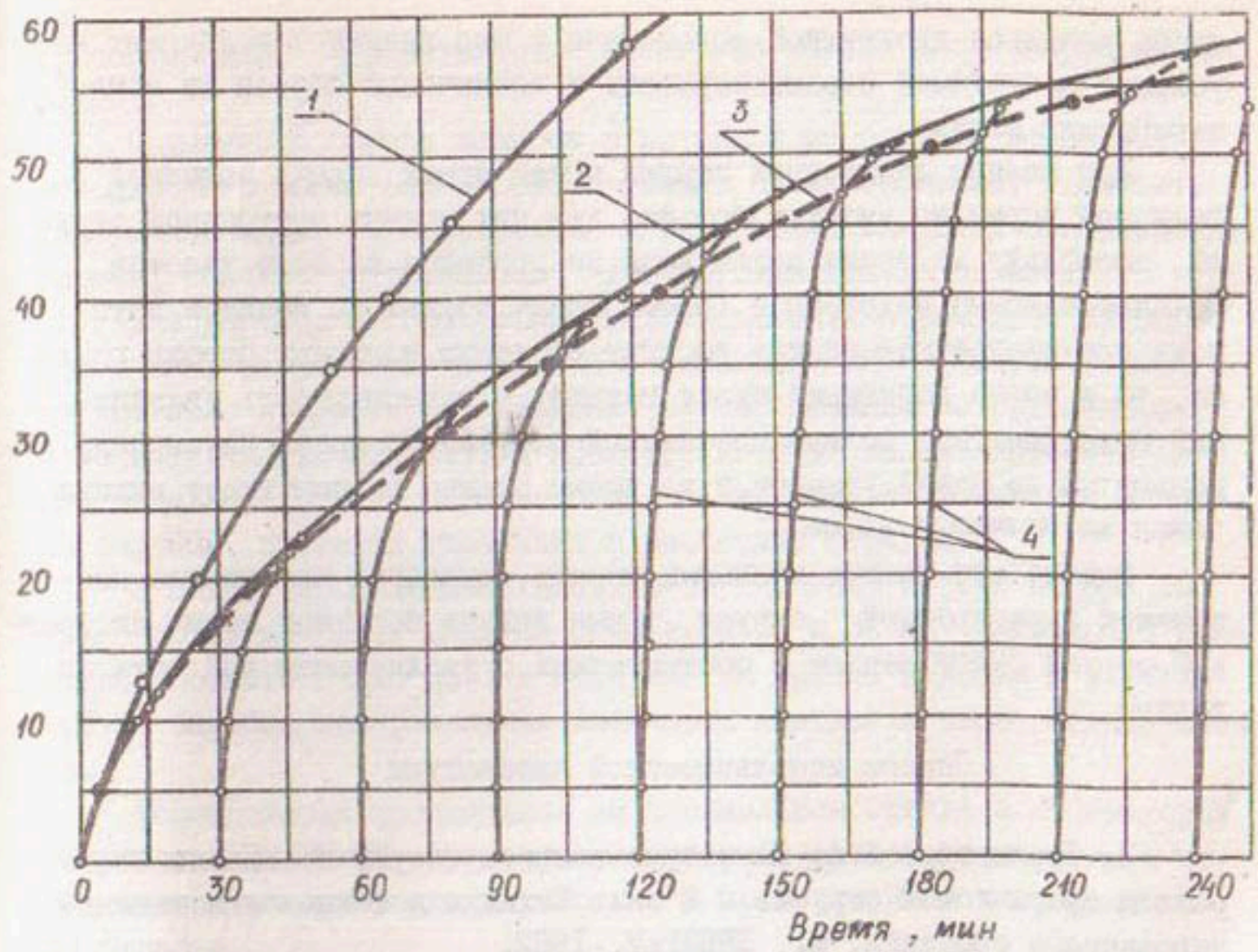


Рис.2. Пробеги лба струи при поливе дискретной струей (уклоны i =0,I2, расход струи q =0,I35 л/с): I – пробеги лба струи за чистое время подачи дискретной струей; 2 – огибающая пробеги импульсов водоподачи; 3 – пробеги лба струи при поливе постоянным расходом; 4 – пробеги струй при импульсной водоподаче с паузами через I5 мин

Пробег лба струи на установленную длину борозды можно выразить непосредственно через число импульсов водоподачи

$$l = l_1 \cdot n^{\gamma} , \qquad (6)$$

где l_1 – пробег лба струи за первый импульс водоподачи, равный $l_1 \cdot t_{им}^{\gamma}$; n – число импульсов водоподачи; γ – параметр, характеризующий затухание пробега лба струи за чистое время подачи воды в борозду.

Таким образом, при дискретном поливе на больших уклонах, как и при обычном поливе, пробеги лба струи можно аппроксимировать степенной зависимостью. Продолжительность импульса дискретвать степенной зависимостью. Однако зависимость (6) справедлива только до момента интенсивного затухания пробега. Продолжитель-

ность импульса дискретной водоподачи и его величину подбирают из условий допустимой неравномерности и исключения сброса на момент завершения полива.

При поливе дискретной струей общее время выдачи заданной поливной нормы на участок больше, чем при поливе постоянной струей, поскольку во время паузы вода не подается на этот участок. За чистое время водоподачи (общее время полива за вычитом пауз) вода при дискретном поливе добежит до конца поливных борозд раньше, то и норма добегания будет меньше, а равномерность увлажнения выше, чем при поливе постоянной струей. Во время паузы воду подают на соседний участок,и за время полива на нем будет выдана такая же поливная норма.

Однако при равных поливных нормах, выданных при поливе постоянной и дискретной струей, время выдачи поливной нормы дискретной струей будет меньше в соответствии с увеличением КПД техники полива.

Список использованной литературы

I. Терпигорев А.А. Некоторые вопросы теории полива по бороздам прерывистой струей. - В кн.: Техника и технология механизированного орошения. М., ВНИИГиМ, 1982.

2. Справочник по механизации орошения. М., Колос, 1979.

УДК 532:631.347.1

С.С.Савушкин, канд.техн.наук,
С.Б.Хроль, инж.,
Т.М.Некрасова, инж.
(ВНПО "Радуга")

К ВОПРОСУ О ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ СОПРОТИВЛЕНИИ, ВОЗНИКАЮЩЕМ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ В ПОЛИЭТИЛЕНОВОМ ШЛАНГЕ, НАВИТОМ НА БАРАБАН

В мировой практике орошения за последние 10 лет все более широкое применение находит полив сельскохозяйственных культур дождевальными установками с перемещающимися дождевальными аппаратами. Интенсивно ведутся работы по созданию дальнеструйных и среднеструйных дождевальных машин с подачей воды по трубам и гибким шлангам с навивкой их на барабан, поливом в движении, а также навесных тракторных дальнеструйных машин с подачей воды по гибким

трубопроводам. Разрабатываются шланговые машины для поверхностного полива.

Применение гибких шлангов с навивкой на барабан позволяет использовать новые более прогрессивные схемы орошения, увеличить расстояние между трубопроводами и гидрантами закрытых оросительных систем, снизить трудоемкость и энергоемкость на поливе.

Для расчета и обоснования гидравлических параметров шланговых машин, разрабатываемых ГСКБ по орошению ВНПО "Радуга", необходимо было провести исследования по определению потерь напора в полиэтиленовых шлангах, в процессе которых выявить степень влияния дополнительного сопротивления, возникающего от навивки шланга на барабан, и внести уточнения в расчетные формулы.

В задачу исследований входило определение потерь напора по длине полиэтиленовых шлангов диаметром 50 и 32 мм (внутренние диаметры соответственно 39,2 и 24,4 мм) на прямом участке и с навивкой на барабан при различных диаметрах навивки и числе витков шланга.

Исследования проводились на специальном стенде в лаборатории гидравлики ВНИИМиТП. При этом измерялись: расход, температура воды, потери напора на двух участках - прямолинейном и с навивкой на барабан.

По результатам исследований определялись коэффициент сопротивления трению по длине λ, коэффициент местного сопротивления ζ в навитом шланге, производились соответственно анализ и сравнение потерь напора на прямолинейном участке шланга и в шланге, навитом на барабан.

Потери напора в навитом на барабан шланге ΔH определяются как сумма потерь напора на преодоление сопротивления по длине $\Delta h_{дл}$ и местных потерь $\Delta h_{м}$, возникающих от навивки шланга на барабан

$$\Delta H = \Delta h_{дл} + \Delta h_{м} \quad . \qquad (I)$$

На повороте шланга при навивке на барабан происходит искривление линий тока воды и на частицы жидкости, движущиеся по искривленным линиям тока, действует центробежная сила инерции. За счет этой силы гидродинамическое давление в месте поворота у внешней стенки трубы повышается, а у внутренней понижается. Это же обстоятельство обуславливает уменьшение скоростного напора - удельной кинетической энергии - у внешней стенки и увеличение его у внутренней, т.е. на повороте происходит перераспределение скоростей.

Коэффициент местного сопротивления ζ зависит от конфигурации местного сопротивления и режима потока, который определяется коэффициентом гидравлического трения λ и числом Рейнольдса Re.

В результате обработки опытных данных получены значения коэффициента сопротивления трению по длине и чисел Рейнольдса для прямого участка полиэтиленовых шлангов вышеуказанных диаметров, функциональная зависимость которых представлена на рис.I. Расчетные значения коэффициента λ по формулам Г.К.Филоненко и Блазиуса [I] дали сходимость результатов с опытными данными в пределах 2-3 %.

На рис.2. представлена полученная зависимость коэффициента местного сопротивления ζ для одного витка шланга от диаметра змеевика $d_н$.

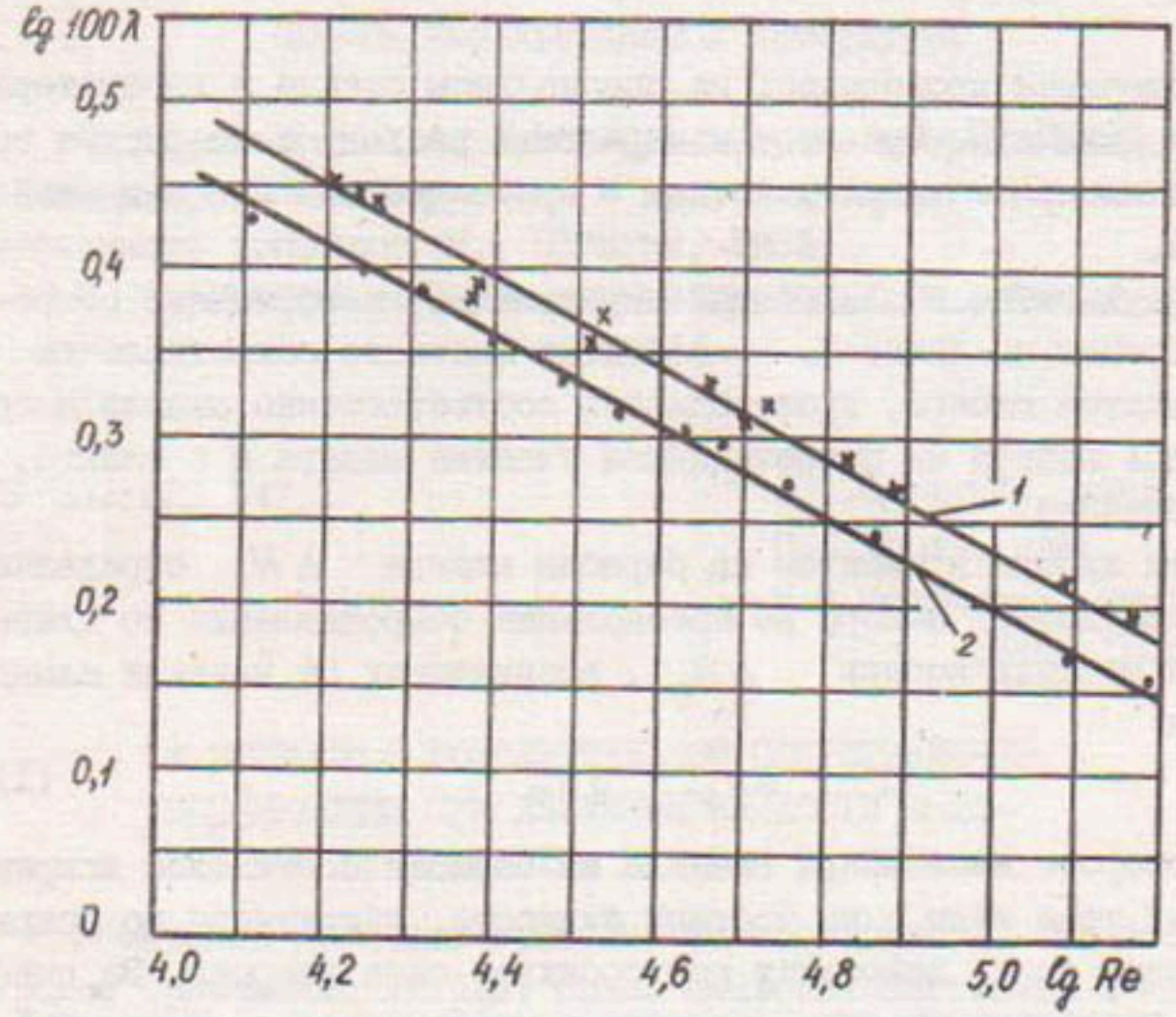


Рис.I. Зависимость $lg\,100\lambda = f(lg\,Re)$ для полиэтиленового шланга: I - —x— $d^{вн}_{шл}$=39,2 мм; 2 - ——·—— $d^{вн}_{шл}$=24,5 мм

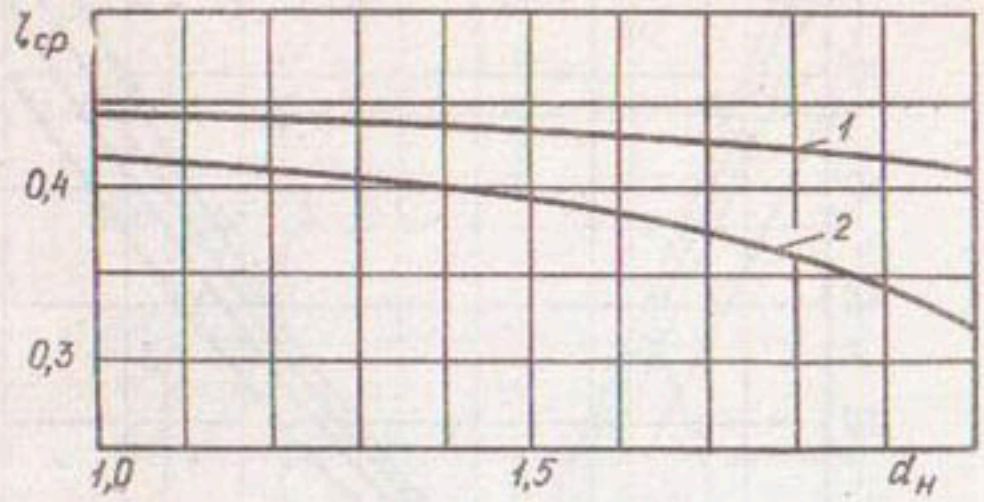


Рис.2. Зависимость коэффициента местного сопротивления $\zeta_{ср}$ для одного витка шланга от диаметра навивки: I – $d^{вн}_{шл}$ =24,4 мм; 2 – $d^{вн}_{шл}$=39,2 мм

По существующим формулам (случай плавного закругления трубы), рассчитаны коэффициенты местного сопротивления, отличающиеся от опытных на 20÷40 % в зависимости от радиуса навивки, числа витков, диаметра шланга. Анализ формул, в частности формулы А.Д.Альтшуля [I]

$$\zeta_{90} = [\,0{,}2 + 0{,}001\,(100\lambda)^{8}\,]\sqrt{d/R_3}\,, \qquad (2)$$

где d – диаметр трубопровода; R_3 – радиус закругления; Вейсбаха [2]

$$\zeta_3 = \left[\,0{,}131 + 0{,}163\left(\frac{d}{R}\right)^{3,5}\right]\frac{\sigma}{90}\,, \qquad (3)$$

где σ – угол закругления, и других показал, что при значениях $d/R_3 \geqslant 0{,}1$ получена хорошая сходимость опытного коэффициента местного сопротивления с расчетным, а при значениях $d/R_3 < 0{,}1$ величина коэффициента ζ мало зависит от радиуса закругления.

Так, для шланга диаметром 32 мм и разных радиусов закругления получили $\zeta_{опыт}$, равный 0,45÷0,42, $\zeta_{расч}$ = 0,52. Для шланга диаметром 50 мм $\zeta_{расч}$ = 0,54–0,52, а опытные значения ζ = 0,43–0,32. Расчетные формулы дают несколько завышенные значения коэффициента местного сопротивления, и производить расчет по ним можно лишь в первом приближении.

По опытным значениям коэффициентов ζ и λ рассчитаны и построены графики зависимостей удельных (на I00 м длины) потерь напора от расхода для испытанных диаметров полиэтиленовых шлангов при диаметрах навивки на барабан, равных I,0; I,5 и 2 м, и дано сравнение с потерями напора на прямолинейном участке (рис.3, 4).

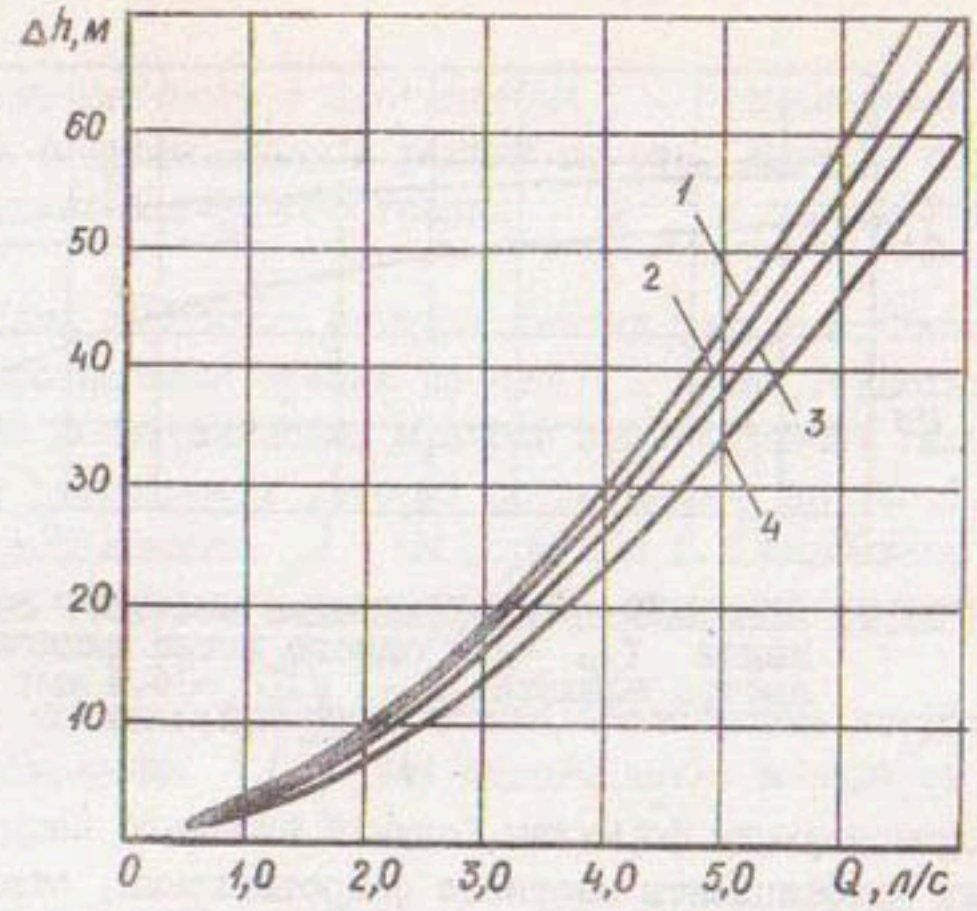


Рис.3. Зависимость потерь напора (на 100 м) от расхода для полиэтиленового шланга $d_{вн}$ =39,2 мм с разными диаметрами навивки: 1 – $d_н$ =1 м; 2 – $d_н$ =1,5 м; 3 – $d_н$ =2 м; 4 – гладкий участок

Результаты показывают, что потери напора в навитом на барабан шланге на 10–20 %, в зависимости от радиуса навивки, больше, чем на прямолинейном участке, т.е. навивка на барабан приводит к увеличению сопротивления движению воды в трубопроводе, которое необходимо учитывать при гидравлических расчетах. Уменьшение радиуса навивки приводит к увеличению сопротивления.

Математическая обработка результатов на ЭВМ позволила получить зависимость потерь напора от расхода в виде $100\,i = a \cdot q^{b}$. Коэффициент a принимается равным от 2,15 до 3,05, в зависимости от радиуса навивки и диаметра трубы, а коэффициент b равен 1,78 для диаметра шланга 32 мм и 1,73 для диаметра 50 мм.

Значения коэффициентов a приводятся в таблице1.

Таблица I

Значения коэффициентов a для расчета потерь напора в полиэтиленовом шланге

Диаметр шланга	Диаметр навивки, м			Прямой
	1,0	1,5	2,0	
32	3,03	3,04	3,05	2,95
50	2,60	2,40	2,30	2,15

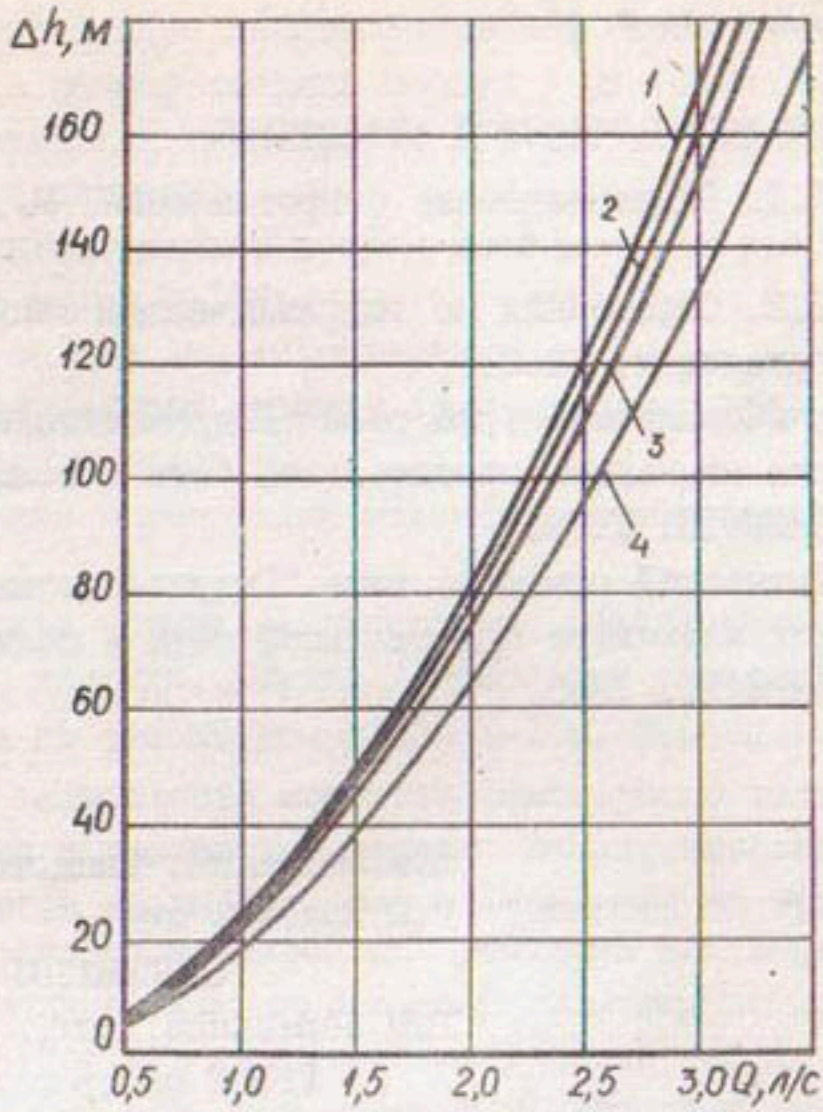


Рис.4. Зависимость потерь напора (на 100 м) от расхода для полиэтиленового шланга $d_{вн}$=24,5 мм с разными диаметрами навивки: 1 – $d_н$ =1 м; 2 – $d_н$ =1,5 м; 3 – $d_н$ =2 м; 4 – гладкий участок

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

Потери напора в полиэтиленовом шланге с навивкой на барабан следует рассматривать как сумму потерь напора по длине и местных потерь.

Дополнительное сопротивление, возникающее от навивки шланга на барабан при отношении $d/R_н$ = 0,03 – 0,08 составляет 10–20 % потерь напора по длине на прямоугольном участке.

В ориентировочных расчетах можно использовать существующие формулы [2, 3] для определения коэффициента ζ с учетом числа витков.

Для точного гидравлического расчета полиэтиленовых шлангов диаметром 32 и 50 мм с навивкой на барабан рекомендуется использовать графики (рис.3, 4) $100\,i = f(q)$, представляющие собой

зависимость вида $100\,i = a \cdot q^{b}$.

Список использованной литературы

I. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. М., Недра, 1970.

2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.- Л., Госэнергоиздат, 1960.

3. Научно-технический отчет по теме "Гидравлические исследования водопроводящих элементов оросительной сети и поливной техники". Коломна, ВНИИМиТП. 1979.

4. Научно-технический отчет по теме "Гидравлические исследования водопроводящих элементов оросительной сети и поливной техники". Коломна, ВНИИМиТП, 1980.

УДК 631.347.1

А.А.Митрохин, канд.техн.наук,
В.М.Култин, инж.,
(ВНИИМиТП)
Г.Н.Кореньков, инж.
(ГСКБ по орошению)

ДОЖДЕВАЛЬНЫЙ КОЛЕСНЫЙ ТРУБОПРОВОД С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ

Одним из перспективных направлений в использовании животноводческих стоков является их механизированное внесение на сельхозугодия с поливной водой с учетом требований окружающей среды.

ВНПО "Радуга" совместно с ВЭЗОТом разработало колесный дождевальный трубопровод марки ДКН-80 с тепловым двигателем внутреннего сгорания для внесения животноводческих стоков, серийное производство которого начато в 1981 году Котельниковским заводом сельскохозяйственного машиностроения. В настоящее время серийный вариант ДКН-80 модернизирован. Вместо теплового двигателя внутреннего сгорания применен электропривод.

ДКН-80 с электроприводом предназначен для проведения оросительных и удобрительных поливов сельхозугодий, низкостебельных кормовых культур, многолетних трав культурных пастбищ и лугов. Он работает позиционно от стандартных закрытых оросительных сетей или разборного трубопровода.

Подготовленные животноводческие стоки должны иметь влажность выше 96 %, а размер твердых частиц - не более I0 мм.

Дождевальный трубопровод ДКН-80Э от серийной машины ДКН-80 отличается следующим:

в комплект машины введен источник электропривода на базе самоходного шасси Т-I6М;

установлены два токосъемника;

привод ведущей тележки (двигатель внутреннего сгорания) заменен электроприводом;

изменена конструкция механизма самоустановки дождевального аппарата.

Источник питания - генератор, обеспечивающий электроэнергией привод тележки, вместе с приборами управления и автоматики смонтирован на самоходном шасси Т-I6М. Вращение генератора осуществляется от вала отбора мощности самоходного шасси с помощью карданного вала и ременной передачи. Электроэнергия от источника питания подается по кабелю, смонтированному на трубопроводе.

Токосъемник концевой предназначен для передачи электроэнергии от источника питания к кабелю, идущему по трубопроводу машины, и предотвращает закручивание участка кабеля от источника питания до трубопровода. Токосъемник у приводной тележки (рис.I) служит для передачи электроэнергии от кабеля, идущего по трубопроводу машины, к электродвигателю приводной тележки и предотвращает закручивание участка кабеля от трубопровода до электропривода.

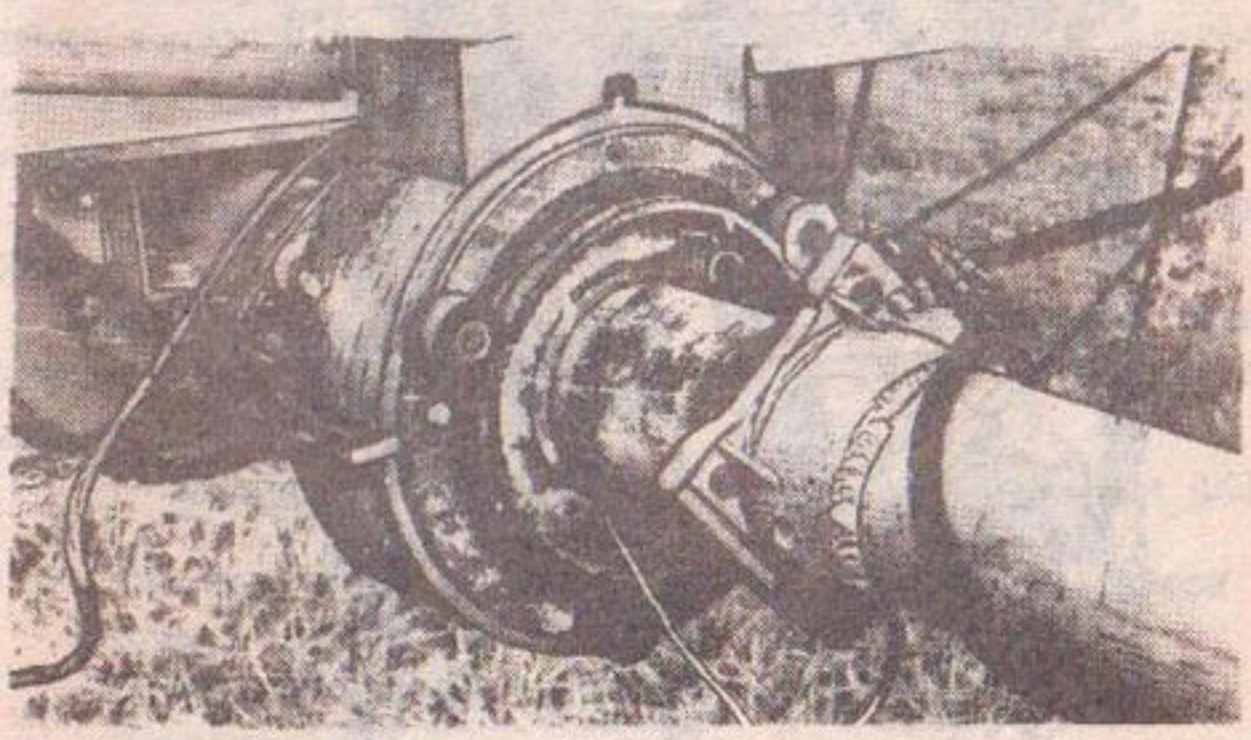


Рис.I. Токосъемник у приводной тележки

Электропривод (рис.2) обеспечивает перекатывание тележки вместе с оросительным трубопроводом на новую позицию. Он состоит из асинхронного электродвигателя мощностью I,5 кВт и цилиндрического двухступенчатого редуктора. Вращение от редуктора к тележке передается через цепную передачу.

Механизм самоустановки (рис.3) обеспечивает вертикальное положение дождевального аппарата и сливного клапана во время вращения поливного трубопровода при смене позиций. Конструкция его аналогична конструкции механизма серийной машины ДКН-80, за исключением того, что в корпусе имеется отверстие под кабель.

В 1982 г. на орошаемом пастбище экспериментального хозяйства ВНПО "Радуга" проведены испытания ДКН-80 с электроприводом. Основные технико-эксплуатационные показатели приведены в таблице. Установлено, что ДКН-80Э имеет ряд преимуществ по сравнению с серийной машиной:

управление движением машины с торца трубопровода дистанционное;

машина проста по устройству и обслуживанию.

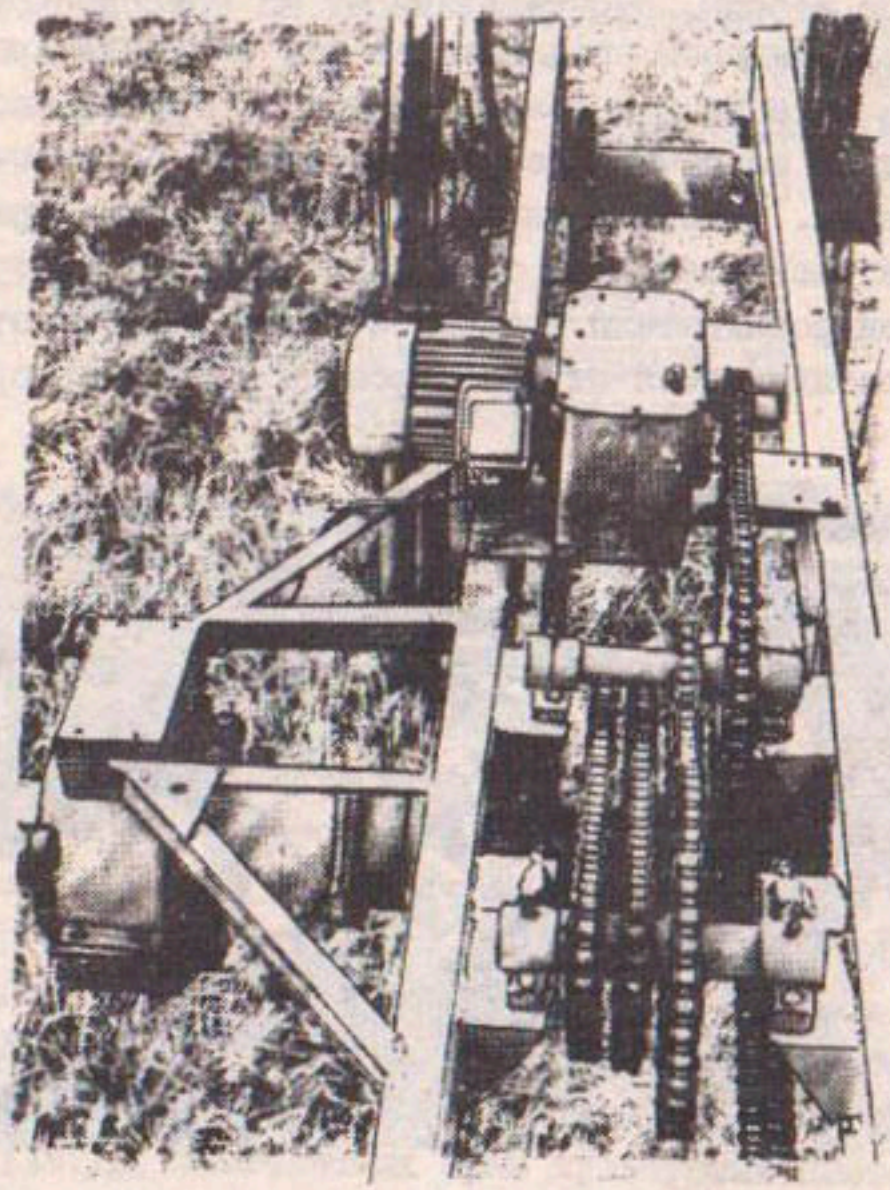


Рис.2. Электропривод

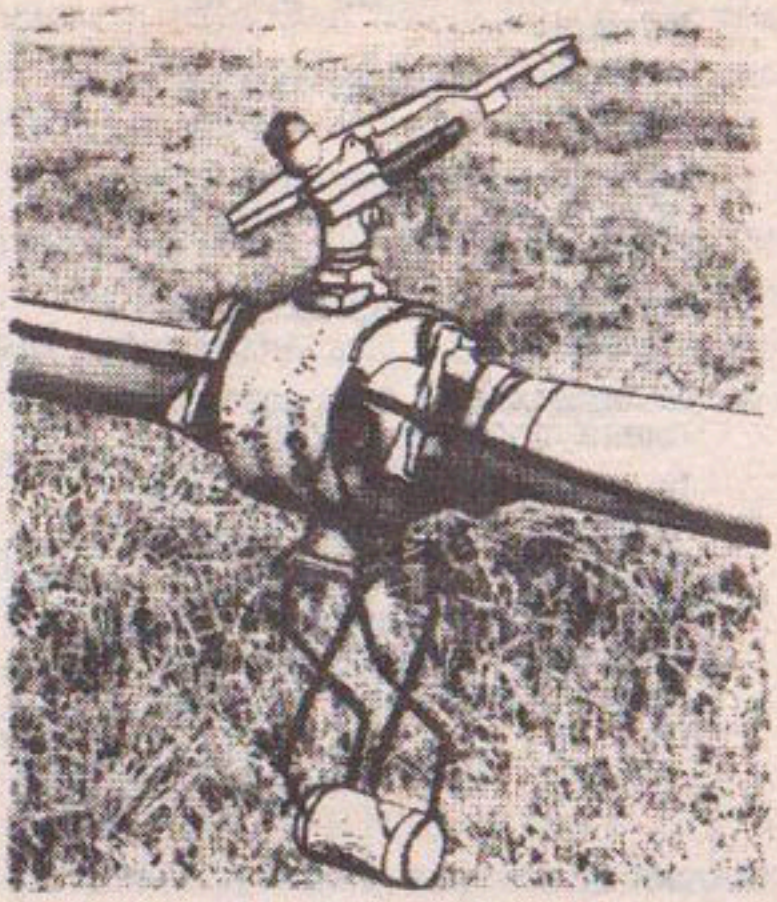


Рис.3. Механизм самоустановки дождевального аппарата

Вместе с тем, необходимо доработать следующие узлы: установить в токосъемниках щетки для нулевого привода; загерметизировать штепсельный разъем; установить шкаф управления и генератор на амортизаторы, чтобы они не подвергались вибрации; необходимо, чтобы щиток приборов был обращен в сторону самоходного шасси для установления контроля за показаниями приборов из кабины водителя; все соединения в приборном щитке выполнить из мягких многожильных проводов.

На основании проведенных испытаний можно сделать следующие выводы.

Замена двигателя внутреннего сгорания на ведущей тележке дождевальной машины ДКН-80 повышает технико-эксплуатационные показатели машины.

Основные технико-эксплуатационные показатели ДКН-80Э

Тип машины	Колесная для жидкого навоза
Привод	Электрический
Общий расход, л/с	91,2
Давление, МПа:	
в начале крыла	0,45
в конце крыла	0,38

Расстояние между ороси-телями, м	600
Расстояние между гидран-тами, м	27
Площадь, орошаемая с од-ной позиции двумя крыль-ями, га	I,62
Коэффициент эффективного полива	0,48
Максимальная скорость при смене позиций, м/мин	II,3
Производительность за час чистой работы при поливной норме 600 м³/га, га	0,54
Производительность за час сменного времени при поливной норме 600 м³/га, га	0,23

После доработки некоторых узлов ДКН-80Э (с электроприводом ведущей тележки) может быть представлена на государственные испытания.

УДК 631.347.I:631.862

А.М. Буцыкин, канд.техн.наук,
А.А.Митрюхин, канд.техн.наук,
Л.П.Рева, инж.
(ВНИИМиТП)

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ

Для использования отходов животноводческих комплексов - навозных стоков - в качестве органического удобрения все большее распространение, наряду с мобильным транспортом, находят оросительные системы, когда стоки транспортируются к оросительной сети по трубам и распределяются по полю с помощью специальной или модифицированной поливной техники.

Имеющийся отечественный и зарубежный опыт показывает, что необходимыми элементами такой оросительной системы (рис.I) являются: насосная станция подачи стоков 2, напорный трубопровод для транспортировки стоков к месту смешивания 3, узлы смешивания 4,

насосная станция подачи воды или смеси ее со стоками 7, 9, закрытая оросительная сеть с арматурой 5, поливная техника (дождевальная или для поверхностного полива) 6. Из рис.I видно, что независимо от выбранного места смешивания стоков с водой состав элементов оросительной системы постоянный. Чтобы система составляла единое целое, необходим подбор ее параметров при разработанных методах расчета энергетических затрат на гидротранспорт животноводческих стоков и их смеси с водой при скоростях, обеспечивающих надежность работы трубопроводов.

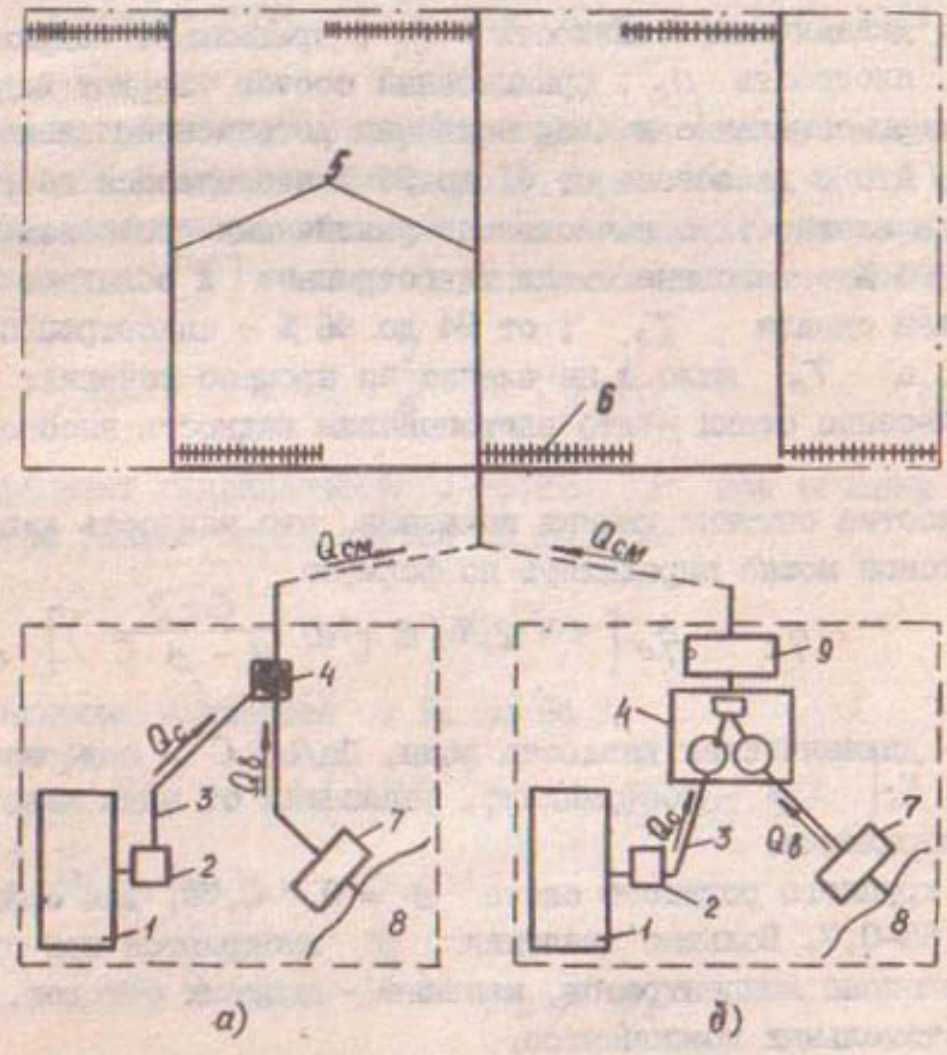


Рис.I. Схема оросительной системы с использованием животноводческих стоков: а) - смешивание стоков с водой в напорном трубопроводе; б) - смешивание на всасывающей линии

Натурные наблюдения показали, что методы, применяемые при расчетах илопроводов, осадков сточных вод [2], пульпопроводов, [5, 6] не могут быть использованы для случая течения навозных стоков, так как расхождения расчетных и опытных данных составляют более 100 %. Поэтому во ВНИИМиТП были проведены исследования напорного течения стоков крупного рогатого скота (КРС) и свиностоков влажностью от 91 до 99 % в трубопроводах различного диаметра и материала. Так как особенности течения стоков обуславливаются их физико-механическими свойствами, то одновременно с гидравлическими исследованиями определялись следующие их свойства: динамическая вязкость η_c, предельное напряжение сдвига τ_0, плотность ρ_c, фракционный состав твердых включений.

Экспериментальные исследования на ротационном вискозиметре показали, что в диапазоне от 91 до 99 % наблюдается несколько интервалов влажности с качественно различными свойствами стоков: от 91 до 94 % – навозные стоки тиксотропны и обладают предельным напряжением сдвига τ_0; от 94 до 96 % – тиксотропность сохраняется, а τ_0 мало и не влияет на процесс течения; свыше 96 % – навозные стоки – это ньютоновская жидкость высокой вязкости.

Обработка опытных данных показала, что вязкость животноводческих стоков можно определять по формуле

$$\eta_c = \eta_в \left[1 + 2{,}5 \left(C + 10 \frac{C-2}{8 - \beta \cdot C} \right) \right] , \quad (1)$$

где $\eta_в$ – динамическая вязкость воды, Па/с; C – содержание сухого вещества, %; β – коэффициент, зависящий от вида животных и рациона кормления.

Для крупного рогатого скота β = 0,7–0,73, для свиней β = 0,65–0,7. Большие значения β выбираются при преобладании в рационе концентратов, меньшие – пищевых отходов, овощных и растительных компонентов.

При влажности более 98 % ($C \leqslant 2$ %)

$$\eta_c = \eta_в (1 + 2{,}5 C) . \quad (2)$$

В табл. I приведены некоторые физико-механические свойства стоков.

Таблица I

Изменение значений предельного напряжения сдвига и плотности при разбавлении стоков

Вид стоков	Свойства	Влажность, %							
		91	92	93	94	95	96	97	98
КРС	τ_o, Па	15,0	6,8	3,2	3,0	-	-	-	-
	ρ_c, кг/м^3	1026	1021	1019	1015	1012	1010	1008	1005
Свиностоки	τ_o, Па	8,0	3,2	1,6	0,4	-	-	-	-
	ρ_c, кг/м^3	1038	1034	1030	1026	1021	1017	1013	1008

Исследования потерь напора при течении стоков показали, что при $W > 98$ % они идентичны воде, при $W \leqslant 98$ % определяются вышеуказанными свойствами стоков (табл.I), не зависят от материала труб [I] и могут определяться по известной формуле Дарси–Вейсбаха

$$h = \left(\lambda \frac{l}{d} + \zeta\right) \frac{V^2}{2g} \quad . \qquad (3)$$

Коэффициент гидравлического трения λ при течении стоков в ламинарном режиме определяется по формуле

$$\lambda_л = 64 / Re^* \quad . \qquad (4)$$

В диапазоне влажности от 91 до 94 %

$$Re^* = 1 / \left[\frac{\eta_c}{V \cdot d \cdot \rho_c} + \frac{\tau_o}{6 \cdot \rho_c \cdot V^2} \right] \quad . \qquad (5)$$

Когда $W \geqslant 94$ %

$$Re^* = Re = V \cdot d \cdot \rho_c / \eta_c \quad .$$

Переход от ламинарного режима к турбулентному происходит при Re = 2500–3000, коэффициент трения определяется по зависимости

$$\lambda_т = K \frac{0{,}3164}{Re^{0{,}25}} \quad . \qquad (6)$$

Для свиностоков K = I,I–I,I5, а крупного рогатого скота

$$K = 1 - \frac{C-2}{C+2},$$

где C – содержание сухого вещества, %.

При течении стоков КРС в развитом турбулентном режиме наблюдается аномалия потерь напора, т.е. они становятся меньше, чем потери напора чистой воды (рис.2). Аномалия потерь напора наблюдается и при течении стоков в арматуре, сужениях и т.д. (местные сопротивления) $\gamma_c < \gamma_в$. В расчетах следует брать их одинаковыми, что хотя и дает завышенные значения потерь напора, однако позволяет компенсировать неучтенные местные сопротивления (сварные швы, изгибы, вмятины и т.д.).

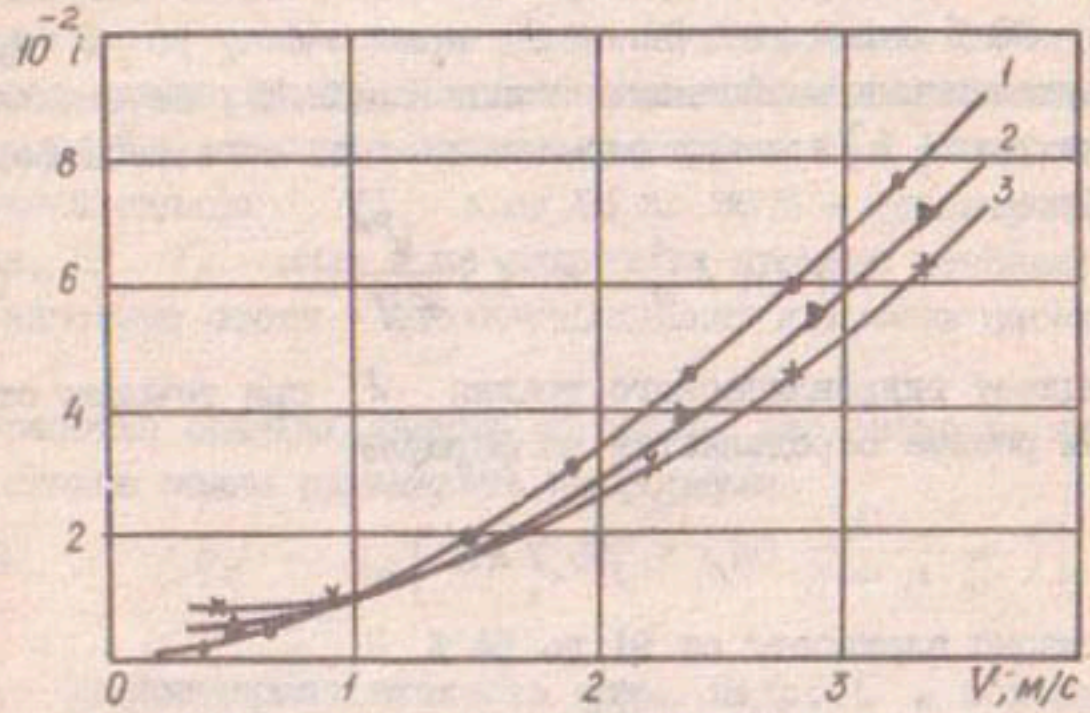


Рис.2. Потери напора при течении животноводческих стоков в алюминиевой трубе (d_y =I30 мм): I – вода; 2 – влажность стоков 97 %; 3 – влажность стоков 94 %

На основании гидравлических исследований, а также агротехнических и мелиоративных требований, согласно которым полив в вегетационный период следует проводить смесью стоков с водой влажностью не менее 98 %, параметры трубопроводов оросительной сети, дождевальных машин и устройств, где течет смесь $Q_{см}$, необходимо рассчитывать по методикам, применяемым в обычных оросительных системах. Необходимо только соблюдать условие незаиления труб и выбирать их диаметры согласно табл.2.

Таблица 2

Критические скорости $V_{кр}$ при течении животноводческих стоков, м/с

Вид стоков	Диаметры труб, мм						
	I50	200	250	300	350	400	500
КРС	0,65	0,7I	0,77	0,82	0,86	0,90	0,95
Свиностоки	0,87	0,96	I,05	I,I2	I,I7	I,2I	I,30

Гидравлические параметры трубопроводов, подающих стоки от накопителя к узлу смешивания, рассчитываются по приведенным формулам (3),(4),(6) при использовании данных табл.2 и соблюдении следующего требования: потребность растений в питательных веществах различна в определенные сроки вегетационного периода; а подача стоков Q_c к узлу смешивания есть величина переменная, выражаемая через степень их разбавления в смеси

$$\gamma = Q_{см} / Q_c \ .$$

Степень разбавления колеблется в определенном интервале

$$\gamma_{min} \leq \gamma \leq \gamma_{max} \ .$$

Поэтому при выборе диаметра трубопровода значение его должно удовлетворять зависимости

$$d_{тр} \leq 0{,}2 \sqrt{\frac{V_c \cdot \delta_c \cdot \rho_c \cdot q_{ср}}{\pi \cdot V_{кр} \cdot M_{ср} \cdot \gamma_{max}}} \ , \qquad (7)$$

где V_c - годовой выход жидкой фракции стоков, м^3; δ_c - содержание питательного элемента, %; ρ_c - плотность стоков, кг/м^3; $q_{ср}$ - гидромодуль, м^3/(с·га); $M_{ср}$ - параметр, учитывающий использование питательных веществ в севообороте, кг/га

$$M_{ср} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{B_i^n}{K_1 \cdot K_2} r_i \ ,$$

где B_i^n - вынос питательного элемента урожаем культуры, кг/га; K_1, K_2 - коэффициенты использования и потерь питательного элемента; r_i - доля площади культуры в севообороте; n - число полей в севообороте.

Потери напора в трубах подачи стоков следует определять при минимальной степени разбавления, когда $Q_c = \frac{Q_{см}}{\gamma_{min}}$. Полученные

на основе гидравлических зависимостей параметры трубопроводов следует уточнить технико-экономическим расчетом. При этом учитывают время работы трубопровода, подающего стоки, стоимость насосных станций и узлов смешивания, которая может достигать 20–30 % стоимости всей системы.

Расчетные зависимости для определения оптимального диаметра трубопровода получены решением уравнения приведенных затрат [3, 4]

$$П = K_н (E_н + R_н) + K_т (E_т + R_т) + S_{эл} , \quad (8)$$

где $K_н, K_т$ – соответственно стоимости насосной станции с узлом смешивания и трубопровода, $S_{эл}$ – годовая стоимость электроэнергии; $E_н, R_н, E_т, R_т$ – нормативные коэффициенты экономической эффективности капвложений и отчислений на капитальный и текущий ремонты.

Приняв, $K_н = A_0 + A \cdot H$, $S_{эл} = t \sigma N$ и $K_т = b_0 + b \cdot d_{тр}^{\alpha}$ A_0, A, b_0, b, α – коэффициенты, зависящие от зоны строительства и материала труб, определяются по графикам $K_н = f(N)$ и $K_т = f(d)$ [4]

N, t – мощность и время работы насосной станции;

$$N = Q_c \cdot H_c / 102 \eta ;$$

$$H_c = H_г + H_м + l_{т-i} ,$$

где $H_г, H_м$ – геодезический и свободные напоры; $i = \varepsilon \frac{Q_c^n}{d_{тр}^m}$ – удельные потери энергии на гидравлическое трение; ε, n, m – коэффициенты и показатели степени, определяемые из зависимостей течения стоков в трубах.

В результате исследования уравнения (8) на минимум функции $П$ по диаметру трубопровода получена зависимость для определения оптимального диаметра трубопровода с учетом стоимости насосной станции и узлов смешивания

$$d_{опт} = Э_{об}^{\frac{1}{\alpha+m}} \cdot Q_c^{\frac{n+1}{\alpha+m}} ; \quad (9)$$

$$Э_{об} = \frac{m \cdot P}{\alpha \cdot b} \left[1 + \frac{A(E_н + R_н)}{t \cdot \sigma} \right];$$

$$P = \frac{10^3}{24} \cdot \frac{\sigma \cdot t \cdot \varepsilon}{\eta (E_т + R_т)} ,$$

где $Э_{об}$ – обобщенный экономический фактор.

Следует отметить, что $Э_{об}$ аналогичен принятому в водоснабжении понятию экономического фактора и отличается от последнего дополнительными параметрами, учитывающими влияние стоимости насосной станции и узла смешивания.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что гидравлические расчеты трубопроводов оросительных систем с использованием стоков имеют отличительные особенности, обусловленные свойствами стоков, агротехническими и мелиоративными требованиями к орошению стоками, а также наличием насосной станции для подачи стоков к узлу смешивания, которая имеет в течении года низкую и переменную загрузку.

Список использованной литературы

I. Буцыкин А.М. Исследование процесса внесения жидкого навоза крупного рогатого скота в почву дождевальными аппаратами. Автореф. дис., канд.техн.наук. - Волгоград, 1975.

2. Жуков А.И. и др. Канализация. Л., 1969.

3. Методические указания по технико-экономическим расчетам закрытых оросительных систем. М., 1973.

4. Митрюхин А.А., Высочинский А.К. Выбор диаметров трубопроводов при оптимизации закрытых оросительных систем. - Науч.тр. ВНИИМиТП, Коломна, 1978, вып.II, с.193-199.

5. Механизация животноводческих ферм. Науч.тр./ВСХИ, Волгоград, 1972, т.XIII.

6. Юфин А.П. Гидромеханизация. М., Стройиздат, 1974.

УДК 631.675.001.2

Н.В.Данильченко, канд.техн.наук,
Н.В.Ягудин,
В.Г.Быков, канд.техн.наук
(ВНПО "Радуга")

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫМИ ПОЛИВАМИ

В настоящее время наряду с повышением технического уровня оросительных систем большое внимание уделяется совершенствованию форм инженерной службы эксплуатации. Создаются специализированные организации, обеспечивающие эксплуатацию врутрихозяйственной части мелиоративных систем (РПО "Полив", межхозяйственные объеди-

нения по мелиорации и др.). В результате их деятельности улучшился ряд эксплуатационных и экономических показателей работы оросительной системы. В то же время уровень управления поливами, определяющий степень соответствия поливного режима условиям конкретного года, остается еще недостаточным. Это не позволяет поддерживать необходимый водный режим почвы на орошаемых полях несмотря на высокую степень готовности поливной техники и оросительной сети, что приводит к недобору урожая и нерациональному использованию поливной техники и водных ресурсов.

Анализ деятельности эксплуатационной службы показывает, что невысокий уровень управления поливами обусловливается прежде всего недостаточной информацией о почвенных влагозапасах. Это связано в первую очередь с трудоемкостью влагометрии, позволяющей в условиях производства измерять влажность почвы по каждому полю не более 1-2 раза в месяц. Следует также учитывать, что для оперативного управления поливами, кроме знаний о текущих почвенных влагозапасах, необходимо располагать прогнозными данными об изменении влажности почвы в ближайшие несколько суток. С этой целью для решения задачи оперативного управления поливами целесообразно применять расчетные методы определения влагозапасов, позволяющие в короткие сроки и с минимальными затратами располагать необходимыми данными.

В США, ГДР и других странах созданы информационно-советующие службы, которые обеспечивают землепользователей рекомендациями о сроках и нормах полива на ближайшие 5-14 суток [1, 2]. Однако использование опыта зарубежных служб в СССР в чистом виде затруднительно из-за различий в организационной структуре ведения сельского хозяйства.

УкрНИИГиМ совместно с Институтом почвенного плодородия (г.Мюнхен, ГДР) проводит работы по адаптации разработанной в ГДР службы ИСС-I применительно к условиям лесостепной зоны Украины [3]. Обработка информации и разработка рекомендаций о прогнозных поливах выполняются в вычислительном центре г.Киева 2 раза в неделю. Служба такого типа предназначена для крупных оросительных систем с близким расположением вычислительных центров и хорошо налаженными каналами передачи информации.

В отличие от рассмотренных выше информационно-советующих служб, в условиях малых (до 30 тыс.га) локальных оросительных систем и удаленности орошаемых массивов друг от друга и от городов, имеющих вычислительные центры, цельсообразно создавать в составе служб

эксплуатации оросительных систем (хозяйств-водопользователей или специализированных эксплуатационных организаций) службу оперативного управления поливами (ОУП).

Служба такого типа позволяет проводить корректировку поливных режимов с малой (I сут) периодичностью для учета меняющихся погодных и организационно-хозяйственных условий, что повышает оперативность управления поливами.

При определении параметров предлагаемой нами службы ОУП в основу положен принцип максимальной ее совместимости с существующей системой управления [4] . В подразделениях существующей службы эксплуатации дополнительно вводится ряд функций, связанных с обеспечением сбора и передачи информации, необходимой для оперативного управления поливами. Центральным звеном технологической службы ОУП является отдел технологического обеспечения орошения (ТООр), который создается на базе имеющейся в эксплуатационных организациях влагометрической службы или ей аналогичной. В отделе ТООр концентрируется вся необходимая информация, обрабатывается в соответствии с разработанными алгоритмами и подготавливаются управляющие решения (рис.I). Структурно-функциональная схема оперативного управления поливами является замкнутой с несколькими контурами информационных связей (рис .2).

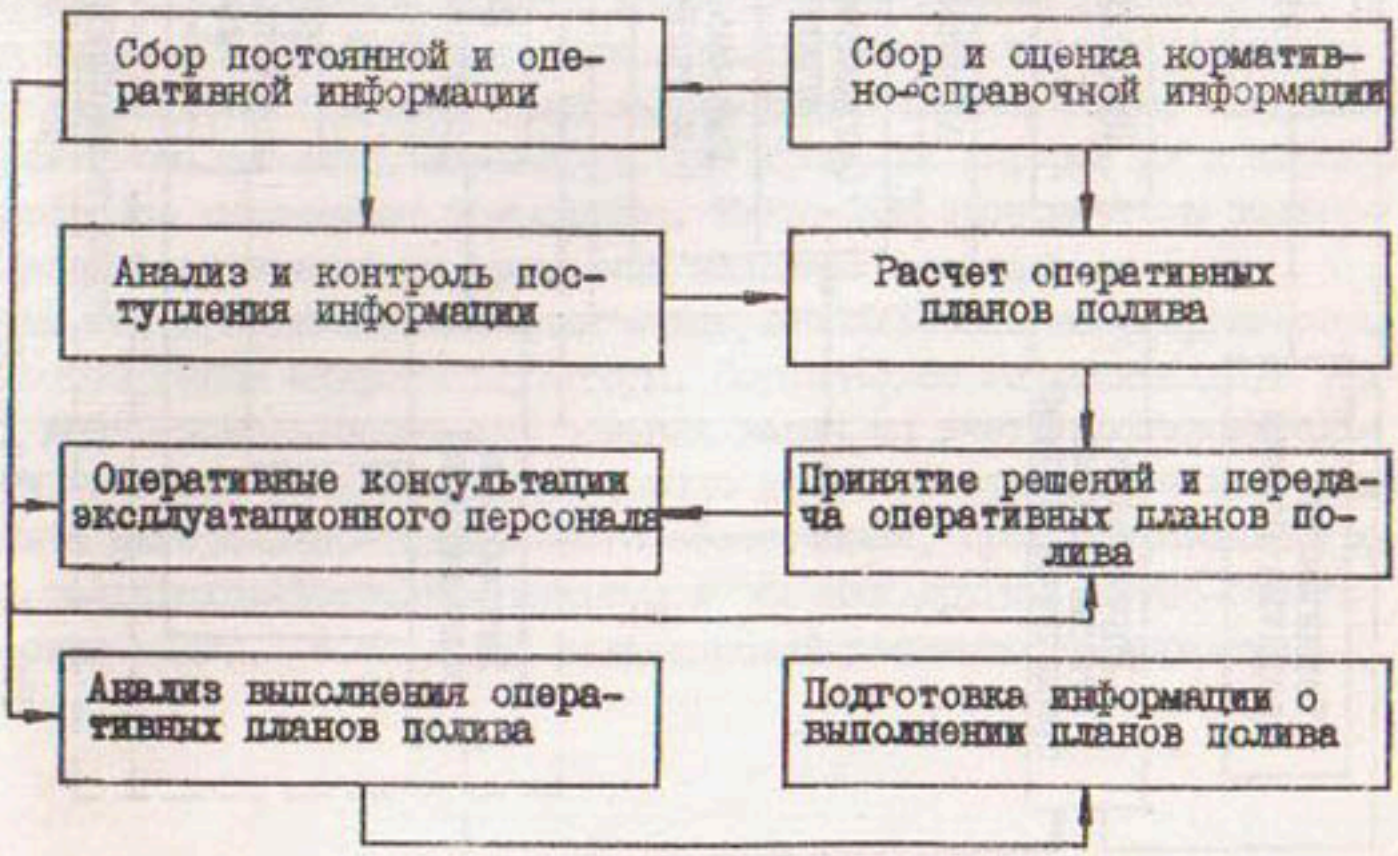


Рис.I. Функциональная структура отдела ТООр

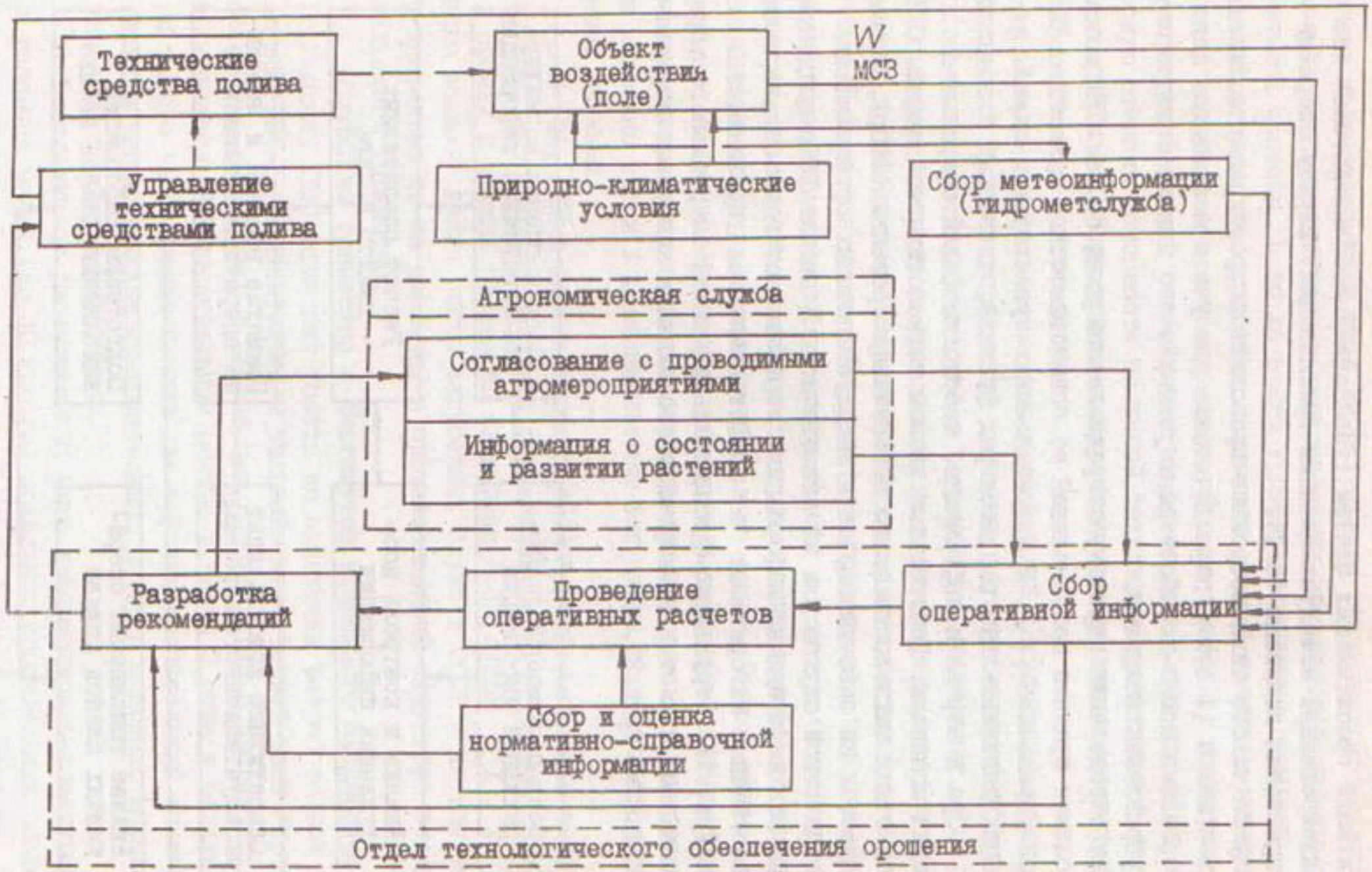


Рис.2. Общая структурно-функциональная схема оперативного управления поливами: W - контрольная влажность почвы; $МСЗ$ - мелиоративное состояние земель; ——► - информационные связи; – – ► - воздействия

Фрагменты технологической службы ОУП отрабатывались в течение ряда лет в природно-хозяйственных условиях Волгоградского Заволжья (в Николаевском РПО "Полив" и отдельных хозяйствах-водопользователях). Функционирование службы позволило оптимизировать поливной режим на сельскохозяйственных полях. За счет этого повысилась на 4-9 % урожайность культур зернокормового севооборота, более рационально использовалась оросительная вода. Удельная экономическая эффективность составляла от 15 до 30 руб./га.

В результате исследований и опытно-производственной проверки определены организационная структура и состав отдела ТООр. При площади обслуживания от 10 до 30 тыс.га отдел состоит из трех подразделений (групп) - группы оперативного планирования поливов (ОПП) в составе инженера-гидротехника, агрометеоролога и техников-операторов (всего 3-4 чел.); группы математического обеспечения в составе инженера и техников-операторов ЭВМ (всего 2-3 чел.), почвенно-мелиоративной лаборатории в составе почвоведа и техников (всего 3-6 чел.). Структура отдела и его групп изменяется в зависимости от обслуживаемой площади орошаемых земель. При площади обслуживания до 5 тыс.га в состав отдела входят инженер-гидротехник и два техника.

В целях хранения и оперативной обработки большого потока информации целесообразно использовать вычислительный комплекс на базе микро-ЭВМ СМ-1800 или аналогичного типа. В состав комплекса входят: интерпретирующий процессор с подключаемым к нему клавишным устройством, дисплей, накопитель для хранения информации и алфавитно-цифровое печатающее устройство. Микро-ЭВМ экономически целесообразно использовать на орошаемых массивах площадью от 5 до 30 тыс.га, при меньшей площади можно использовать микропроцессоры или электронные микрокалькуляторы. Параллельно вычислительную технику можно использовать для решения задач по учету производительности поливной техники, планированию ремонтов сельскохозяйственных машин и материально-технического обеспечения, прогнозированию урожаев сельскохозяйственных культур и решению других учетно-статистических задач, т.е. в АСУ сельскохозяйственного предприятия.

УДК 631.67-52

А.А.Кистанов, инж.,
А.И.Бочкарева, инж.
(ВНИИМиТП)

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРО-ЭВМ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ПОЛИВОВ

Оптимизация поливных режимов - одна из самых актуальных проблем мелиорации.

Привлечение электронно-вычислительной техники для исследования режимов орошения началось с 1967 года в США (была создана модель *AGNET*), одна из задач которой - экономия энергетических ресурсов [1], а с 1977 года создана и широко применяется подпрограмма ИРРИГЕЙТ. Ее основное назначение - оптимизация водного режима почв и прогноза режимов орошения [2].

В СССР в настоящее время используется автоматизированная информационно-советующая система ИСС-1, разработанная в ГДР (Мюхтеберг, 1973 г.) и в 1975 году переданная для эксплуатации УкрНИИГиМу и Укргипроводхозу. Программное обеспечение ИСС-1 составлено на языке ФОРТРАН для ЭВМ БЭСМ-6, объем его около 3,5 тыс.операторов. С 1976 года ИСС-1 используется также на Бортническом орошаемом массиве. Выполнение расчетов проводится 2 раза в неделю. Связь центра службы с пунктами сбора информации и хозяйствами осуществляется по телефону, а на Украине - по телеграфу. Потенциальный экономический эффект от применения рекомендаций ИСС-1 составил в 1976-1979 гг. 20-24 руб. на 1 га [3]. УкрНИИГиМом разрабатывается система второго поколения ИСС-2, включающая дополнительные функции.

Основным недостатком применения больших и средних ЭВМ для расчета режимов орошения является отсутствие оперативности из-за сложности организации надежно действующей системы связи на большой территории. Уменьшение площади, закрепленной за информационно-вычислительным комплексом (ИВК), позволит применять мини- и микро-ЭВМ, обладающие такими достоинствами, как относительно меньшая стоимость и простота обслуживания при эксплуатации.

Основными факторами, влияющими на выбор технических средств, являются: объем памяти (оперативной и внешней); наличие достаточно мощных устройств вывода результатов в виде, пригодном для передачи исполнителям; возможность расширения состава выполняе-

мых функций (прием информации от датчиков, непосредственное управление объектами, передача информации на ЭВМ более высокого уровня) и программного обеспечения.

Другие факторы, такие как наличие языков программирования высокого уровня, быстродействие и точность представления чисел в настоящее время не являются определяющими, так как все выпускаемые мини – и микро–ЭВМ удовлетворяют поставленным требованиям.

Из числа производимых серийно ЭВМ для работы в составе ИВК могут быть рекомендованы микро–ЭВМ СМ–1800 и программоуправляемая электронная клавишная вычислительная машина (ПЭКВМ) "Искра–226". Обе эти машины имеют несколько модификаций. В минимальных конфигурациях (СМ 1803.01 и "Искра–226" исполнение 5) технические средства включают процессор, дисплей, алфавитно–цифровое печатающее устройство и накопитель на кассетной магнитной ленте или на гибком диске.

Средства программирования позволяют осуществлять программирование на языке высокого уровня типа БЭЙСИК. Максимальные конфигурации (СМ 1803.03 и "Искра–226" исполнения 3 и 6) позволяют осуществлять сбор информации от различных датчиков, управление исполнительными устройствами и связь с ЭВМ типа СМ или ЕС.

Названные микро–ЭВМ экономически целесообразно использовать на орошаемых массивах площадью от 5 до 30 тыс.га.

Из–за отсутствия упомянутых выше ЭВМ отработка алгоритма, определение структуры входных и выходных данных и опытная эксплуатация проводились на имеющейся в распоряжении авторов ЭВМ "Наири–3", которая также может найти ограниченное применение.

Нормативным документом для создания настоящей разработки послужили материалы к проекту руководства по организации службы технологического обеспечения орошения, одной из функций которой является оптимизация поливных режимов.

Предполагается, что система автоматизированного управления оперативным планированием эксплуатационных режимов орошения сельскохозяйственных культур найдет применение в системе инженерной службы эксплуатации внутрихозяйственных оросительных систем (РПО "Полив", Союзсельхозтехника, колхозы, совхозы) и организовывается параллельно с их диспетчерской службой.

Для проектируемой системы необходим непрерывный в течение всего оросительного периода оперативный расчет. Основным показа-

телем, с помощью которого осуществляется планирование поливов, является влажность почвы. В начале оросительного сезона измеряется стартовая влажность, а последующие ее изменения устанавливаются расчетным путем. Возможна следующая классификация данных.

Общая информация. Первая ее часть – постоянная. Она поступает в центр по расчету перед началом вегетации один раз в год. Это шесть таблиц заданного образца, включающие: модули испаряемости по данным "своей" метеостанции на весь вегетационный период, суточную испаряемость на год ожидания, значения микроклиматических коэффициентов по месяцам вегетации для заданной природной зоны, значения биологических коэффициентов в зависимости от суммы температур и слоя активного влагообмена в почве через десятидневки от начала вегетации для всего ряда возделываемых культур на данном севообороте, предполагаемые затраты воды на испарение и снос влаги при дождевании в зависимости от суточной испаряемости и с учетом скорости ветра, значения коэффициента корректировки, учитывающего связь суммарного испарения и продолжительности срока перехода влагозапасов через критический уровень.

Вторая часть общей информации – оперативная. Это ежедневные метеоданные на расчетный период: температура в день расчета, скорость ветра, относительная влажность воздуха, осадки, а также прогноз температур на 5 дней ежедневно и на I0 дней по пентадам каждого месяца. При отсутствии прогноза температур расчет проводится по дополнительной методике – с использованием суточной испаряемости на год ожидания.

Кроме общей, используется информация по каждому полю, состоящая из трех частей.

Первая часть – постоянная информация. Это площадь поливного участка, код возделываемой культуры, дата начала вегетации, параметры закрепленной за участком поливной техники, коэффициент снижения эрозионно-допустимой поливной нормы, коэффициент использования грунтовых вод в зависимости от глубины корневой системы и глубины залегания грунтовых вод, агрогидрологические данные участков. Перечисленные данные сведены в три таблицы, которые заполняются отдельно по каждому полю.

Вторая часть информации – оперативные данные: глубина залегания грунтовых вод и поливная норма – показания водомера. Эта информация вводится в процессе решения на ЭВМ (работа организова-

на в диалоговом режиме).

Третья часть - "информация состояния". Это данные, которые от начала вегетации корректируются машинным расчетом: влагозапасы в расчетном слое почвы, глубина корневой системы возделываемой культуры, сумма температур, суточная испаряемость за предыдущие 10 суток. "Информация состояния" ежедневно выводится на внешний носитель, чтобы на следующий день участвовать в расчете. Этот массив можно программно корректировать на основе контрольных замеров влажности почвы в течение всего вегетационного периода.

Предлагаемый пакет программ проводит обработку перечисленных данных в следующем порядке. Сначала ежедневный расчет, в результате которого по каждому поливному участку вычисляются текущие влагозапасы в почве, критические запасы влаги, водопотребление за расчетный период и поливная норма нетто во время полива - корректируется "информация состояния". Затем проводится пятидневный скользящий прогнозный расчет, в котором рассчитываются водопотребление за расчетный период, возможная дата и продолжительность полива, а также поливная норма. По пентадам каждого месяца проводится десятидневный прогнозный расчет (с перекрытием). Выходные результаты - по тем же показателям, что и в пятидневном расчете.

Печать результатов проводится после того, как проведен полный расчет по всем полям (одновременный расчет для ЭВМ "Наири-3" ограничен до 10 полей). Расчет одного поля вместе с загрузкой данных и печатью результатов занимает в среднем 1,5-2 мин. Следовательно, с помощью одной ЭВМ можно ежедневно просчитывать до 200 полей. Пример расчета представлен на рис.1.

Проверка алгоритма была проведена на хозяйствах Волгоградского заволжья - совхоз "Мелиоратор" и ОПХ "Россия" ВНИИОЗа Николаевского района. Производственная проверка программы проводилась в хозяйствах Коломенского района.

Внедрение такого информационно-вычислительного комплекса приведет к снижению трудозатрат, увеличению урожайности орошаемых сельскохозяйственных культур на 5-10 %, увеличению годового экономического эффекта на зернокормовых севооборотах в размере 15-35 руб./га.

ДАТА РАСЧЕТА:
ЧИСЛО 14
МЕСЯЦ 6
ТЕМПЕРАТУРА 21,5
СКОРОСТЬ ВЕТРА 2,3
ОТНОСИТ. ВЛАЖНОСТЬ 57
ОСАДКИ 0
ПРОГНОЗ ТЕМПЕРАТУР:НА 5 ДН 20
НА 10 ДН 19,5

ПОЛЕ N 1
Н(Г) 4
ПОЛИВНАЯ НОРМА 0

ПОЛЕ N 2
Н(Г) 4
ПОЛИВНАЯ НОРМА 0

ПОЛЕ N 3
Н(Г) 5
ПОЛИВНАЯ НОРМА 0

ПОЛЕ N 4
Н(Г) 4,5
ПОЛИВНАЯ НОРМА 0

ПОЛЕ N 100

ЕЖЕДНЕВНЫЙ РАСЧЕТ

НОМЕР ПОЛЯ	ВЛАГОЗАПАСЫ мм	КРИТИЧЕСКИЕ ЗАПАСЫ ВЛАГИ мм	ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ мм	ПОЛИВНАЯ НОРМА НТ мм
1	+178,3	+170,9	+4,4	+0,0
2	+283,0	+231,5	+3,8	+0,0
3	+229,8	+206,9	+2,7	+0,0
4	+261,5	+239,8	+3,8	+0,0

ПЯТИДНЕВНЫЙ ПРОГНОЗ

НОМЕР ПОЛЯ	ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ мм	ПОЛИВНАЯ НОРМА мм	ДАТА ПОЛИВА	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛИВА ДНЕЙ
1	+27,3	+55,6	15 6	+6,1
2	+23,2			
3	+16,4			
4	+23,2	+58,6	19 6	+4,2

ДЕСЯТИДНЕВНЫЙ ПРОГНОЗ

НОМЕР ПОЛЯ	ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ мм	ПОЛИВНАЯ НОРМА мм	ДАТА ПОЛИВА	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛИВА ДНЕЙ
1	+53,3	+59,6	15 6	+6.1
2	+45,3			
3	+32,0	+57,2	21 6	+4,1
4	+45,3	+58,6	19 6	+4,2

Рис.I. Пример расчета

Список использованной литературы

1. *Implementation and acceptance of the Agnet irrigation scheduling model by farmers in Missuri. ASAE & CSAE, 1979.*

2. *Irrigation scheduling-technology transfer program using Agnet computer system and other tools. ASAE & CSAE, 1979.*

3. Остапчик В.П. и др. Автоматизированная информационно-советующая система оперативного планирования орошения. - Гидротехника и мелиорация, М., 1981, № 3.

УДК 631.67-52

А.Ф.Абрамов, канд.экон.наук,
А.И.Козлов, канд.техн.наук,
И.В.Пак, канд.с.-х.наук,
Н.А.Луканин, инж.
(ВНИИМиТП)

К ВОПРОСУ СРАВНЕНИЯ СИСТЕМ ГИДРОТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ

Одной из основных задач научно-технического прогресса в области орошения является создание технически совершенных оросительных систем с максимальной степенью механизации и автоматизации процесса полива, обеспечивающих получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В настоящее время у нас в стране и за рубежом интенсивно ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по автоматизации оросительных систем; разрабатываются различные схемные решения автоматизации как элементов, так и системы в целом, с целью повышения производительности труда и эффективности использования оросительной воды.

Оросительная система как объект управления характеризуется рядом особенностей: значительной разбросанностью - это приводит к большой протяженности линий связи; жесткими условиями эксплуатации (дождь, пыль, большие перепады температур), требующими надежной защиты от воздействия среды.

При автоматизации оросительных систем должны учитываться закономерности преобразования поливной воды в почвенную влагу в конкретных условиях, ее расходование на испарение и инфильтрацию, закономерности движения воды по трубопроводам и водораспределительным сооружениям и должно обеспечиваться регулирование водоподачи в соответствии с установленными зависимостями. При этом могут быть применены следующие виды автоматических операций: дистанционное управление, техническая сигнализация, автоматическая блокировка, автоматическое регулирование.

В качестве линий телеуправления используются электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные каналы связи [I, 2] Привод затворов осуществляется с помощью электродвигателей, а также пневматическими и гидравлическими исполнительными механизмами. Последние по конструкции отличаются простотой и надежностью.

Известны схемы дистанционного управления исполнительными механизмами по индивидуальным линиям связи [I], а также матричная схема управления гидроприводными устройствами [3].

При ограниченном числе объектов преимущества схемы дистанционного управления по индивидуальным линиям очевидны. При размещении объектов управления на участке, имеющем форму правильного четырехугольника, применима матричная схема управления, где сработка гидропривода происходит при совпадении сигналов, поступающих от продольной и поперечной линий.

При древовидной схеме размещения водопроводящей сети оросительной системы и произвольном размещении на ней объектов управления перспективна многоканальная схема управления.

На основании проведенного анализа дистанционно управляемых систем представилось возможным предложить существенно новые многоканальные гидропневматические схемы телеуправления орошением.

I. Многоканальная схема индивидуального управления запорными органами с гидроприводом (рис.I) включает: насосную станцию, пульт управления, задатчик команд, управляющие трубки, многокаскадный приемник команд, магистральный и распределительный трубопроводы, гидроприводную задвижку, поливной трубопровод. Основными элементами управления многоканальных систем являются программное устройство, состоящее из пульта управления и задатчика команд, и многокаскадные приемники команд. Задатчик команд состоит из набора определенного числа электромагнитных клапанов в зависимости от количества управляющих трубок. Пульт управления задатчика команд поочередно, через определенные промежутки времени подключает исполни-

тельные устройства в соответствии с выбранным кодом их включения. Режим работы системы управления и контроля программного устройства может быть дистанционный с автоматическим управлением и по заданной программе.

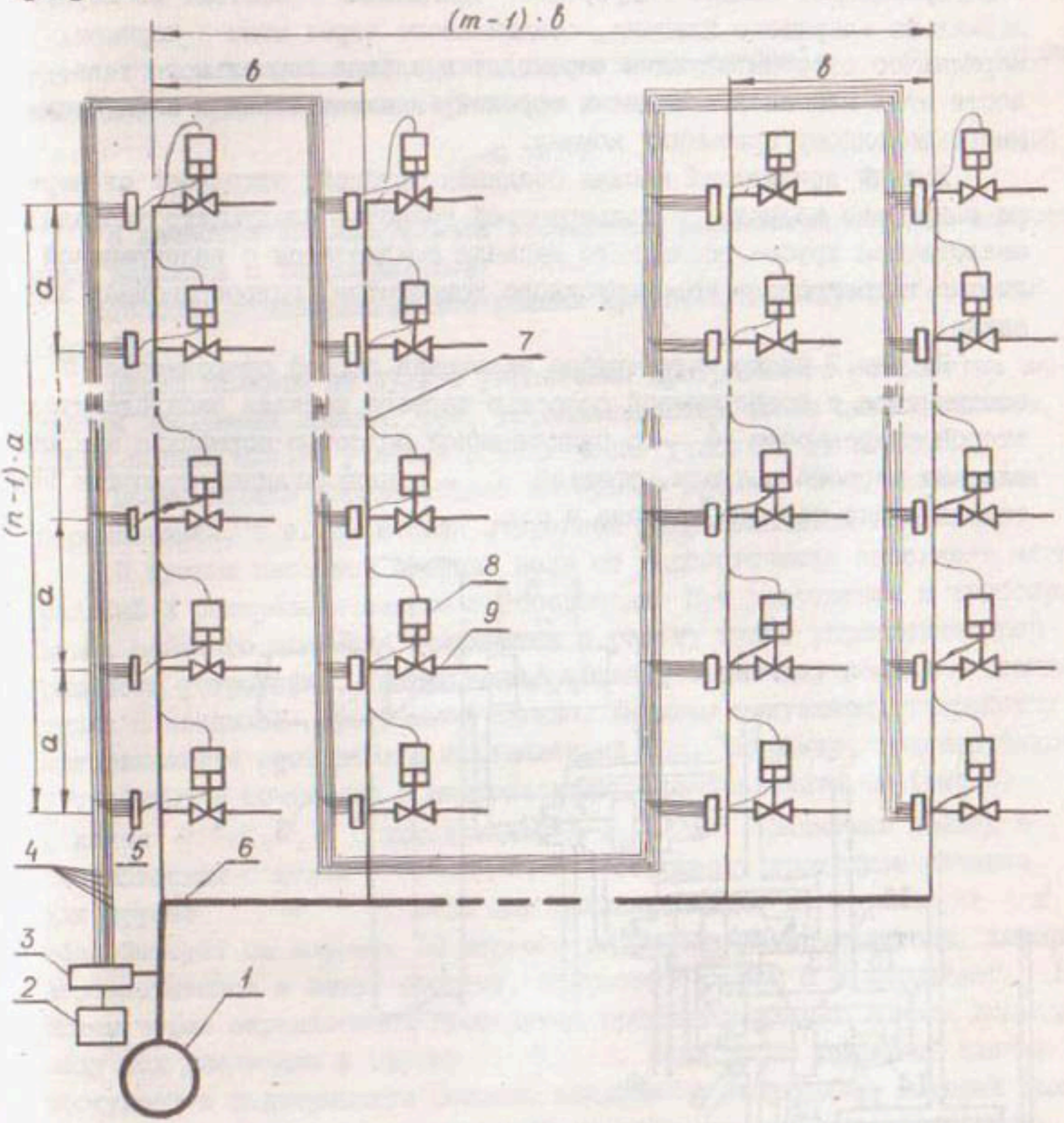


Рис.I. Многоканальная схема индивидуального управления запорными органами с гидроприводом: I - насосная станция; 2 - пульт управления; 3 - задатчик команд; 4 - управляющие трубки; 5 - многокаскадный приемник команд; 6 - магистральный трубопровод; 7 - распределительный трубопровод; 8 - гидроприводная задвижка; 9 - поливной трубопровод

Другим, не менее важным элементом управления системы является многокаскадный приемник команд (рис.2). Приемник представляет собой последовательно соединенное определенное число гидрореле в зависимости от числа управляющих трубок и, следовательно, объектов управления. Каждое гидрореле приемника состоит из корпуса, нормально закрытого клапана, соединенного через шток с поршнем. Поршень со стороны пружины переходит в клапан нормального типа. лости этих клапанов соединены трубкой и имеют отвод к следующему многокаскадному приемнику команд.

Каждый предыдущий каскад соединен трубкой, отходящей от нормально закрытого клапана, с подпоршневой полостью следующего каскада, а аналогичная трубка последнего каскада соединяется с подпоршневой полостью гидропривода водовыпускного устройства (гидроприводная задвижка).

Из рис.2 видно, что трубка включения первой очередности *a* соединяется с подпоршневой полостью первого каскада распределителя, второй очередности *b* - с надклапанной полостью нормально закрытого клапана первого каскада, третьей *c* - с надклапанной полостью закрытого клапана второго каскада и т.д.

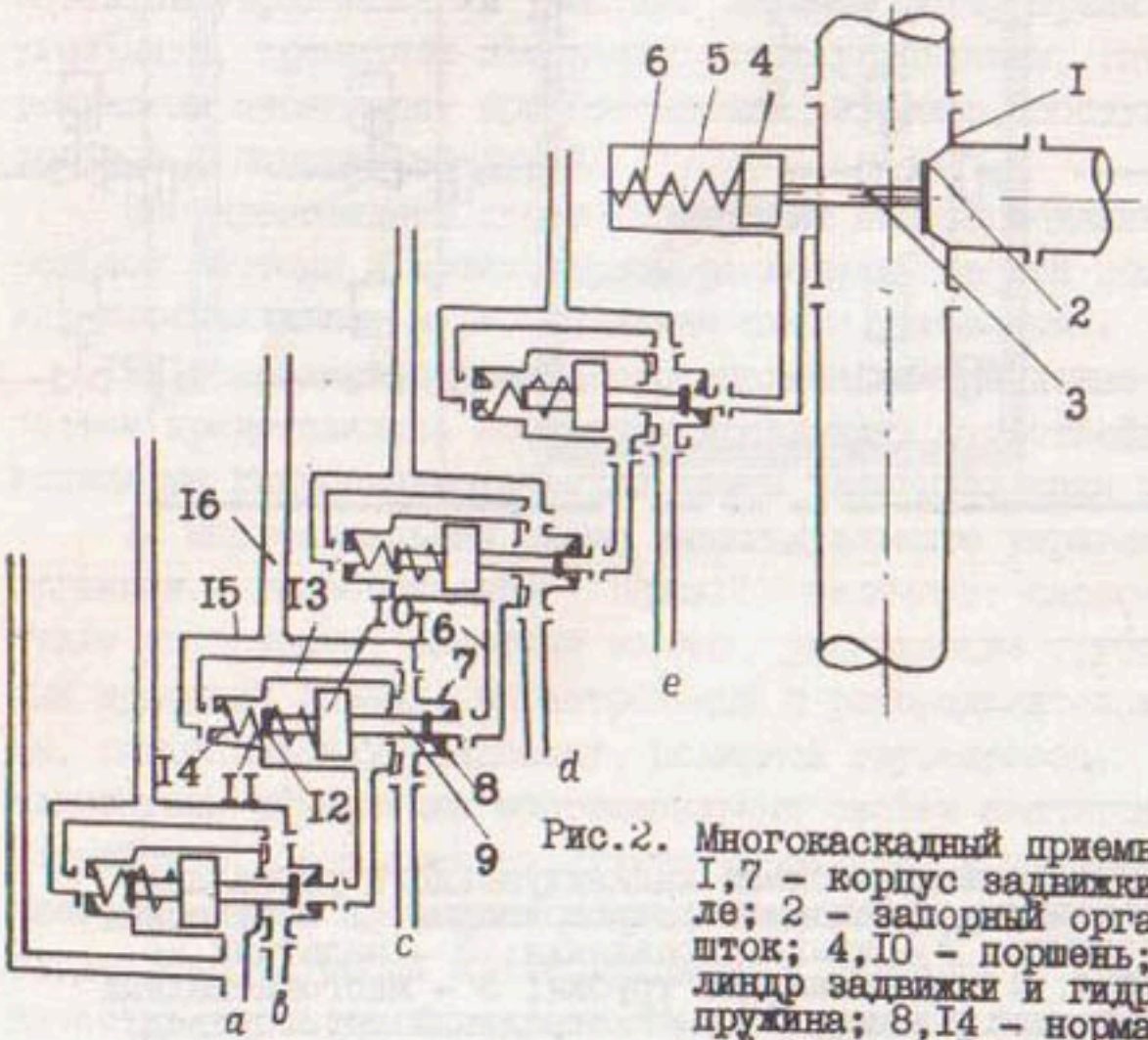


Рис.2. Многокаскадный приемник команд: I,7 - корпус задвижки и гидрореле; 2 - запорный орган; 3,9 - шток; 4,I0 - поршень; 5,I3 - цилиндр задвижки и гидрореле; 6,II - пружина; 8,I4 - нормально закрытый клапан; I2 - клапан; I5,I6 - трубки

Общее число объектов управления зависит от числа линий связи и каскадов в многокаскадном распределителе и определяется по формуле

$$N = n(n-1)\cdot(n-2)\cdot(n-3)\ldots(n-p)\ , \qquad (I)$$

где n – число линий связи (управляющих трубок); p – число каскадов в многокаскадном приемнике команд

$$p \leqslant n-1\ . \qquad (2)$$

В качестве исполнительных элементов применяются серийно выпускаемые задвижки с гидроприводом.

Работа в автоматическом режиме происходит следующим образом (рис.I).

Перед поливом на пульте управления программного устройства задается программа полива, т.е. устанавливается число циклов полива, время полива одного участка и исключение участков из полива.

Время полива соответствует интервалу времени между командами переключения, т.е. включения очередной гидроприводной задвижки.

С пуском насосной станции вода от водоисточника заполняет магистральный и распределительные трубопроводы. При достижении в трубопроводах рабочего давления включается в работу пульт управления программного устройства, который дает команду задатчику команд в соответствии с заданной программой полива. Каждому выпускному устройству присваивается свой вполне определенный код. Например, водовыпускному устройству в сочетании с многокаскадным распределителем (рис.2) с кодом a,b,c,d,e присваиваем № I. Задатчик команд в соответствии с кодом a,b,c,d,e открывает проходное сечение для трубки a. Вода под давлением идет по трубке a и воздействует на поршень I0 первого гидрореле распределителя, который, переместившись в левую сторону, открывает клапан 8 и закрывает I2. Затем через определенный промежуток времени задатчик команд подает воду под давлением в трубку b. Вода через открытый клапан 8 поступает в подпоршневую полость следующего гидрореле, который также открывает клапан 8 и закрывает I2, и так далее для каждого каскада, пока задатчик команд не подаст воду под давлением в трубку e. Вода поступает через открывшийся клапан 8 в подпоршневую полость гидроцилиндра гидроприводной задвижки и открывает ее. Поливной участок включается в работу.

При данном соединении управляющих трубок с многокаскадным (4-каскадным) приемником водовыпускное устройство включается только при подаче сигналов по трубкам в последовательности a, b, c, d, e а при любой другой последовательности подачи сигналов по управляющим трубкам, гидропривод данного водовыпускного устройства не срабатывает.

После выдачи поливной нормы пульт управления выдает команду задатчику команд, который сбрасывает давление с управляющих трубок. Работающее выпускное устройство закрывается, клапаны многокаскадного приемника команд занимают исходное положение. Затем в соответствии с программой подключения участков задатчик команд начинает в заданной последовательности подключать источник давления к управляющим трубкам соответственно коду нового участка.

В рассмотренном случае максимальное число объектов управления, управляемых пятью линиями связи, равно

$$N = 5(5-1)\ (5-2)\ (5-3)\ (5-4) = 120.$$

В качестве сигнала управления, помимо давления воды, может быть использовано давление воздуха.

При любой системе управления орошением необходимо знать удельный расход управляющей трубки на 1 га. Для многоканальной схемы индивидуального управления запорными органами с гидроприводом этот показатель определяется по формуле

$$L_т = [(n-1)\cdot\alpha\cdot m + (m-1)\cdot\beta]\cdot\pi\ , \qquad (3)$$

где α – расстояние между поливными трубопроводами (задвижками); β – расстояние между распределительными трубопроводами; n – число задвижек на распределительном трубопроводе; m – число распределительных трубопроводов; π – число электрогидроуправляемых клапанов (КЭГ).

Расчет удельного расхода управляющей трубки на га производился для систем площадью от 3000 до 50 га при соотношении сторон 1:1; 1:2; 1:5; 1:10 и участков систем площадью 25; 2,5; 1; 0,5 га.

На рис.3 представлены графики удельного расхода управляющей трубки для схемы с индивидуальным управлением. Расход управляющей трубки для данной схемы не зависит от соотношения сторон системы, а в зависимости от площадей участков на системе колеблется от 50 до 1000 м или от 4 до 70 кг полиэтилена на гектар.

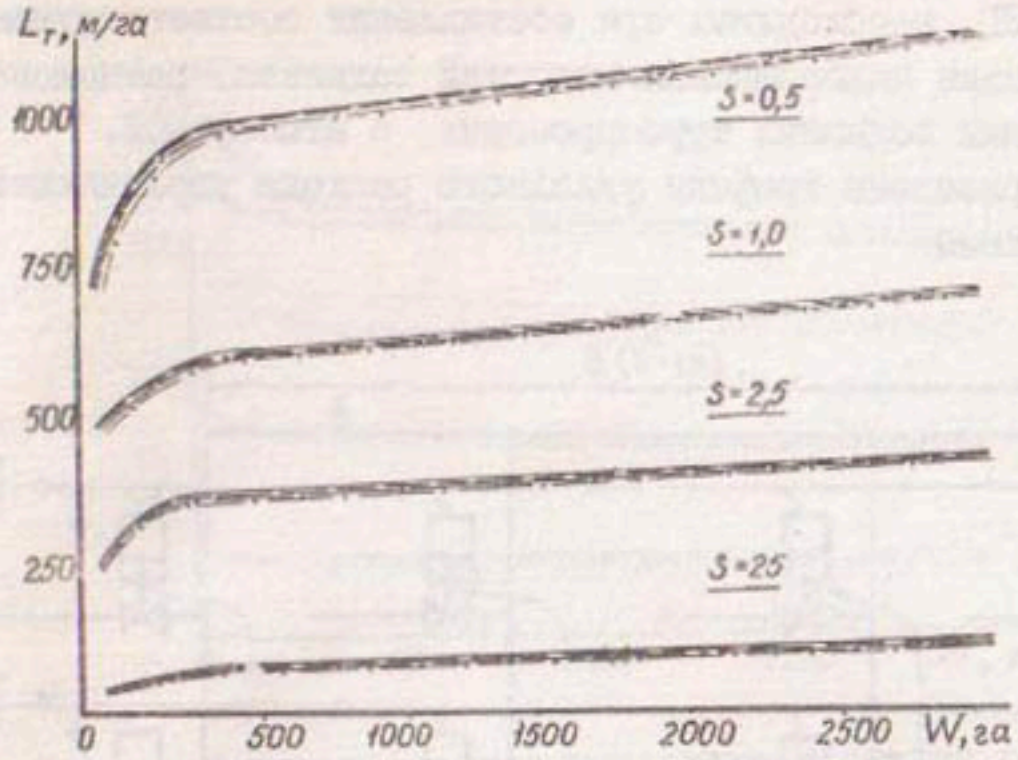


Рис.3. Удельный расход управляющей трубки для многоканальной схемы индивидуального управления запорными органами с гидроприводом: ——— - при соотношении сторон I:I; – – – – при соотношении сторон I:2; —v— - при соотношении сторон I:5; ——·—— - при соотношении сторон I:I0

2. Комбинированная схема дистанционного управления запорными органами с гидроприводами (рис.4). сочетает в себе многоканальную и матричную схемы дистанционного управления водораспределением запорными органами. Пульт управления с задатчиком команд имеет здесь возможность составлять два независимых кода с определенным числом трубок с синхронной их работой.

Каждой гидроприводной задвижке (рис.4) присвоены два независимых определенных кода, которые обеспечивают управление задвижкой.

Для того чтобы открыть какую-либо задвижку, необходимо соединить определенным кодом ее надпоршневую полость с атмосферой, а подпоршневую - с источником напора другим кодом, поданным синхронно первому.

Удельный расход управляющей трубки для этой схемы рассчитывается по формуле

$$L_т = (m-1)\cdot b\cdot n + (n-1)\cdot a\cdot m + (m-1)\cdot b\cdot П_1 + (n-1)\cdot a\cdot П_2 , \quad (4)$$

где $П_1$ - число КЭГ, необходимых при составлении соответствующего кода для соединения подпоршневых полостей задвижек, относящих-

ся к одному распределительному трубопроводу с источником напора;

$П_2$ – число КЭГ, необходимых при составлении соответствующего кода для соединения надпоршневых полостей задвижек, расположенных на соответствующих поливных трубопроводах, с атмосферой.

На рис.5 приведены графики удельного расхода управляющей трубки для данной схемы.

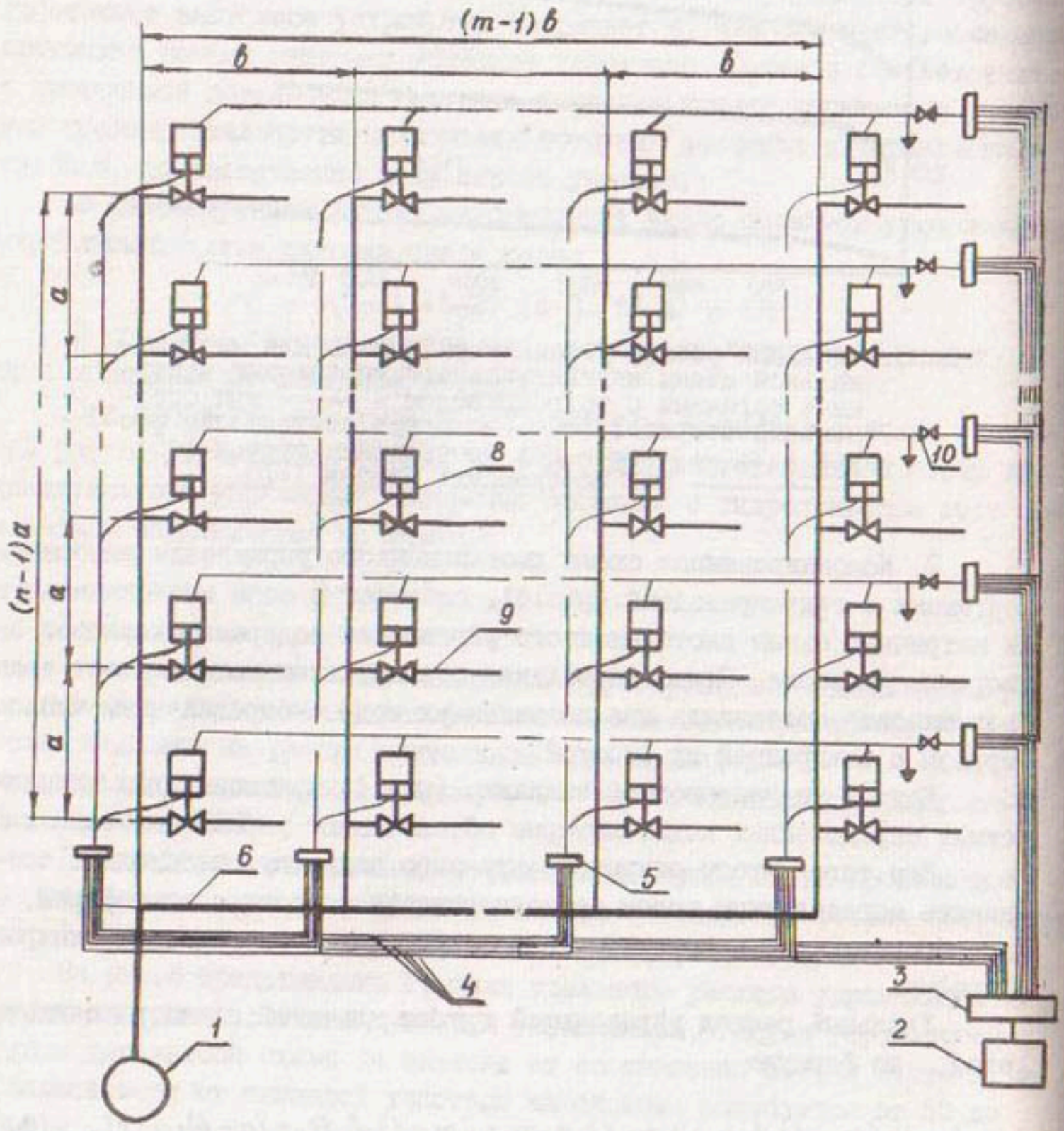


Рис.4. Комбинированная схема (многоканальная и матричная) дистанционного управления запорными органами с гидроприводом: I...9 – см.рис.I; I0 – трехходовой кран

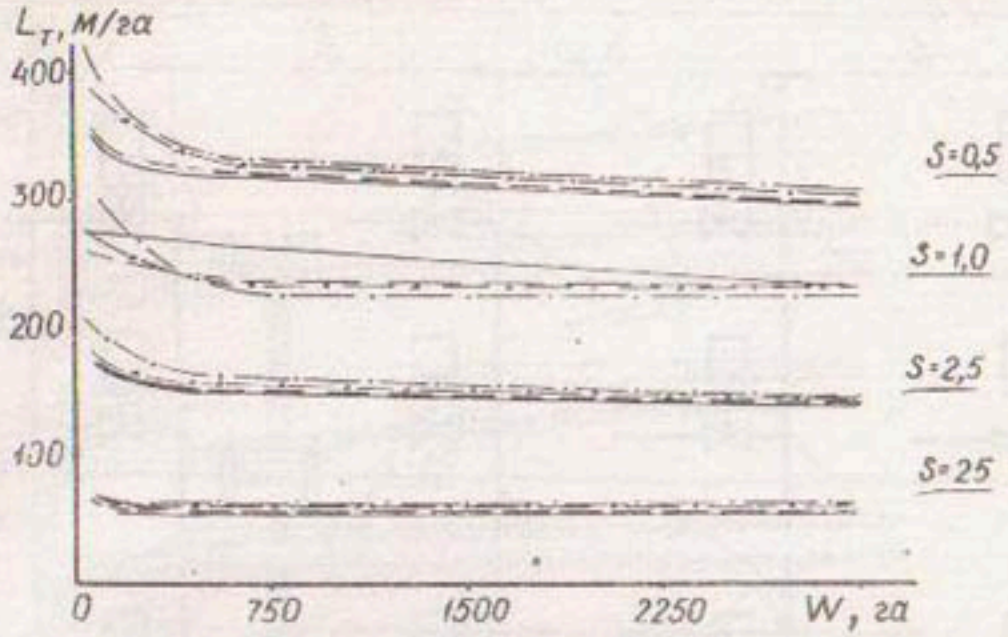


Рис.5. Удельный расход управляющей трубки при комбинированной (многоканальная и матричная) схеме дистанционного управления запорными органами с гидроприводом: ——— - при соотношении сторон I:I; — — — — при соотношении сторон I:2; —v— - при соотношении сторон I:5; —.— - при соотношении сторон I:I0

Преимуществом данной схемы по сравнению с многоканальной является меньшая рассредоточенность многоканального управления по орошаемой площади и значительно меньший расход управляющей трубки на га (до 400 м или до 30 кг полиэтилена на гектар).

3. Многоканальная схема дистанционного управления группой запорных органов с гидроприводом представлена на рис.6. Управление запорными органами этой схемы аналогично управлению при многоканальной схеме индивидуального управления с той лишь разницей, что один приемник команд управляет не одной гидроприводной задвижкой, а группой.

Расчет удельного расхода управляющей трубки производился для различного числа групп запорных органов, управление которыми осуществляется одним приемником команд, а именно: для площади участка 25 га K = I; 3; 6; для площади участка 2,5 га K=2; 6; I2; для площади участка I,0 га K =5; I5; 25 по формуле

$$L_т = (m-1)\cdot b(n+\pi) + (n-1)\cdot a\cdot\pi\cdot m / K \quad . \qquad (5)$$

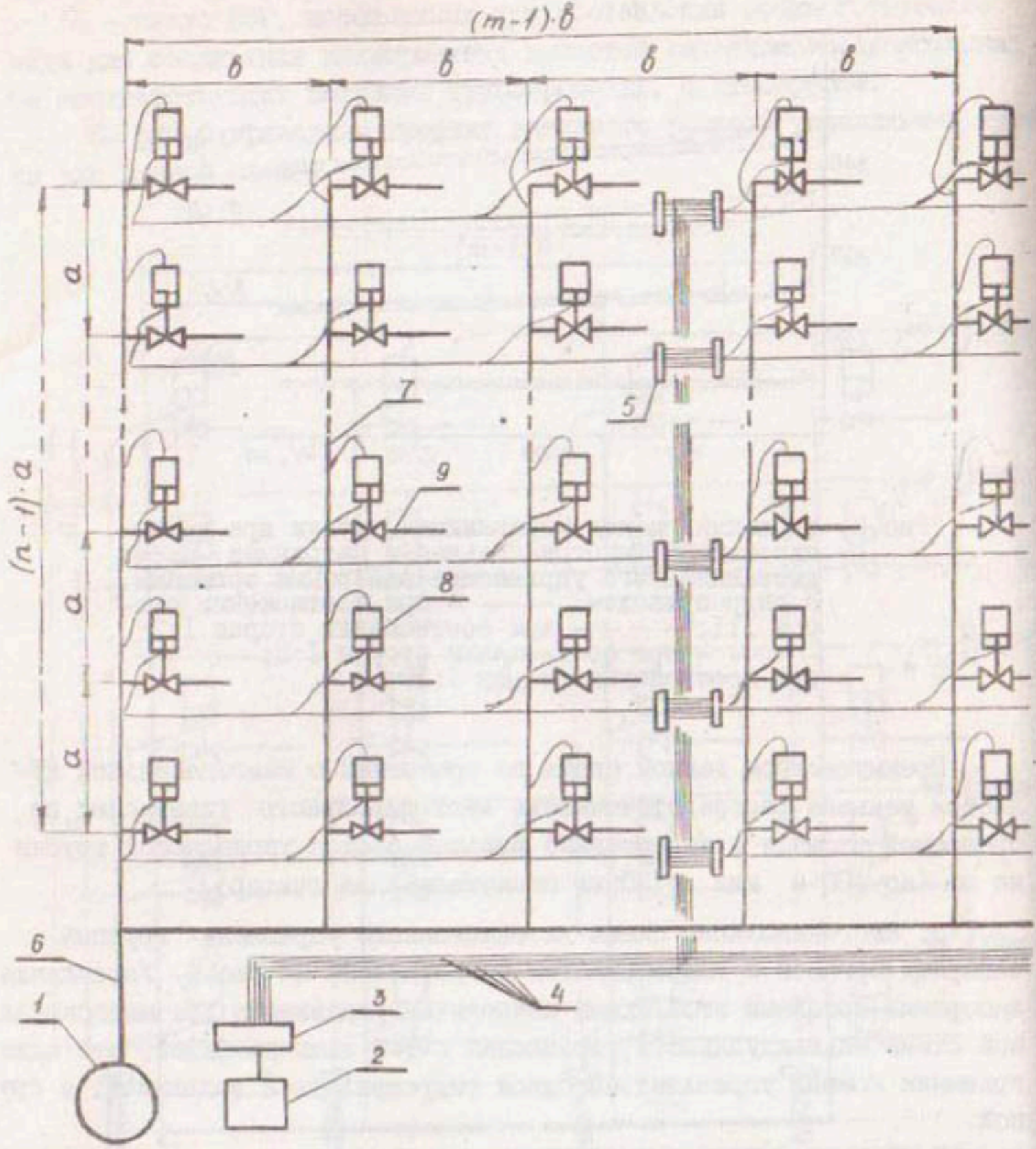


Рис.6. Многоканальная схема дистанционного управления группой запорных органов с гидроприводом (I...9 - см. рис.I)

На рис.7 приведены графики удельного расхода управляющей трубки для этой схемы. Расход управляющей трубки на I га для этой схемы ниже, чем для 2-х рассмотренных выше и составляет от I0 до 350 м или от I до 25 кг.

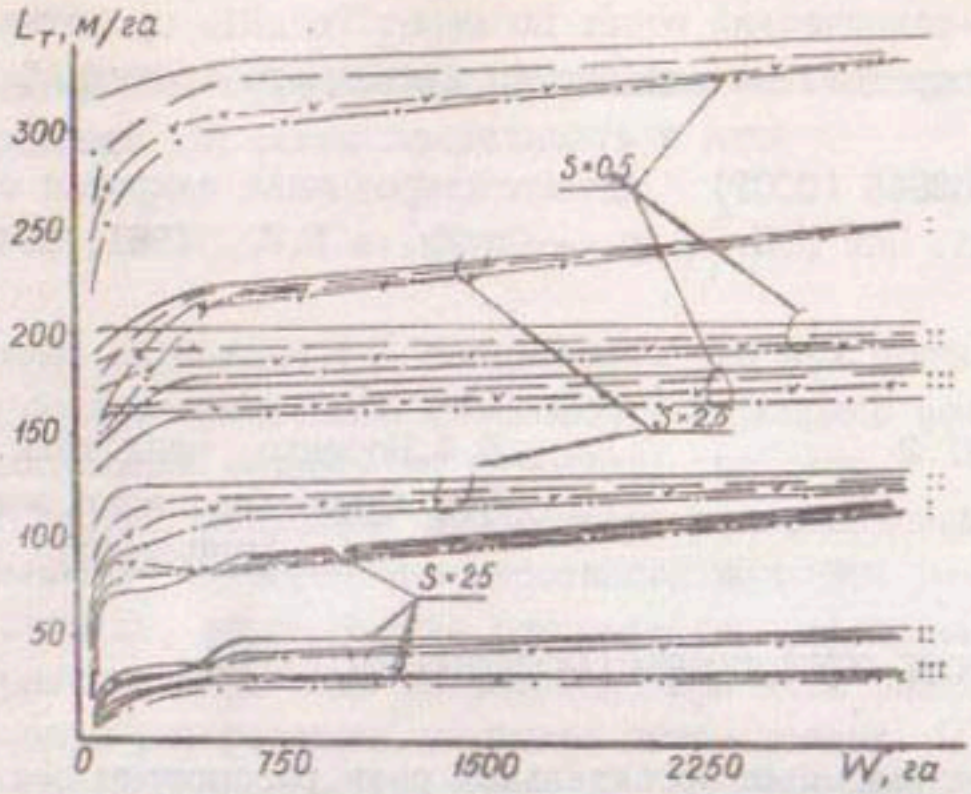


Рис.7. Удельный расход управляющей трубки для многоканальной схемы дистанционного управления группой запорных органов с гидроприводом: ——— - при соотношении сторон I:I; — — — - при соотношении сторон I:2; —v— - при соотношении сторон I:5; —·— - при соотношении сторон I:I0

Многоканальная схема дистанционного управления группой запорных органов с гидроприводом является наиболее перспективной из 3 рассмотренных в статье и имеет следующие преимущества: меньшую потребность в расходе управляющих трубок на один га; независимость удельного расхода управляющей трубки для систем с различными соотношениями сторон; возможность применения резервирования и, следовательно, повышения надежности работы управления водораспределением; упрощено программное устройство - используется небольшое число клапанов, необходимых для управления системой (до I0); возможность управления поливом с одного пульта на системах с площадью от нескольких сот до нескольких тысяч гектаров.

Список использованной литературы

I. Вестендорф. Дождевальные системы для полива садов в бассейне р.Хафель.-Гидротехника и мелиорация, I979, I2.

2. Винокур Е.Я. Оптимизация стационарных дождевальных систем. Автореферат, М., I979.

3. Научно-технический отчет по теме:"Создать средства автоматизации водораспределения для систем капельного орошения". Кишинев, 1979.

4. А.с. 862866 (СССР) Автоматизированная закрытая оросительная система. Пак И.В. и др. - Опубл. в Б.И., 1981, №34.

УДК 626.820.001.2

В.Ф.Носенко, канд.техн.наук,
В.А.Афанасьев, канд.техн.наук
(ВНИИМиТП)

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

С целью оптимизации оросительной сети рассмотрим сеть одного севооборотного массива, в которую подается постоянный ток воды Q, равный произведению площади системы ω и расчетной ординаты гидромодуля q, т.е.

$$Q = q \cdot \omega \,. \qquad (1)$$

Оросительная сеть представляет собой разветвленные водоводы, размещенные на территории по упорядоченной, как правило, прямоугольной схеме, позволяющие при помощи регулирующей арматуры, средств автоматизации и поливных устройств распределять воду на структурные единицы оросительной системы (поле севооборота, поливной участок, делянки одновременного полива и обработки), подкомандные водоводам разного порядка.

В общем случае капитальные затраты C на строительство сети закрытых трубопроводов определяются выражением

$$C = \sum_{i=1}^{n} (a + b d_i^{\alpha})\, l_i \,, \qquad (2)$$

где d_i и l_i - соответственно диаметры и длина участков трубопроводов сети различного порядка; a, b, α - коэффициенты, зависящие от материала трубопроводов, условий их строительства и эксплуатации.

Имея в виду, что диаметры и пропускная способность q_i участков трубопроводов связаны между собою зависимостью

$$d_i = m \cdot q_i^{t} \,, \qquad (3)$$

где m и γ – коэффициенты, зависящие от материала трубопроводов, выражение (2) можно представить в виде

$$C = \sum_{i=1}^{n} (a + \lambda q_i^{\beta}) l_i \quad . \qquad (4)$$

Анализ выражения (4) показывает, что при прочих равных условиях, чем больше пропускная способность водоводов всех порядков, тем выше капитальные затраты на строительство сети.

Требуемая пропускная способность водоводов зависит от производительности одновременно работающих поливных устройств, которая, в свою очередь, определяется степенью рассредоточения во времени и пространстве тока воды на системе. При этом возможны два граничных варианта рассредоточения тока: когда расход $Q_п$ поливного устройства равен головному расходу Q оросительной системы $Q_п = Q = q \cdot \omega$ и когда удельный расход поливного устройства $q_п = \frac{Q_п}{\omega_п}$ равен интенсивности водопотребления, т.е. $q_п = q$, где $\omega_п$ – площадь одновременного орошения поливным устройством.

В первом случае на системе будет работать только одно поливное устройство, а общее число водовыпусков (стоянок) на сети составит $\omega / \omega_п$. Пропускная способность водоводов всех порядков, а также средневзвешенная по их длине пропускная способность $\bar{Q}$ водопроводящей сети будут максимальны и равны головному расходу оросительной системы. Рассмотренный вариант может иметь место, например, при использовании большерасходной ($Q_п$=1000 л/с) мобильной дождевальной машины типа "Нептун" с площадью захвата с одной позиции 10 га на оросительной системе площадью 1000 га и гидромодулем 1,0 л/(с·га). Число водовыпусков на сети будет равно 100, а пропускная способность каждого участка водовода составит 1000 л/с. При межполивном периоде 10 сут продолжительность стоянки машины на каждой позиции составит 0,1 сут.

Во втором случае на системе в термически напряженный период будут непрерывно работать все поливные устройства, число которых равно $\omega / \omega_п$, а пропускная способность водоводов, особенно младших порядков, и средневзвешенная пропускная способность водопроводящей сети будут значительно меньше головного расхода.

Используя, например, группу одновременно работающих импульсных дождевальных аппаратов с подводимым расходом 0,2 л/с и площадью захвата дождем 0,2 га на оросительной сети с теми же параметрами, что и в первом случае, пропускную способность отдельных участков

водопроводящей сети можно снизить до 0,2 л/с, т.е. в тысячи раз меньше головного расхода системы. Требуемое число импульсных дождевателей при этом составит 5000 шт., а продолжительность полива и использования каждого участка сети будет равна продолжительности поливного сезона.

Все промежуточные варианты рассредоточения тока воды на системе определяются параметрами поливной техники (Q_n , ω_n), схемой (скелетом) сети, принятым водооборотом на трубопроводах различного порядка. Исследования показали, что число технически возможных вариантов на реальных системах даже с одним видом поливной техники может быть 200 и более.

Прежде,чем приступить к анализу возможных вариантов рассредоточения тока воды на оросительной системе с разветвленной сетью трубопроводов разного порядка, рассмотрим единичный водовод с группой N поливных устройств и головным расходом Q (рис.I).

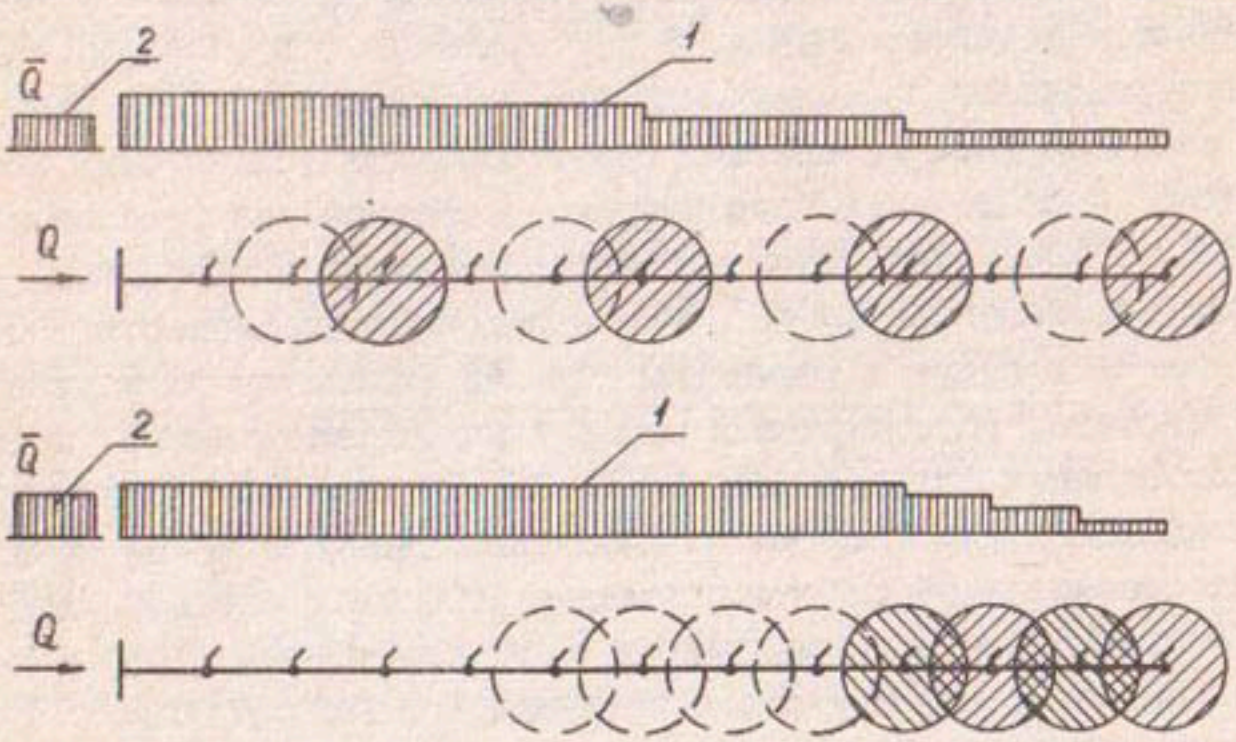


Рис.I. Варианты водооборотов на единичном водоводе: а) - равномерная и б) - сосредоточенная по длине водовода работа поливных устройств; I - эпюра линейного расхода водовода; 2 - средневзвешенная пропускная способность водовода

При изменении числа одновременно работающих $\bar{N}$ поливных устройств от I до N меняется требуемая пропускная способность всего водовода и его участков. При этом средневзвешенная по длине пропускная способность водовода $\bar{Q}_i$, определяемая по формуле

$$\bar{Q}_i = \sum_{i=1}^{n} q_i l_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} l_i \quad , \qquad (5)$$

зависит не только от числа одновременно работающих поливных устройств, но и от очередности их работы (включения).

При одновременной работе поливных устройств, рассредоточенных равномерно по длине водовода (рис.Iа), площадь эпюры линейного расхода, а следовательно, и средневзвешенная пропускная способность водовода минимальные.

Как показали расчеты, по схеме рис.Iа средневзвешенная пропускная способность (при одновременной работе 4-х поливных устройств из I2) оказывается в I,6 раза меньше головного расхода Q, а по схеме рис.Iб при том же числе одновременно работающих поливных устройств, но включаемых сосредоточенно по длине водовода, только в I,I4 раза меньше.

Для обеих схем было определено средневзвешенное время работы участков водовода по формуле

$$\bar{T}_i = \sum_{i=1}^{n} \bar{q}_{pi} t_i l_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} q_i \cdot l_i \quad , \qquad (6)$$

где t_i - время работы участка водовода; $\bar{q}_{pi}$ - средний расход участка водовода за время t_i.

Средневзвешенное время работы водовода было меньше времени T, в течение которого производился полив всей подкомандной водоводу площади, в I,I5 раза по схеме рис.Iа и в I,6I раза по схеме рис.Iб.

Таким образом, при рассредоточении одновременно работающих поливных усройств требуемая пропускная способкость водовода уменьшается, а степень использования его во времени возрастает.

На системе с водоводами двух и более порядков средневзвешенная по длине водоводов пропускная способность меняется в гораздо более широких пределах, чем в рассмотренном примере с единичным водоводом. Проведенными расчетами установлено, что отношение $Q/\bar{Q}$ на реальных системах достигает I0–40 и более. Соответственно этому увеличивается изменение средневзвешенного времени работы водоводов.

Оптимизация параметров оросительных систем с различной степенью рассредоточения тока воды должна осуществляться на ранних стадиях проектирования (организации территории системы, выбора планового расположения сети и вида поливной техники). Многовариантное проектирование оросительных систем на всех его стадиях трудно

осуществимо и требует больших затрат времени и средств. Поэтому вопрос выбора критериальных оценок технических решений поливной техники и внутрихозяйственной сети на ранних стадиях проектирования, когда нет результирующих данных о их стоимости и материалоемкости, чрезвычайно важен.

На основании теоретических исследований и решения ряда задач по оптимизации сети в качестве таких критериев предлагаются: коэффициент уменьшения средневзвешенной пропускной способности водоводов оросительной сети K_Q, коэффициент полезного использования водоводов оросительной сети во времени K_t, обобщенный коэффициент "скелета" оросительной сети A.

$$K_Q = Q/\bar{Q} \quad ; \quad K_t = T/\overline{T} \quad ; \qquad (7)$$

$$A = K_Q \cdot K_t \quad , \qquad (8)$$

где Q, $\bar{Q}$ – соответственно пропускная способность в голове сети и средневзвешенная; T, $\overline{T}$ – соответственно общая и средневзвешенная продолжительность использования сети за поливной период.

Установлены следующие аналитические зависимости для расчета предложенных критериев оптимальности для единичного водовода:

$$K_Q = \frac{2(N+r-1)}{2(N+r-1)-(n+1)(\bar{N}-1)} \quad ; \qquad (9)$$

$$K_t = \frac{2(N+r-1)-(n+1)(\bar{N}-1)}{N+2r-1} \quad , \qquad (10)$$

где N – число водовыпусков (поливных устройств или трубопроводов младшего порядка) на водоводе; $\bar{N}$ – число одновременно работающих водовыпусков (поливных устройств или трубопроводов младшего порядка) на водоводе; n – число неработающих водовыпусков (поливных устройств или трубопроводов младшего порядка) между двумя соседними, работающими на водоводе; r – длина холостого участка водовода, выраженная в долях от расстояния между его водовыпусками.

Формула (9) позволяет определить расчетную величину коэффициента уменьшения средневзвешенной пропускной способности единичного водовода по сравнению с пропускной способностью его головного участка в зависимости от числа водовыпусков (поливных устройств), схемы

их размещения на водоводе и очередности работы. С увеличением числа одновременно работающих поливных устройств $\bar{N}$ коэффициент K_Q также увеличивается, достигая своего максимального значения при $\bar{N} = N$, т.е.

$$K_{Q(max)} = \frac{2(N + \gamma - 1)}{N + 2\gamma - 1} . \qquad (II)$$

Для водовода, не имеющего холостой части, $\gamma = 0$, $K_{Q(max)} = 2$. Эта величина коэффициента уменьшения средневзвешенной пропускной способности единичного водовода является предельной при постоянных по его длине значениях расхода поливных устройств и расстояния между ними ($Q_n = const$, $l = const$).

Анализ уравнения (I0) показывает, что коэффициент использования единичного водовода во времени определяется теми же факторами, что и коэффициент уменьшения средневзвешенной пропускной способности, т.е. K_Q и K_t взаимосвязаны. Произведение этих коэффициентов дает постоянную величину для данной схемы водовода (сети)

$$K_Q \cdot K_t = \frac{2(N + \gamma - 1)}{N + 2\gamma - 1} = const . \qquad (I2)$$

Из уравнений (8),(II),(I2) следует, что

$$A = K_{Q(max)} , \qquad (I3)$$

т.е. обобщенный коэффициент "скелета" сети A численно равен максимальному значению коэффициента уменьшения средневзвешенной пропускной способности водовода (сети), достигаемой при предельном рассредоточении тока воды, когда $\bar{N} = N$.

Проанализируем изменение численных значений критериев оптимальности K_Q и K_t в зависимости от режимов работы поливных устройств на единичном водоводе с относительной длиной холостого участка γ, равной I. При $\bar{N} \neq N$ и $n = \frac{N - \bar{N}}{\bar{N}}$, что соответствует равномерному рассредоточению по длине водовода одновременно работающих поливных устройств (рис.Iа), зависимости (9) и(I0) примут вид

$$K_Q = \frac{2\bar{N}}{\bar{N} + 1} ; \quad K_t = \frac{N(\bar{N} + 1)}{\bar{N}(N + 1)} , \qquad (I4)$$

а при $\bar{N} \neq N$ и $n = 0$, что соответствует сосредоточенному (ло-

кальному) размещению на единичном водоводе одновременно работающих поливных устройств (рис.16)

$$K_Q = \frac{2N}{2N-\bar{N}+1}\,;\quad K_t = \frac{2N-\bar{N}+1}{N+1}\,. \tag{15}$$

Для водовода i-го порядка в составе оросительной сети зависимости для расчета критериев оптимальности примут вид

$$K_{Q(i)} = K_Q \prod_{j=i}^{n} \bar{N}_j \bar{f}_j\,;\quad K_{t(i)} = K_t \prod_{j=1}^{n} \frac{N_j \cdot f_j}{\bar{N}_j \cdot \bar{f}_j}\,; \tag{16}$$

$$A = A \prod_{j=i}^{n} N_j \cdot f_j\,, \tag{17}$$

где f_j, $\bar{f}_j$ – коэффициенты, учитывающие схемы подключения водоводов младшего порядка к старшему порядку и отбора ими воды (f_j =1 и $\bar{f}_j$ =1 при одностороннем подключении и отборе воды, f_j =2 и $\bar{f}_j$ =2 при двустороннем подключении и отборе воды).

Для оросительной сети значения $K_{Q(C)}$ и $K_{t(C)}$ в общем случае определяются как:

$$K_{Q(C)} = \sum_{i=1}^{n} l_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{K_{Q(i)}}\,;\; K_{t(C)} = \sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{K_{Q(i)}} \Big/ \sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{K_{Q(i)} \cdot K_{t(i)}}\,. \tag{18}$$

Результаты анализа на ЭВМ значений критериев оптимальности единичных водоводов, согласно приведенным выше формулам (9)–(15), для случаев с γ_i =1 сведены в номограмму на рис.2. Кривые 1 и 3 номограммы характеризуют изменения K_Q и K_t для единичного водовода при рассредоточенном, а кривые 2 и 4 при сосредоточенном размещении на водоводе одновременно работающих поливных устройств. Как видно из номограммы, оптимальным является равномерное рассредоточение одновременно работающих поливных устройств на водоводе, при котором достигается максимальное уменьшение его средневзвешенной пропускной способности. При прочих равных условиях, чем больше одновременно работающих поливных устройств $\bar{N}$ на водоводе, тем выше критериальные оценки варианта рассредоточения тока. Так, при 3 поливных устройствах, работающих одновременно, максимальное значение K_Q =1,5 (кривая 1 номограммы); при $\bar{N}$ =5 K_Q=1,67; при $\bar{N}$ =10 K_Q =1,82; при $\bar{N}$ =50 K_Q =1,97.

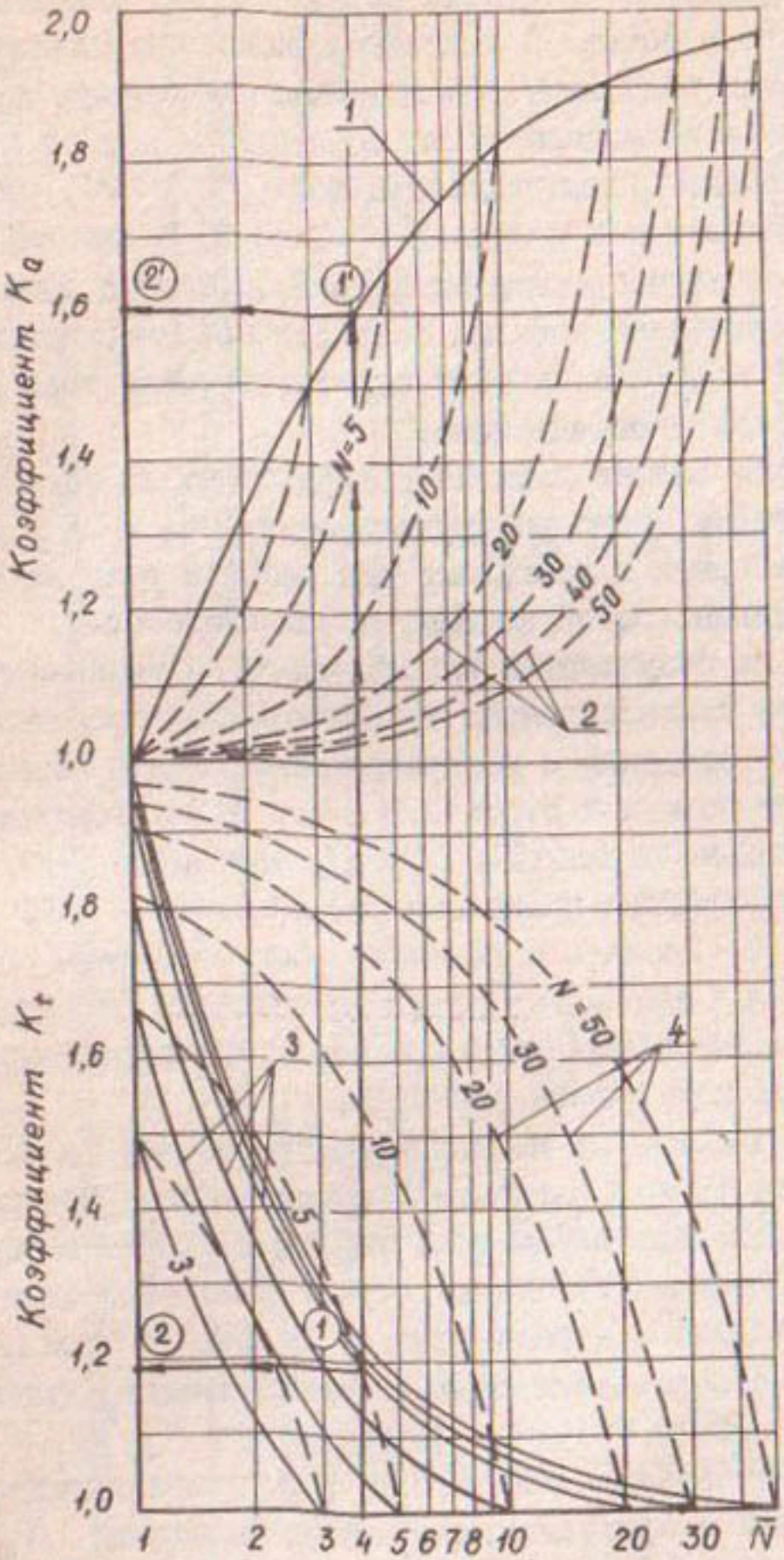


Рис.2. Номограмма для определения коэффициентов K_Q и K_t единичного водовода: I, 3 - соответственно значения K_Q и K_t по уравнениям (I4); 2, 4 - соответственно значения K_Q и K_t по уравнениям (I5)

Рассматривая водоводы следующих порядков, как единичный, с отбором воды из него в точках подключения водоводов младшего порядка, представляется возможным использовать полученную номограмму для последовательного установления значений K_Q и K_t для водоводов любых порядков. Изменение значений K_Q и K_t для единичного водовода находится в пределах от I до 2, а для водоводов i -го порядка в составе оросительной сети, согласно зависимости (I6), с увеличением порядка сети степень уменьшения пропускной способности водовода за счет рассредоточения тока может возрастать практически неограниченно.

Проведенный выше анализ влияния рассредоточения тока воды и предложенные критерии этого рассредоточения K_Q и K_t позволили разработать алгоритм и программу для решения ряда задач по оптимизации оросительных сетей на ЭВМ, в том числе СМ-4.

Остановимся на результатах выполненного по указанной программе расчета вариантов типизированной трубопроводной оросительной сети для поверхностного орошения с распределением воды в борозды длиной 200 м и расходом поливной струи 0,8 л/с - а) перфорированными поливными трубопроводами с расходом I28 л/с (варианты I-6) и б) автоматизированными шланговыми поливными устройствами - АШПУ с расходом 4 л/с (вариант 7). Площадь и головной расход системы соответственно равны I024 га и I,024 $м^3/с$; сеть выполнена из асбестоцементных труб, длина водораспределительных устройств (перфорированного трубопровода и перемещаемого шланга АШПУ) I00 м.

В вариантах I-6 из I28 поливных трубопроводов на системе одновременно работают 8, а в варианте 7 одновременно работают I28 АШПУ. В таблице I приведены параметры, характеризующие рассредоточение одновременно работающих поливных устройств по водоводам различного порядка, а в таблице 2 - рассчитанные на ЭВМ по этим параметрам технико-экономические показатели сети (средний диаметр, удельная материалоемкость, стоимость) и значения коэффициентов K_Q, K_t и A.

Полученные результаты подтверждают тесную связь технико-экономических показателей с критериальными коэффициентами K_Q и K_t (рис.3). Наилучшие показатели имеет вариант 7 с АШПУ, обеспечивающий предельное рассредоточение тока воды по водоводам сети всех порядков и максимальное использование сети во времени. По сравнению с вариантами I-6 сеть с АШПУ имеет существенно (в 4-8 раз) меньшие стоимость и материалоемкость и характеризуется $K_{Q(max)} = A = I8,5$ и $K_t = I$.

Таблица I

Исходные характеристики вариантов рассредоточения тока воды по водоводам сети для поверхностного орошения

Данные по схеме - "скелету" сети					Варианты рассредоточения тока							
					I	2	3	4	5	6	7 АШПУ	
Элементы сети	Число элементов, N_i	Расстояние между элементами, l_i, м	f_i	$\bar{f}_i$	$\bar{N}_i$	$\bar{N}_i$	$\bar{N}_i$	$\bar{N}_i$	$\bar{N}_i$	$\bar{N}_i$	n_i	$\bar{N}_i$
Перфорация	I60 (5)	0,625	-	-	I60	I60	I60	I60	I60	I60	0	5
Водоводы:												
I-го порядка	8	200	2 (I)	2 (I)	4	2	I	I	I	I	0	8
2-го порядка	4	200	I	I	I	2	I	I	4	I	0	4
3-го порядка	4	I600	I	I	I	I	2	4	I	2	I	4
4-го порядка	2	800	I	I	I	I	2	I	I	2	0	2
5-го порядка	I	0	I	I	I	I	I	I	I	I	0	I

Примечание. I. Цифры в скобках относятся к схеме сети с АШПУ. 2. В вариантах I-5 значения n_i=0; в вариантах I-6 значения γ_i =I.

Таблица 2

Технико-экономические показатели вариантов рассредоточения тока воды по водоводам сети для поверхностного орошения

Варианты	Критериальные коэффициенты K_Q	K_t	A	Средняя пропускная способность сети, $м^3/с$	Средний диаметр сети, м	Удельная материалоемкость сети, т/га	Удельная стоимость сети, руб./га
I	I,877	9,867	I8,5	0,545	0,673	24,380	23I4
2	2,609	7,I00	I8,5	0,392	0,585	I8,290	I742
3	5,045	3,672	I8,5	0,203	0,456	I0,438	I009
4	4,526	4,093	I8,5	0,226	0,470	II,380	I097
5	3,579	5,I75	I8,5	0,286	0,505	I3,770	I32I
6	5,2I5	3,55I	I8,5	0,I96	0,45I	I0,I59	983
7 (АШПУ)	I8,500	I	I8,5	0,055	0,22I	3,026	3I8

Таблица 3

Технико-экономические показатели вариантов рассредоточения тока воды по водоводам дождевальной сети

Варианты	Критериальные коэффициенты K_Q	K_t	A	Средняя пропускная способность сети, $м^3/с$	Средний диаметр сети, м	Удельная материалоемкость сети, т/га	Удельная стоимость сети, руб./га
I	I,853	9,283	I7,2I	0,0699	0,292	I0,49	2448
2	4,I08	4,I88	I7,2I	0,03I5	0,2II	7,2I	I407
3	2,576	6,679	I7,2I	0,050	0,259	9,I4	I840
4	8,60	2,00	I7,2I	0,0I5	0,I45	4,66	860
5	2,62	6,566	I7,2I	0,049	0,258	9,09	I827
6 (импульсный)	I7,2I	I	I7,2I	0,007	0,079	2,30	389

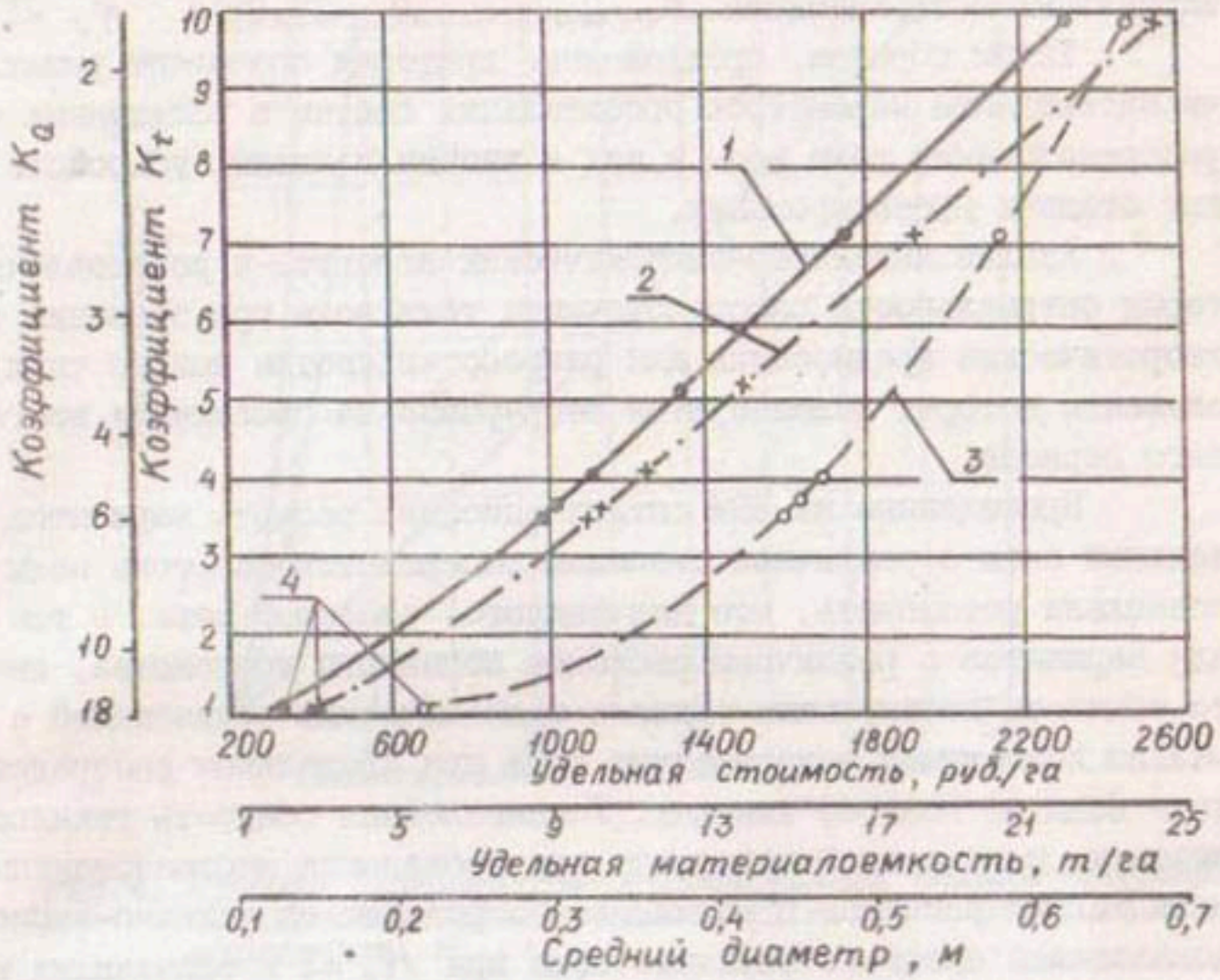


Рис 3. Графики зависимостей технико-экономических показателей сети для поверхностного орошения от коэффициентов K_t и K_q: I – удельная стоимость сети; 2 – удельная материалоемкость сети; 3 – средний диаметр сети; 4 – сеть с АШПУ

Аналогичные расчеты были проведены и для вариантов типизированной трубопроводной сети для орошения дождевальными аппаратами типа "Роса" с расходом 10,8 л/с, работающими в обычном и импульсном режимах. Площадь и головной расход системы соответственно равны 207,36 га и 0,130 м^3/с. Сеть выполнена из стальных труб, расстояния между аппаратами приняты равными 60 м. В вариантах с аппаратами "Роса", работающими в обычном режиме, из 576 аппаратов на системе одновременно работали 12, а в варианте импульсного режима – все 576 дождевателей.

В таблице 3 приведены результаты технико-экономических расчетов сети с аппаратами "Роса" (варианты 1–5) и с импульсными дождевателями (вариант 6). Минимальную удельную стоимость и материалоемкость сети имеет вариант 6 с импульсными дождевателями, обеспечивающий предельное рассредоточение тока воды и характеризующийся значениями кри-

териальных коэффициентов $K_{Q(max)} = A = 17{,}21$ и $K_t = 1$.

Таким образом, предложенные критерии позволяют решать задачи оптимизации параметров оросительных систем с различными степенью рассредоточения тока воды в них и типами поливных устройств на первых стадиях проектирования.

Анализ инженерно-экономических аспектов и установленные критерии оптимальности рассредоточения тока воды при орошении создают теоретические предпосылки для разработки систем нового типа, все элементы которых используются непрерывно на протяжении всего поливного периода.

Проведенные на ЭВМ оптимизационные расчеты вариантов оросительной сети с различной степенью рассредоточения тока воды в них позволили установить, что для каждого "скелета" сети, в том числе для вариантов с различным расходом поливного устройства, имеет место общность достигаемых технико-экономических показателей с минимально возможными показателями сети при предельном рассредоточении тока воды во всех ее звеньях. Установленная общность технико-экономических показателей позволяет при проведении многовариантных оптимизационных расчетов ограничиться определением технико-экономических показателей базового варианта сети при $K_t^* = 1$ и значениями критерия $K_{t(n)}$ при всех других альтернативных вариантах. Величины остальных технико-экономических показателей любого альтернативного варианта можно определять из соотношений:

$$\begin{aligned} \bar{Q}_n &= \bar{Q}_{min} \cdot K_{t(n)} \quad ; \\ d_{cp(n)} &= d_{cp(min)} \cdot K_{t(n)}^{\alpha} \quad ; \\ C_n &= C_{min} \cdot K_{t(n)}^{\beta} \quad , \end{aligned} \tag{19}$$

где n – порядковый номер варианта; $\bar{Q}_{min}$, $d_{cp(min)}$, C_{min} соответственно минимально возможные значения показателей пропускной способности, диаметра и стоимости сети, достигаемые при $K_t = 1$.

Значения показателей α и β зависят от материала и порядка сети. Для металлического трубопровода i-го порядка в составе сети (рис.4) значения указанных показателей могут быть приняты равными: $\alpha = 0{,}446$ и $\beta = 0{,}584$.

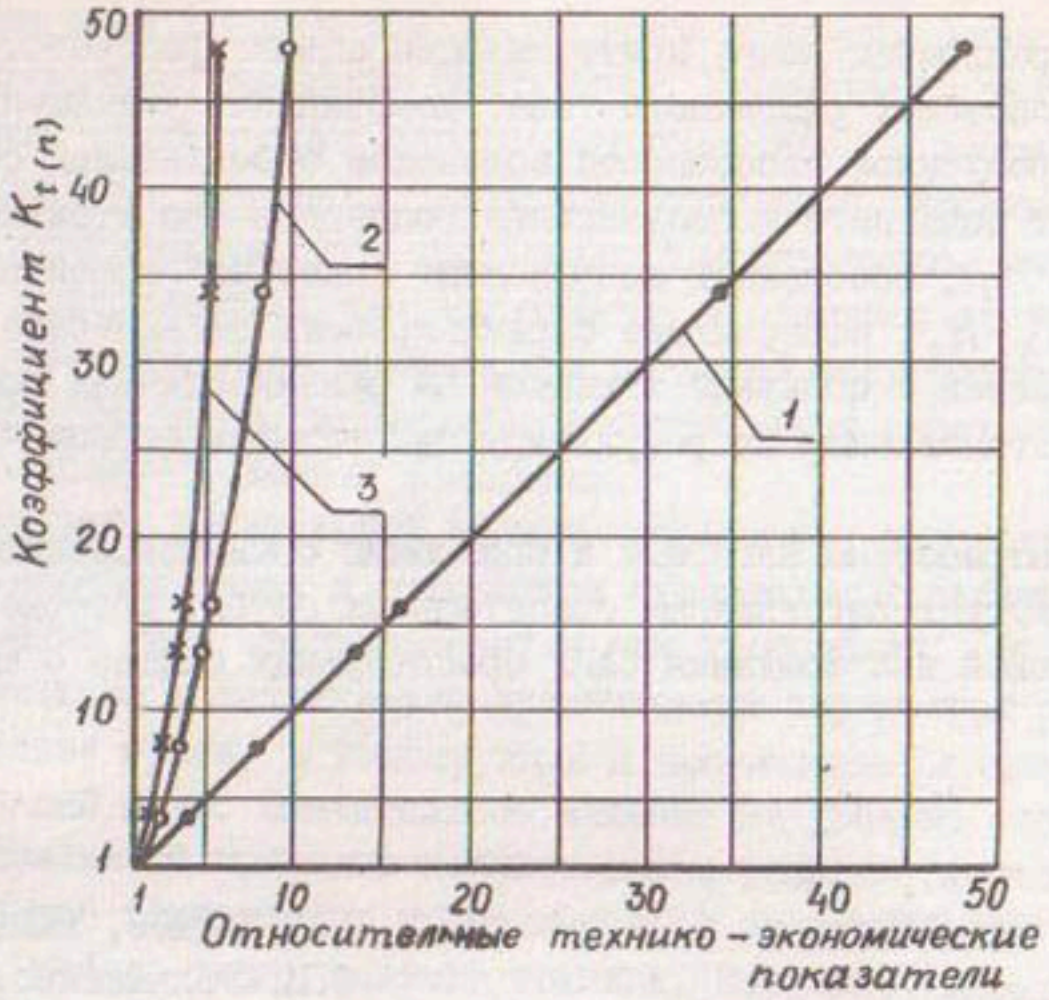


Рис.4. Графики зависимостей относительных технико-экономических показателей водовода l - ого порядка от коэффициента K_{tn}:

$$1 - \frac{\bar{Q}_n}{Q_{min}} = f(K_{tn}); \quad 2 - \frac{C_n}{C_{min}} = f(K_{tn}); \quad 3 - \frac{d_{cp(n)}}{d_{cp(min)}} = f(K_{tn})$$

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

В практике проектирования и расчета оросительных систем отсутствуют регламентирующие показатели и нормативы, характеризующие эффективность использования оросительной сети и оборудования во времени. В результате нередко имеют место капиталоемкие проектные решения, в том числе реализованные на практике, в которых использование во времени значительной части мелиоративных фондов (на сеть и поливную технику) составляет менее 10 %. Назрела острая необходимость введения в практику проектирования нормативов, исключающих малоэффективное использование элементов оросительных систем.

В результате теоретических исследований и технико-экономических расчетов установлено, что размах факторов (материалоемкость, стоимость сети) на оросительных системах в зависимости от степени рассредоточения тока воды и принятого варианта водооборота составляет 1-10.

Предложены новые критериальные оценки рассредоточения тока воды на системах различного типа: коэффициент уменьшения средневзвешенной пропускной способности водоводов оросительной сети K_Q ; коэффициент полезного использования водоводов оросительной сети во времени K_t ; обобщенный коэффициент "скелета" оросительной сети $A = K_Q \cdot K_t$, позволяющие оптимизировать технические решения оросительных сетей с поливной техникой на ранних стадиях проектирования, еще до установления их результирующих технико-экономических показателей.

Разработаны алгоритм и программы оптимизационного расчета на ЭВМ внутрихозяйственных оросительных сетей, которые могут служить основой для создания САПР оросительных систем с механизацией орошения.

УДК 626.820.001.2

Г.А.Ландес, канд.экон.наук,
С.И.Омельяненко, инж.,
В.Н.Остроушко, инж.
(ВНИИМиТП)

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Технический прогресс в механизации полива предусматривает дальнейшее совершенствование оросительных систем, подъем их технического уровня и обеспечение на этой основе заметного повышения продуктивности орошаемых земель Создание технически совершенных оросительных систем - большая и ответственная работа конструкторских, научно-исследовательских институтов, проектных и строительных организаций.

Технически совершенная оросительная система - это оросительная система, состоящая из совокупности элементов, конструктивно отвечающих последним достижениям науки и техники, и обеспечивающая оптимальное удовлетворение биологических требований растений в воде и наиболее эффективное использование природных, материальных, энергетических и трудовых ресурсов. Такие системы обеспечивают рациональное использование орошаемых земель и оросительной воды, так как имеют высокие коэффициенты полезного действия и земельного использования. что достигается противофильтра-

ционной облицовкой каналов или устройством закрытых оросительных систем с минимальной площадью отчуждения. Применяемая техника и способы полива осуществляют строго нормированное, в соответствии с водопотребностью растений, увлажнение орошаемой площади. Такие системы обеспечивают высокую производительность труда, имеют минимальную трудоемкость, что достигается в основном за счет механизации и автоматизации поливов при разумной энергоемкости и металлоемкости процесса, экономически оправданных капитальных вложениях и эксплуатационных издержках.

Вместе с тем, проведенный анализ показывает, что технический уровень проектируемых и строящихся оросительных систем, как правило, заметно ниже предъявляемых к ним требований. Это обусловлено различиями в технико-эксплуатационных параметрах используемых на поливе машин, в конструкции и протяженности сети, типе насосных станций и др. Значительное влияние на уровень совершенства системы оказывают природно-хозяйственные условия производства, определяющие техническую применимость и экономическую целесообразность выбора типа поливной техники. Например, внедрение орошения в зонах с острым дефицитом рабочей силы диктует необходимость использования на поливе более капиталоемких технических средств с высоким уровнем автоматизации процесса. На технический уровень оросительных систем оказывает влияние качество проектирования, зависящее от того, насколько правильно выбран тип поливной техники и оптимизированы параметры всех элементов оросительной системы, а также качество строительства мелиоративных объектов.

Исходя из вкладываемого в понятие технически совершенная оросительная система содержания, анализа ее параметров на действующих и запроектированных объектах и степени обеспеченности отрасли в ресурсах, может быть рекомендована нижеследующая система показателей, определяющая технический уровень оросительной системы.

На стадии проектирования технический уровень оросительной системы может быть охарактеризован такими показателями, как коэффициент земельного использования; материалоемкость, включающая расход труб, в том числе дефицитных стальных; расход бетона и железобетона, сборного и монолитного, металлоконструкции; энергоемкость; сезонная нагрузка на машину и человека; капитальные вложения; эксплуатационные издержки; срок окупаемости. На стадии

эксплуатации берутся фактические данные по перечисленным показателям, кроме того, дополнительно вводится фактическая урожайность сельскохозяйственных культур. То есть за основу при оценке технического уровня оросительных систем приняты показатели, выражающие качественную сторону объекта и имеющие количественную меру.

В заданных природно-хозяйственных условиях различные оросительные системы по отдельным показателям могут в полной мере соответствовать требованиям оптимизации, по другим - не в полной, а по третьим могут не соответствовать. В связи с этим оценка технического уровня оросительных систем является сложной задачей и может быть осуществлена только при разработке обобщенного показателя технического уровня оросительной системы, учитывающего влияние разнородных показателей, которые в различной степени связаны между собой и измеряются различными единицами.

В настоящее время имеются работы, предлагающие оценивать качество различной продукции, а также деятельность предприятий при помощи обобщенного показателя. Так, например, З.А.Калинчук [I] определением обобщенного показателя предлагает оценивать и сравнивать деятельность строительно-монтажных организаций, принимая за основу плановые и фактические показатели. Метод "функция желаемого", в основе которого лежит определение обобщенного показателя качества товаров широкого потребления, применяется в Нидерландах [2]. Этот метод заключается в использовании для оценки качества нелинейных функций двустороннего и одностороннего ограничения. На возможность применения этого метода для оценки качества большого диапазона продукции от товаров широкого потребления до технических средств ссылается и Г.Г.Азгальдов [3].

По мнению авторов данной статьи, этот метод может быть применен и для оценки технического уровня оросительных систем.

Таким образом, для того чтобы сравнить технический уровень принимаемых проектных решений вновь строящихся объектов, а также существующих оросительных систем, целесообразно использовать обобщенный показатель, применимый к различным системам, а также метод приведения отдельных показателей к обобщенному.

Среди большого класса нелинейных функций для характеристики оросительных систем в наибольшей степени подходит возрастающая функция вида

$$q_i = e^{-e^{-Y_i}} . \qquad (I)$$

Интересующий нас диапазон нелинейности лежит в пределах изменения аргумента функций Y_i от минус I до плюс 7. Эта функция обладает свойствами, делающими ее очень удобной для определения технического уровня оросительных систем. Так, показатель, соответствующий нижнему пределу технических условий, равен нулю (рис.I), а максимальному уровню - плюс 7 на оси абсцисс

В соответствии со свойствами указанной функции числовые характеристики технического уровня необходимо отнормировать так, чтобы диапазон приемлемых значений числовых величин того или иного показателя лежал в пределах от минус I до плюс 7. Так как в нашем случае у большинства показателей может быть ограничение только нижнего предела, то $Y_i = 0$ соответствует нижнему предельному значению технических условий, а $Y_i = 7$ - максимальному уровню. Нормирование осуществляется по формуле

$$Y_i' = \kappa Y_i + b \quad , \qquad (2)$$

где $\kappa = \frac{7}{Y_{max} - Y_{ту}}$; $b = -\kappa \cdot Y_{ту}$,

а вычисление показателя производится по формуле (I).

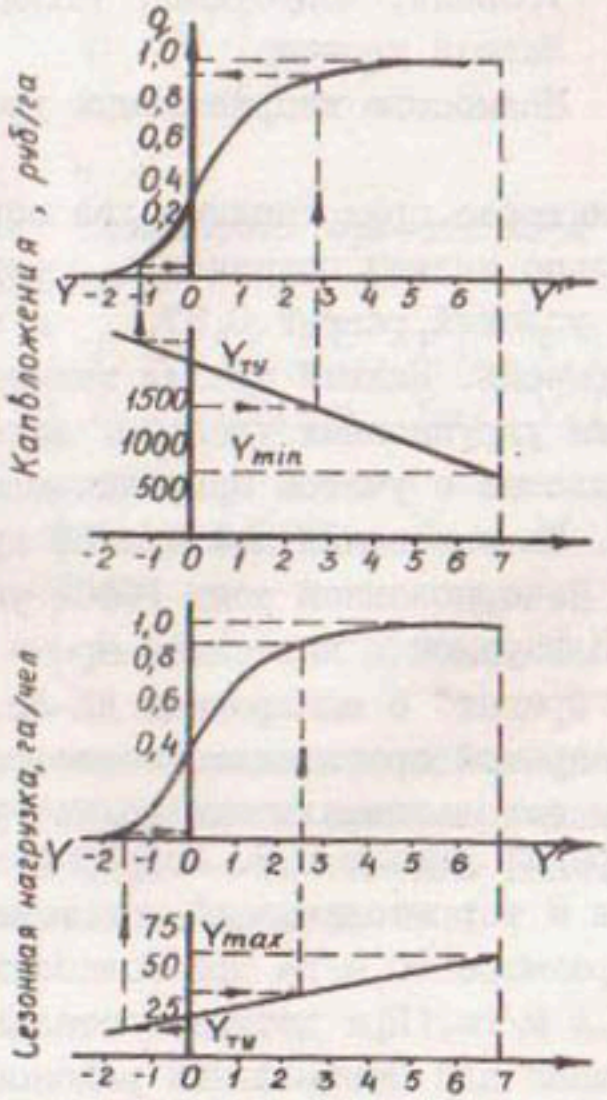


Рис.I. Определение показателей на q -шкале

Для того, чтобы сопоставить различные характеристики системы строится безразмерная шкала, имеющая диапазон от 0 до I (табл.I), где q =0 соответствует абсолютно неудовлетворительному уровню оросительной системы, а q=I - максимальному уровню, обеспечивающему создание технически совершенных оросительных систем и максимальную продуктивность орошаемых земель при наиболее экономном расходе материальных, трудовых, земельных и водных ресурсов.

Таблица I

Шкала для определения безразмерных показателей оросительных систем

Градация значений	Характеристика показателей
I,0	Максимальный уровень
0,79–0,8	Превосходный и приемлемый уровень
0,79–0,63	Хороший уровень (превосходящий оптимальный, который равен $I - I/e \approx 0,63$)
0,62–0,40	Недостаточно хороший, но приемлемый по техническим условиям уровень
0,39–0,30	Предельное значение (I/e =0,36788 предельный уровень, допустимый техническими условиями)
0,29–0,2	Низкий уровень
0,I	Полностью неприемлемый уровень

Практический интерес представляют два показателя, приведенные в табл.I. Предельно низкий показатель, соответствующий нижней границе технических условий, равный 0,37, и показатель, равный I, - максимальный уровень. Нижний предел технических условий назначается на основании укрупненных удельных показателей в водохозяйственном строительстве с учетом природно-климатических и хозяйственных условий. На основании анализа 50 проектов для условий Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР установлено, что основной машиной, используемой в настоящее время на поливе, является ДДН-70, а также "Фрегат" с аппаратами ДД-30 для полива углов. Для строительства закрытой оросительной системы требуется повышенный расход труб. При использовании на поливе указанной техники нижний предел КЗИ принят равным 0,9. Потребность в трубах с учетом мелкоконтурности и территориальной разделенности орошаемых массивов принята в размере 50 м/га при колебании в проектных решениях от I8 до I76,6 м/га. При дефиците стальных труб нижний предел их использования для Центральных районов Нечерноземной зо-

ны принят в размере I5 м/га (табл.2). На основании анализа проектных данных установлен нижний предел для расхода металлоконструкций, бетона и железобетона, электроэнергии. С учетом нормативов сезонной нагрузки, мелкоконтурности орошаемых участков и их территориальной разделенности, а также использования на поливе дождевальной машины "Фрегат" (в основном от 7 до 9 тележек) сезонная нагрузка на машину назначается в размере 50 га или I,5 л/(с·га) и 25 га на человека. Соответственно сезонной нагрузке, указанной выше, определены предельные значения капитальных вложений и эксплуатационных издержек, составляющие 2000 и 200 руб./га. Нижний предел срока окупаемости при нормативном сроке 8 лет принят I0 лет.

Обобщенный показатель должен представлять комбинацию отдельных показателей, в необходимой степени характеризующих всю систему в целом. Следует учесть также, что хорошее качество всех показателей должно соответствовать высокому уровню всей системы, а недопустимо низкая величина даже только одного показателя, независимо от величины других, заметно снижает обобщенный показатель системы. Поэтому для определения искомого показателя необходимо использовать среднюю геометрическую оценку индивидуальных оценок q_i [4], т.е.

$$Q = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} q_i} , \qquad (3)$$

где i =I, 2, 3 ... n .

Вычисление обобщенного показателя оросительной системы можно описать следующим выражением:

$$Q = f'' \begin{cases} f_1'[f_1(Y_{1\,(min)}^{max}, Y_{1ТУ}, Y_1)] \\ f_2'[f_2(Y_{2\,(min)}^{max}, Y_{2ТУ}, Y_2)] \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ f_i'[f_i(Y_{i\,(min)}^{max}, Y_{iТУ}, Y_i)] \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ f_n'[f_n(Y_{n\,(min)}^{max}, Y_{nТУ}, Y_n)] \end{cases} , \qquad (4)$$

где $Y_{i\,(min)}^{max}$, $Y_{iТУ}$, Y_i – конкретные числовые значения частных показателей: максимального, нижнего предела технических условий и фактического показателя, f_i – вычисление значения безразмерного частного i -го показателя по формуле

$$Y_i' = \frac{7}{Y_{max} - Y_{ТУ}} (Y_i - Y_{ТУ}) ,$$

$f_i'[f_i(Y_{i(min)}^{max}, Y_{iту}, Y_i)]$ – вычисление нормированного на I значения частного i – го показателя по формуле

$$q_i = e^{-e^{-Y_i}},$$

$f''(q_1, q_2, \ldots, q_i, \ldots, q_n)$ – вычисление обобщенного показателя по формуле

$$Q = \sqrt{\prod_{i=1}^{n} q_i}.$$

Таблица 2

Нижний предел технических условий для Центрального района Нечерноземной зоны

Значения на шкале	КЗИ	Материалоемкость: трубы м/га	в т.ч. стальные, м/га	бетон и железобетон, м³/га	металлоконструкции, кг/га	Электроэнергия, кВт.ч на I га	Сезонная нагрузка л/(с·га)	га/чел.	Капитальные вложения. руб./га	Эксплуатационные издержки, руб./га	Срок окупаемости лет
0,37	0,9	50	I5	2,5	200	I500	.I,5		25	2000	200	I0

Предлагаемая методика апробирована на 50 проектах, включающих 28 районов Московской области. Расчет произведен на микрокалькуляторе Б3–34. На рис.2. показаны распределение по классовым интервалам всех основных технико–экономических показателей анализируемых проектов, нижняя граница технических условий, числовое значение и процентное содержание проектов, соответствующих техническим условиям. Анализ результатов расчета показал, что 5 проектов из 50 имеют технико–экономические показатели, позволяющие отнести запроектированные системы к превосходному уровню. Это оросительная система в совхозе "Титовский" Орехово–Зуевского района, имеющая следующие показатели: КЗИ – 0,98, расход труб – 28,6 м/га, капвложения 860 руб./га, эксплуатационные издержки – 94 руб./га, срок окупаемости 2 года. Аналогичные показатели имеют оросительные системы совхозов "Полянки" Луховицкого района и "Ростовцы" Каширского района и т.д. Оросительные системы II проектов, что составляет 22 % общего количества, имеют хороший уровень. Это оросительные системы совхозов "Внуковский" и "Рогачевский" Дмитровского

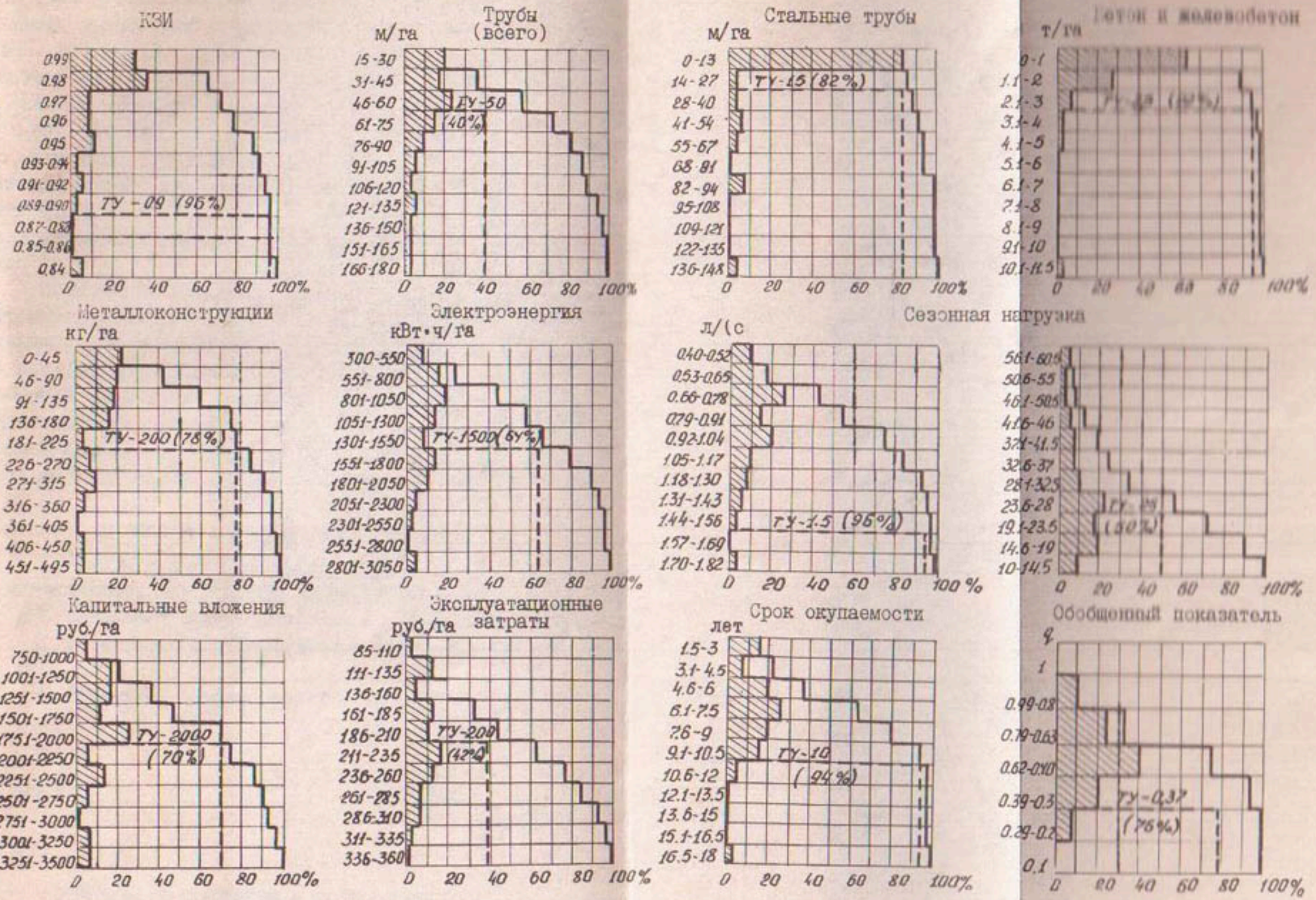


Рис.2. Распределение значений основных технико-экономических показателей проектных данных (50 проектов) по классовым интервалам

района, совхоза "Починковский" Егорьевского района и др. Эти системы имеют показатели, соответствующие техническим условиям, обеспечивающие окупаемость капитальных вложений в пределах нормативного срока. 22 проекта, или 44 % имеют уровень, приемлемый по техническим условиям, т.е. по основным показателям значения выше или равны нижнему пределу технических условий. Обобщенный показатель ниже 0,37 (нижний предел технических условий) имеют I2 проектов. Это, например, оросительная система совхоза "Серпуховский" Серпуховского района, имеющая такие показатели: расход труб - I32 м/га, электроэнергии - I734 кВт·ч/га, капитальные вложения - 2547 руб./га, эксплуатационные издержки - 204 руб./га, срок окупаемости - I8,3 года.

Проведенная апробация показала работоспособность предлагаемого методического подхода к определению технического уровня оросительных систем и возможность его широкого практического применения как для систематизации построенных систем в соответствии с безразмерной q-шкалой для целей определения очередности проведения реконструкции оросительных систем, так и для определения на стадии проектирования и проведения технической экспертизы обобщенного показателя технического уровня оросительной системы.

Список использованной литературы

I. Калинчук З.А. Обобщенный показатель деятельности строительно-монтажных организаций.-Гидротехника и мелиорация, I982, № I.

2. Стандартизация и качество. М., Стандарты, I969, № 29.

3. Азгальдов Г.Г. Потребительная стоимость и ее измерение. М., I97I.

4. Джинни К. Средние величины. М., Статистика, I970.

УДК 62I.646

Г.Е.Фомин, канд.техн.наук
(ВНИИМиТП)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЕ РАБОТЫ ПО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЕ

Техническим прогнозом развития орошения в стране определен дальнейший рост удельного веса закрытой оросительной сети, которым

в 1975 г. составлял 44 %, в 1980 г. - 51 и на перспективу 1990 г. достигнет 70 % общей протяженности водопроводящих сетей оросительных систем. Соответственно этому протяженность в целом стальных и неметаллических труб внутрихозяйственной сети увеличится до 25 тыс.км.

Установлено, что потребность отрасли в запорной, регулирующей и предохранительной арматуре составит 1,2 млн.единиц ежегодно. Из них около 636 тыс.единиц 46 видов - для закрытых оросительных систем. Примерно 75 % всех видов арматуры составят затворы и задвижки, и 25 % - клапаны, вантузы, регулирующая и предохранительная арматура. В частности, на ближайшую перспективу потребность в противоударных устройствах составит порядка 5,0 тыс. единиц ежегодно, регуляторов давления - до 10,0 тыс. По условным диаметрам прохода для запорной арматуры соотношение составит: диаметры до 300 мм - 55, диаметры 400 и 500 мм - 30 %.

В настоящее время отрасль обеспечена объемом производства арматуры лишь на 27 %, в основном арматурой промышленного назначения, технические показатели которой не в полной мере отвечают специфическим особенностям оросительной системы. Практически отсутствует арматура для оросительных систем с использованием животноводческих стоков и низконапорная арматура (P_y = 0,4 МПа) для систем механизированного поверхностного орошения от закрытой сети. На ремонтно-механических заводах Минводхоза СССР в настоящее время производится порядка 140 тыс.единиц арматурной продукции.

Оценка технического уровня выпускаемых изделий показывает, что необходимо прекратить производство 38,5 % типов технически несовершенной арматуры и модернизировать 18 %.

В системе Минводхоза СССР разработкой трубопроводной арматуры для оросительных сетей занимаются три научно-исследовательские организации (ВНПО "Радуга", УкрНИИГиМ, ГрузНИИГиМ), проектная организация В/О "Союзводпроект", ряд зональных научно-исследовательских и проектных организаций. Большой объем работ для мелиорации выполнен другими ведомствами.

За период с 1975 года совместными усилиями разработаны 22 новых вида арматуры 43 типоразмеров на условный диаметр от 100 до 500 мм.

Разработка арматуры производилась на основе определения отличительных особенностей технологических режимов, а также аномальных гидродинамических явлений (в т.ч. гидроударов) в разветвленных оросительных сетях, полученных расчетным путем и путем натурных исследований

на Суворовской, Херсонской, Каховской, Энгельской оросительных системах по методике полевых исследований, впервые примененной в отрасли по схеме "насосная станция - оросительная сеть - дождевальная машина"; разностороннего информационного и патентного поиска по СССР, странам СЭВ, Австрии, США, ФРГ, Финляндии, Франции, Японии и др., унифицированных технических требований на параметры арматуры, позволяющих оптимизировать конструкции основных видов арматуры применительно к специфическим особенностям оросительных сетей и дождевальной техники, входящей в систему машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1976-1980 гг., 1981-1985 гг. и на перспективу; номенклатурной программы загрузки крупнейших в отрасли заводов трубопроводной арматуры; руководящих материалов по проектированию и техническому обслуживанию оросительных систем с широкозахватной и другой поливной техникой.

Основными показателями положительного эффекта разработок являются:

повышение коэффициента надежности закрытой оросительной сети с 0,6-0,65 до 0,91-0,95;

увеличение использования земельных ресурсов на 1,53 % за счет сокращения аварий сети;

устранение отказов трубопроводной сети со средней ценой одного отказа 0,07-0,5 тыс.руб.;

уменьшение удельных капитальных вложений в строительство оросительных сетей на 6 %;

снижение металлоемкости по арматуре в среднем на 40 %, а по отдельным видам изделий на 25-180 кг на единицу продукции;

рост уровня производительности труда при изготовлении арматуры на 11 %.;

упрощение технологии изготовления арматуры, допускающей ее массовое производство при сокращенных сроках;

повышение урожайности сельскохозяйственных культур за счет повышения технологической готовности оросительной системы в целом и оптимизация сроков полива.

Разработанная арматура позволяет осуществить следующие технологические операции:

оперативное включение и выключение дождевальных машин, насосов и оросительных трубопроводов;

отключение оросительных трубопроводов и отдельных участков распределительных трубопроводов при необходимости их ремонта;

удаление воздуха из трубопроводов оросительной сети

выпуск воздуха с целью предотвращения разрыва потока сплошности и исключения образования кавитационных зон как при выключении дождевальных машин , так и при включении насосов;

поддержание заданного давления на гидрантах, дождевальных машинах, в начале оросительных трубопроводов, а также в других заданных точках оросительной сети и на выходе насосной станции;

предотвращение повышения давления в сети сверх определенного предела, задаваемого в соответствии с условиями работы оросительной системы и прочностными характеристиками используемых труб;

опорожнение на зимний период трубопроводов всей оросительной сети, а при проведении ремонтов - ее отдельных участков.

Изготовление арматуры производится на Талгарском ЭЛМЗ и Туркестанском заводе "Ремстройдормаш" Главриссовхозстроя, Каменском ЭЛМЗ Главсредволговодстроя, Тюменском РМЗ Совэтюменьводстроя, предприятии ПО "Армводиндустрия" Главармводстроя, Тульском ЛМЗ Главнечерноземводстроя, Запорожском РМЗ Минводхоза УССР, предприятии КСИ Главполесьеводстроя, части I-ой очереди Бектемирского завода "Иргидромаш" и др. Рабочая документация передана также на 5 других заводов отрасли, в том числе на Пугачевский завод "Гидрозатвор" для серийного освоения.

Народнохозяйственный эффект от внедрения результатов работ составляет порядка 5,0 млн.руб. на начальный период освоения производства арматуры и превысит 40 млн.руб. с вводом в действие Пугачевского и Бектемирского специализированных заводов. На этих заводах предполагается освоение 35 видов и типоразмеров новой арматуры. К настоящему времени передана рабочая документация на I8 изделий и ведется передача еще на I0 разработок (закончен этап конструирования).

В среднем научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а также работы по подготовке нормативной документации, связанные с разработкой, освоением производства и внедрением в практику новых типов и конструкций арматуры, завершены на 80 %, причем некоторые из предусмотренных работ завершены практически полностью, остальные должны быть завершены в срок до I985 г. Их основное содержание - оказание научно-технической помощи в освоении производства и внедрении в практику строительства и эксплуатации новых типов и конструкций трубопроводной арматуры и предохранительных устройств, изучение и обобщение опыта их использования, своевременное выявление недостатков тех или иных конструкций арматуры и ее дальнейшее совершенствование.

С точки зрения новых направлении по разработке комплекса арма-

туры для оросительных систем, на наш взгляд, необходимо развитие ее номенклатуры:

создание низконапорной (на рабочее давление до 0,4 МПа) запорной арматуры с гидромеханическим управлением;

совершенствование арматуры для использования животноводческих, хозяйственно-бытовых стоков в средах с pH=6–8, размером органических включений до I0 мм, количеством неорганических включений до I г/л;

создание комбинированной арматуры (такая арматура будет весьма эффективна при часто расположенных гидрантах подземной распределительной сети);

создание многофункциональной арматуры;

создание специальной вододелительной арматуры, использующей принцип управления расходом (задатчики поливной нормы, ограничители расхода);

совершенствование гидромеханического и электромеханического привода управления арматурой для автоматизированных оросительных систем;

создание арматуры из пластмассовых материалов.

Одним из необходимых условий для совершенствования работы по созданию гидротехнической трубопроводной арматуры высокого технического уровня является и создание в системе Минводхоза СССР экспериментального завода (цехов) по изготовлению опытных образцов, технологической оснастки, испытательных стендов.

Назрело решение вопроса о создании ремонтной базы для новой арматуры, необходимость которой очевидна в связи с намечаемыми большими объемами ее производства и внедрения.

УДК 62I.646:63I.347.221.I

Г.Е.Фомин, канд.техн.наук,
А.Н.Першин, инж.
Б.И.Степанов, инж.
(ВНПО "Радуга")

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОТИВОУДАРНОГО УСТРОЙСТВА КЗГ-I20

Противоударное устройство КЗГ-I20, серийно выпускаемое Талгарским экспериментальным литейно-механическим заводом, обеспечива-

ет защиту трубопроводов оросительных сетей от гидравлического удара при расходах трубопровода до 120 л/с и в диапазоне величин гидродинамического давления 0,3–2,7 МПа. Дросселируемый объем воды устройством из трубопровода при локализации гидравлического удара достигает 45–50 л/с. Этот сбрасываемый объем воды и определяет применимость противоударного устройства на трубопроводах внутрихозяйственной сети с внутренним диаметром до 250 мм. Однако на оросительных системах возникает необходимость защиты трубопроводов с большими диаметрами и расходами. В этом случае трубопроводы защищаются путем параллельной установки нескольких противоударных устройств соответственно с расходом трубопровода, что приводит к удорожанию строительства. Как показали эксплуатационные исследования, конструкция противоударного устройства КЗГ-120 позволяет повысить объем выброса, а значит расширяется зона применения устройства на трубопроводах большого диаметра.

Расход сбрасываемой воды при локализации гидравлического удара противоударным устройством определяется выражением

$$Q = \mu D h \sqrt{2gH} ,$$

где Q – расход, м^3/с; D – диаметр седла клапана, м; h – высота подъема диафрагмы, м; H – напор при открытии клапана, м; μ – коэффициент расхода кольцевой щели клапана.

Из формулы видно, что расход противоударного устройства пропорционален высоте подъема диафрагмы от седла.

В противоударном устройстве КЗГ-120 высота подъема мембраны ограничивается 4–5 мм, что соответствует пропуску объема воды 45–50 л/с. Происходит это вследствие того, что при своем подъеме диафрагма I (рис.I) дополнительно сжимает воздух в водовоздушном баке 2, создавая дополнительную силу, препятствующую поднятию диафрагмы. Несмотря на то, что в это время отсечный клапан 3 находится в положении "закрыто", давление в водовоздушном баке 2 и корпусе 4 выравнивается, вследствие чего диафрагма зависает в установившемся положении.

Для увеличения высоты подъема диафрагмы, а значит и объема выброса, целесообразно в момент выброса автоматически снизить давление в водовоздушном баке, добиваясь эффекта разности вектора прилагаемых сил. С учетом этого разработан управляющий отсечно-сбросной клапан, который устанавливается на серийное противоударное устройство вместо клапана 3 (рис.I). Это предложение защищено авторским свидетельством № 857611.

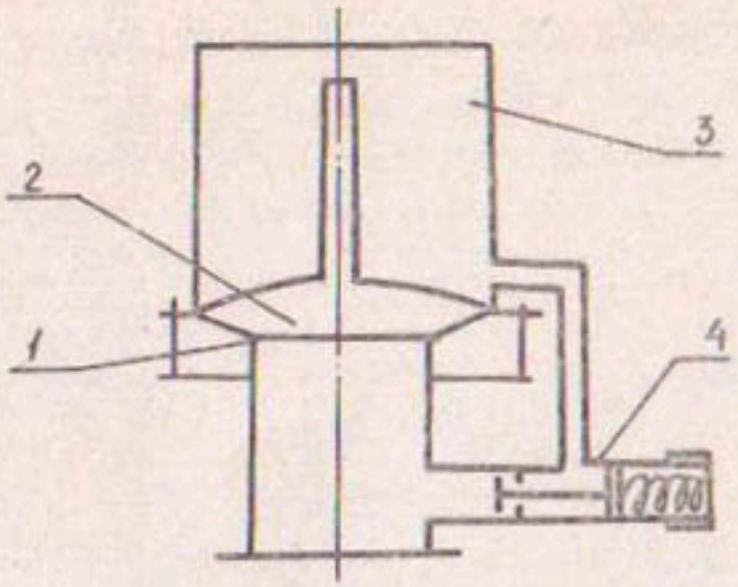


Рис.I. Схема противоударного устройства: I - диафрагма; 2 - водовоздушный бак; 3 - корпус; 4 - отсечный клапан

Отсечно-сбросной клапан (рис.2) состоит из корпуса I, один патрубок которого соединяется с коргусом противоударного устройства, а второй - с водовоздушным баком. В корпусе размещен отсечный клапан 3 с уплотнением 2, связанный с поршнем 9 и тарировочной пружиной II, усилие которой регулируется гайкой I2. Седло 4 отсечного клапана постоянно поджимается к корпусу пружиной I0. Внутри поршня расположен сбросной клапан 5, поджатый к седлу 6 пружиной 8. Открытие сбросного клапана регулируется винтом 7. Работа устройства заключается в следующем.

При заполнении корпуса противоударного устройства вода через отсечно-сбросной клапан поступает в водовоздушный бак, сжимая в нем воздух до величины давления в трубопроводе.В момент выравнивания давления в корпусе и водовоздушном баке мембрана за счет разности сил, действующих на нее сверху и снизу, перекрывает седло. При повышении давления сверх заданного пружиной II отсечно-сбросного клапана поршень 9 под давлением воды перемещает отсечный клапан 3, который уплотнением 2 перекрывает седло 4 и разобщает корпус противоударного устройства с водовоздушным баком. В этот момент сбросной клапан 5 касается упорного болта 7. Дальнейшее незначительное повышение давления в корпусе вызывает дополнительное перемещение поршня 9, при этом перемещается седло 4, поджимаемое к упору корпуса пружиной I0, и отжимает сбросной клапан 5 от седла 6, при этом водовоздушнй бак соединяется с атмосферой. Давление в водовоздушном баке снижается, уменьшая силу, препятствующую подъе-

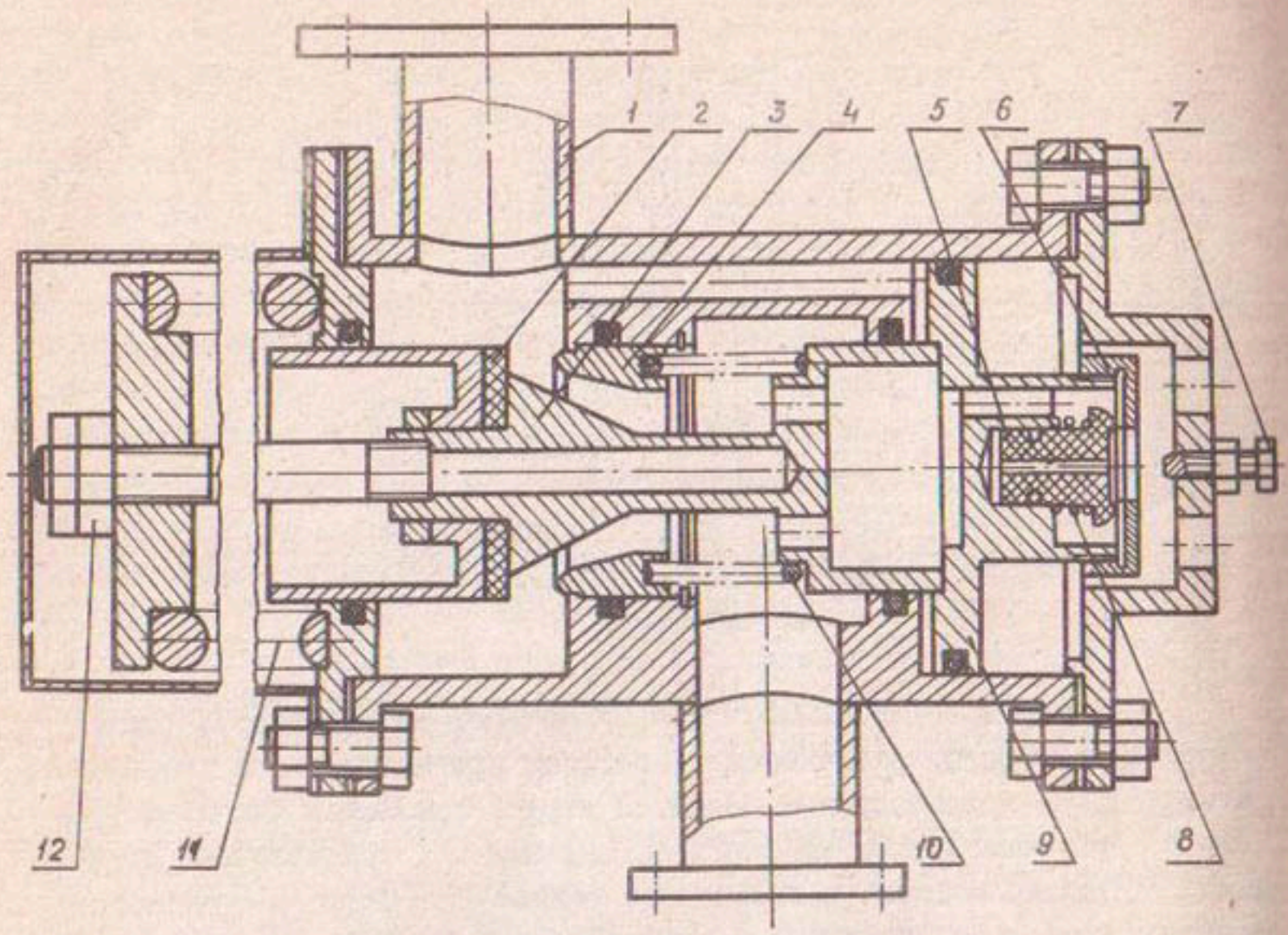


Рис.2. Управляющий клапан: I – корпус; 2 – уплотнение; 3 – отсечный клапан; 4 .. седло отсечного клапана; 5 – сбросной клапан; 6 – седло сбросного клапана; 7 – регулировочный винт; 8, I0, II – пружины; 9 – поршень

му мембраны, и при этом высота подъема мембраны может достичь величины 0,25 D седла, что определяет полноподъемность плоского клапана. После снятия избыточного давления ее величина в корпусе устройства уменьшается и пружина II отжимает отсечный клапан 3 от седла 4, а сбросной клапан 5 поджимается пружиной 8 к седлу 6. Происходит выравнивание давления в корпусе и водовоздушном баке. Противоударное устройство тем самым оказывается готовым к дальнейшей работе.

При испытаниях серийного образца противоударного устройства с описанным отсечно-сбросным клапаном объем выброса при локализации гидравлического удара увеличился до 85–90 л/с.

Таким образом, при установке отсечно-сбросного клапана на серийное противоударное устройство КЗГ-120 объем выброса последнего увеличивается на 70–80 %, что расширяет зону применения КЗГ-120 для трубопроводов с внутренним диаметром до 400 мм при транспортировании в нем расхода воды до 200 л/с.

Р Е Ф Е Р А Т Ы

УДК 631.347.001.2

Угрюмов А.В., Носенко В.Ф., Ландес Г.А. Перспективы развития механизации полива в СССР. – В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.3–11.

Показано значение роста производительности труда на поливе, показан современный уровень механизации полива, раскрыты тенденции и пути совершенствования технических средств распределения воды по площади. Рассмотрены пути развития механизации поверхностного полива и новых способов, основанных на принципе рассредоточения поливного тока.

Приведены ориентировочные параметры новой поливной техники.

Таблиц – 2.

УДК 631.347.221.21.002

Угрюмов А.В., Перевезенцев Л.А., Афанасьев В.М. К вопросу выбора рациональных технологических схем полива многоопорными дождевальными машинами, работающими в движении. – В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.11–19.

Рассматриваются возможные технологические схемы полива фронтальными дождевальными машинами как с холостыми переездами, так и без них с точки зрения их энергопотребления и оптимального времени полива участка. Выведенные теоретические зависимости представлены в виде графиков и циклограмм. Сделаны выводы о необходимости учета при выборе рациональных технологических схем наряду с агротехническими возможностями машины и энергозатрат на выполнение процесса полива.

Иллюстраций – 2.

УДК 631.347.221.21

Пономарев А.Г., Луцкий В.Г., Перевезенцев Л.А., Ерохин Б.М. К вопросу выбора режима работы фронтальных дождевальных машин, работающих в движении. – В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.19–25.

Рассматриваются вопросы, связанные с выбором режима работы фронтальных дождевальных машин в зависимости от заданной поливной нормы. При этом полив в движении рассматривается как микропозиционный полив, т.е. полив при бесконечно малых шагах передвижения или расстояниях между смежными позициями.

Выведены теоретические зависимости параметров движения машины (скорости движения, времени движения и остановки) от конструктивного ее исполнения (длина захвата дождем) и от поливной нормы. Составлена таблица для практического использования этих зависимостей.

Таблиц - I, иллюстраций - 2, библиография - I название.

УДК 63I.347.22I.2-82

Копий А.Ф., Луцкий В.Г. Многоопорная дождевальная машина фронтального перемещения с гидроприводом. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, I983, с.25-30.

Изложены особенности фронтальных дождевальных машин с гидравлическим приводом и водозабором в движении из открытых оросительных каналов.

Приведены результаты исследований фронтальной машины в хозяйственных условиях.

Иллюстраций - 3, библиография - 4 названия.

УДК 63I.347.22I.00I.2

Назаров В.Ф., Лямперт Г.П. Расчет шпренгельных ферм многоопорных дождевальных машин. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, I983, с.30-39.

Обоснована целесообразность применения на многоопорных дождевальных машинах несущей конструкции в виде шпренгельной фермы с предварительно напряженным трубопроводом. Предлагается проверенный экспериментально метод геометрического расчета подобных ферм, позволяющий определить форму упругой линии трубопровода при рабочей нагрузке и линейные размеры элементов фермы с учетом их деформаций.

Иллюстраций - 2, библиография - 3 названия.

УДК 63I.347.22I.2I.002

Данильченко Н.В. Производительность и технология полива

дождевальной машиной "Кубань". - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.39-44.

Приведены краткая техническая характеристика и эксплуатационные показатели машин, дифференцированные по природным зонам, нормообразующие показатели производительности, расчетные зависимости, планово-прогнозные нормативы сменной и сезонной производительности и рациональные технологические схемы работы машин на поливе сельскохозяйственных культур.

Таблиц - 3, иллюстраций - 2.

УДК 631.347.221.21:532

Бобров И.А., Ивашкина Т.Б. Исследование водопроводящих элементов дождевальных машин типа "Кубань". - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.44-49.

Приводятся дроссельные характеристики водопроводящих элементов и полученная на основе исследований характеристика напорного трубопровода машины, применяемые для обоснования основных параметров машины, при выборе насосно-силового оборудования, а также при разработке модификаций машины.

Иллюстраций - 5, библиография - 2 названия.

УДК 631.347.221.001.2

Рязанцев А.И. Расчет основных размеров пневматических и жестких колес самоходных тележек многоопорных дождевальных машин. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М.. ВНИИГиМ, 1983, с. 49-57.

Приведены теоретические расчеты основных размеров пневматических и жестких колес, исходя из допустимых значений давлений многоопорных дождевальных машин на почву.

Для практической оценки размеров колес приведена номограмма.

Таблиц - 3, иллюстраций - 2, библиография - 3 названия.

УДК 631.347.221.004

Жидовинов В.П., Петренко Л.В. Технико-эксплуатационные показатели ЭДМФ "Кубань" при их групповом использовании. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации

и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.57-64.

Приведены результаты исследований технико-эксплуатационных показателей ЭДМФ "Кубань" при групповой работе на оросительной системе совхоза "Лебедевский" Саратовской области.

Дан анализ затрат сменного времени обслуживающим персоналом, подтверждающий возможность обслуживания машинистом-оператором 3-4 ЭДМФ "Кубань". Организация своевременного и качественного технического обслуживания позволяет поддерживать коэффициент технической готовности машин 1981 года выпуска на уровне 0,95.

Таблиц - 4, библиография - 1 название.

УДК 631.347.221.21-192

Жидовинов В.П., Юферев В.П., Мулаев Ю.М. К вопросу о надежности ЭДМФ "Кубань". - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.64-70.

Дан системный подход к оценке надежности фронтальных дождевальных машин. Приведены показатели надежности ЭДМФ "Кубань" и "Кубань-М" по результатам проведенных хронометражных наблюдений за монтажом дождевальных машин, пуско-наладкой и их работой.

Таблиц - 1, иллюстраций - 2, библиография - 3 названия.

УДК 631.347.221.1.004.67

Давшан С.М., Нагибин Н.А. Обоснование номенклатуры запасных узлов и деталей для капитального ремонта дождевальной машины "Фрегат". - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.71-76.

Рассматриваются необходимость и принципиальная возможность увеличения срока службы ДМ "Фрегат" путем проведения после 10 лет эксплуатации капитального ремонта. На основании исследований определены ресурсы основных узлов и деталей ДМ "Фрегат", определена их номенклатура и потребное количество для капитального ремонта.

Таблиц - 2, иллюстраций - 4.

УДК 631.347.221.21:532

Савушкин С.С., Хроль С.Б., Некрасова Т.М., Бобров И.А. Гидравлические исследования водопроводящих элементов дождеваль-

ной машины "Коломенка-100". - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.77-84.

Приводятся результаты гидравлических исследований водопроводящих узлов ДМ "Коломенка-100".

Дан анализ распределения энергетических затрат по длине водопроводящего пояса машины.

Иллюстраций - 6, библиография - 2 названия.

УДК 631.347.221.21:631.862:61

Передкова Л.И. Гигиеническая оценка внесения животноводческих стоков дождевальной машиной "Коломенка-100". - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.84-89.

Приводятся материалы исследований по загрязнению атмосферного воздуха микроорганизмами, аммиаком и дурно пахнущими веществами при внесении животноводческих стоков ДМ "Коломенка-100". На основании полученных данных дается санитарно-защитная зона для данного типа машин.

Таблиц - 2, иллюстраций - 1.

УДК 631.347.312

Козлова Л.К., Козлов А.И. Совершенствование дождевального аппарата"Роса-3". - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М , ВНИИГиМ, 1983, с.90-96.

Приведены усовершенствованные конструкции дождевального аппарата "Роса-3", даны результаты испытаний при малых скоростях ветра, коэффициенты эффективного полива при моделировании расстановки образцов аппаратов на дождевальных машинах.

Таблиц - 1, иллюстраций - 4, библиография - 3 названия.

УДК 631.347.31:681.3

Кистанов А.А., Ганиатов Г.И. Определение оптимальных расстояний между дождевальными аппаратами и позициями колесных дождевальных трубопроводов по критерию равномерности. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.96-102.

Рассматривается методика выбора с помощью ЭВМ оптимальных расстояний между дождевальными аппаратами на колесных дождевальных трубопроводах и гидрантами на орошаемых участках.

Иллюстраций - 3, библиография - 3 названия.

УДК 631.674.5

Городничев В.И. Оценка крупности капель. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.102-120.

Дан анализ оценки крупности капель дождя, создаваемого дождевальной техникой.

Приведены уравнения расчета медианного и среднекубического диаметров капель по площади полива, исследована их взаимосвязь и найдены уравнения этой связи. Рекомендована величина медианного диаметра капель для оценки крупности капель искусственного дождя.

Таблиц - 1, иллюстраций - 6, библиография - 4 названия.

УДК 631.674.52

Штейман У.Г., Гониади И.М. К вопросу определения основных параметров систем импульсного дождевания для условий рельефа горной местности. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.111-120.

Получены расчетные зависимости для определения конструктивных и технологических параметров систем импульсного дождевания, предназначенных для работы в условиях сложного рельефа горной местности. Выведены расчетные уравнения для определения периода наполнения системы, и дана методика их расчета. Приведенные зависимости могут быть использованы на стадии проектирования систем импульсного дождевания как при проведении предварительных. так и поверочных расчетов.

Иллюстраций - 2, библиография - 3 названия.

УДК 631.347.52

Боровенников А.В. Импульсный дождеватель для систем орошения склоновых земель. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.120-124.

Описана конструкция модернизированного импульсного дождевателя для систем орошения склоновых земель.

Приведены результаты исследований и сравнительные технические данные импульсных дождевателей - серийно выпускаемого и модернизированного.

Библиография - 2 названия.

УДК 631.674.11:631.347.1

Пензин М.П., Максимов В.И., Аверин Б.А. Исследования параметров колесного трубопровода ТКП-90 для полива по бороздам. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.124-129.

Описана конструкция колесного трубопровода ТКП-90 для полива сельскохозяйственных культур по бороздам. Дана схема полива, приведены результаты исследования данной поливной машины по равномерности распределения воды по шлейфам и водовыпускам по устойчивости и искривлениям трубопровода, определены расход и КПД техники полива.

Иллюстраций - 3.

УДК 631.674.11

Терпигорев А.А. Движение воды в бороздах при поливе дискретной струей на больших уклонах. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.129-134.

Описано продвижение воды в бороздах при поливе дискретной струей, подтвержденное экспериментальными данными.

Получена зависимость, позволяющая описать пробег лба струи.

Рассмотрены вопросы эффективности полива дискретной струей.

Иллюстраций - 2, библиография - 2 названия.

УДК 532:631.347.1

Савушкин С.С., Хроль С.Б., Некрасова Т.М. К вопросу о дополнительном сопротивлении, возникающем при движении жидкости в полиэтиленовом шланге, навитом на барабан. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.134-140.

Приводятся результаты гидравлических исследований дополнительного сопротивления, возникающего при движении жидкости в

полиэтиленовых шлангах диаметром 32 и 50 мм, навитых на барабан. Даны рекомендации по расчету таких шлангов.

Таблиц - I, иллюстраций - 4, библиография - 3 названия.

УДК 631.347.1

Митрюхин А.А., Култин В.М., Кореньков Г.Н. Дождевальный колесный трубопровод с электроприводом для орошения животноводческими стоками. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.140-144.

Приводятся результаты лабораторно-полевых исследований колесного дождевального трубопровода ДКН-80 с электроприводом.

Иллюстраций - 3.

УДК 631.347.1:631.862

Буцыкин А.М., Митрюхин А.А., Рева Л.Н. Гидравлический и технико-экономический расчет трубопроводов оросительных систем с использованием животноводческих стоков. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.144-151.

Даны методы гидравлических и технико-экономических расчетов трубопроводов оросительной системы с использованием животноводческих стоков, которые получены на основе изучения физико-механических свойств навозных стоков, исследований их напорного течения в трубах различного материала и диаметров, а также агротехнических и мелиоративных требований к орошению животноводческими стоками.

Таблиц - 2, иллюстраций - 2, библиография - 6 названий.

УДК 631.675.001.2

Данильченко Н.В., Ягудин Н.В., Быков В.Г. Совершенствование оперативного управления механизированными поливами. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.151-155.

Рассмотрены вопросы современного состояния оперативного управления поливами. Обосновывается целесообразность создания в системе организации по эксплуатации оросительных систем технологической службы оперативного управления поливами.

Приведены основные параметры службы, организационная и

функциональная структура, техническое оснащение.

Иллюстраций - 2.

УДК 631.67-52

Кистанов А.А., Бочкарева А.И. Применение микро-ЭВМ для оперативного управления режимами поливов. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.156-161.

Предлагаются технические средства и программное обеспечение информационно-вычислительного комплекса для районов, площадь которых измеряется в пределах от 5 до 30 тыс.га.

Цель проектируемой системы - создание научно-обоснованной формы управления механизированными поливами, максимизация эффективности орошения при минимальных затратах на реализацию орошения.

Иллюстраций - 1.

УДК 631.67-52

Абрамов А.Ф., Козлов А.И., Пак И.В., Луканин Н.А. К вопросу сравнения систем гидротелеуправления орошением. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.161-172.

Освещены вопросы выбора и анализа систем гидротелеуправления орошением с использованием многоканальных гидропневматических схем управления орошением.

Иллюстраций - 7, библиография - 4 названия.

УДК 626.820.001.2

Носенко В.Ф., Афанасьев В.А. К вопросу оптимизации оросительных сетей. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.172-186.

Рассмотрены вопросы оптимизации технических решений оросительных сетей путем рассредоточения во времени и пространстве тока воды на системах.

На основании теоретических исследований и технико-экономических расчетов предложены новые критериальные оценки рассредоточения тока воды, позволяющие решать задачи оптимизации параметров оросительных систем на первых стадиях проектирования, до установления их результирующих технико-экономических показателей.

Разработаны и предлагаются алгоритм и программы оптимизационных расчетов на ЭВМ СМ-4 внутрихозяйственных оросительных сетей различного типа.

Таблиц - 3, иллюстраций - 4.

УДК 626.820.001.2

Ландес Г.А., Омельяненко С.И., Остроушко В.Н. Количественная оценка уровня технического совершенства оросительных систем. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.186-193.

В предлагаемой методике, исходя из требований к технически совершенным системам, определены основные показатели, характеризующие их технический уровень как на стадии проектирования, так и эксплуатации. Для сравнения технического уровня принимаемых проектных решений, а также существующих существенно различающихся между собой оросительных систем использован обобщенный показатель, применимый к различным системам, а также метод приведения отдельных показателей к обобщенному. Разработанная методика апробирована в 50 проектах для условий Центрального района Нечерноземной зоны, что позволило судить о ее работоспособности и возможности широкого практического применения для определения основных требований к оросительным системам.

Таблиц - 2, иллюстраций - 2, библиография - 4 названия.

УДК 621.646

Фомин Г.Е. Современное состояние и направление работы по гидротехнической трубопроводной арматуре. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, 1983, с.193-197.

Приведены данные о результатах научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в системе Минводхоза СССР по созданию гидротехнической трубопроводной арматуры. На настоящий период выполнено около 80 % намеченных работ, создано 22 новых вида арматуры 43 типоразмеров на условный диаметр от 100 до 500 мм.

Рассмотрены актуальные вопросы внедрения арматуры в сельскохозяйственное производство и определены дальнейшие пути по совершенствованию арматуростроения в отрасли на перспективу.

УДК 62I.646:63I.347.22I.I

Фомин Г.Е., Першин А.Н., Степанов Б.И. Совершенствование конструкции противоударного устройства КЗГ-I20. - В кн.: Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива. М., ВНИИГиМ, I983, с.I97-20I.

Приведено обоснование повышения расхода противоударного устройства, описана конструкция,и даны результаты испытаний.

Иллюстраций - 2.

СОДЕРЖАНИЕ

Угрюмов А.В., Носенко В.Ф., Ландес Г.А. Перспективы развития механизации полива в СССР..... 3

Угрюмов А.В., Перевезенцев Л.А., Афанасьев В.М. К вопросу выбора рациональных технологических схем полива многоопорными дождевальными машинами, работающими в движении 11

Пономарев А.Г., Луцкий В.Г., Перевезенцев Л.А., Ерохин Б.М. К вопросу выбора режима работы фронтальных дождевальных машин, работающих в движении..... 19

Копий А.Ф., Луцкий В.Г. Многоопорная дождевальная машина фронтального перемещения с гидроприводом..... 25

Назаров В.Ф., Лэмперт Г.П. Расчет шпренгельных ферм многоопорных дождевальных машин..... 30

Данильченко Н.В. Производительность и технология полива дождевальной машиной "Кубань"..... 39

Бобров И.А., Ивашкина Т.Б. Исследование водопроводящих элементов дождевальных машин типа "Кубань"..... 44

Рязанцев А.И. Расчет основных размеров пневматических и жестких колес самоходных тележек многоопорных дождевальных машин..... 49

Жидовинов В.П., Петренко Л.В. Технико-эксплуатационные показатели ЭДМ "Кубань" при их групповом использовании..... 57

Жидовинов В.П., Шферев В.П., Мулаев Ю.М. К вопросу о надежности ЭДМ "Кубань"..... 64

Давшан С.М., Нагибин Н.А. Обоснование номенклатуры запасных узлов и деталей для капитального ремонта дождевальной машины "Фрегат"..... 71

Савушкин С.С., Хроль С.Б., Некрасова Т.М., Бобров И.А. Гидравлические исследования водопроводящих элементов дождевальной машины "Коломенка-100"..... 77

Передкова Л.И. Гигиеническая оценка внесения животноводческих стоков дождевальной машиной "Коломенка-100". 84

Козлова Л.К., Козлов А.И. Совершенствование дождевального аппарата "Роса-3"..... 90

Кистанов А.А., Ганиатов Г.И. Определение оптимальных расстояний между дождевальными аппаратами и позициями колесных дождевальных трубопроводов по критерию равномерности..... 96

Городничев В.И. Оценка крупности капель..... 102

Штейман У.Г., Гониади И.М. К вопросу определения основных параметров систем импульсного дождевания для условий рельефа горной местности..... 111

Боровенников А.В. Импульсный дождеватель для систем орошения склоновых земель..... 120

Пензин М.П., Максимов В.И., Аверин Б.А. Исследования параметров колесного трубопровода ТКП-90 для полива по бороздам..... 124

Терпигорев А.А. Движение воды в бороздах при поливе дискретной струей на больших уклонах..... 129

Савушкин С.С., Хроль С.Б., Некрасова Т.М. К вопросу о дополнительном сопротивлении, возникающем при движении жидкости в полиэтиленовом шланге, навитом на барабан..... 134

Митрихин А.А., Култин В.М., Кореньков Г.Н. Дождевальный колесный трубопровод с электроприводом для орошения животноводческими стоками..... 140

Булыкин А.М., Митрихин А.А., Рева Л.П. Гидравлический и технико-экономический расчет трубопроводов оросительных систем с использованием животноводческих стоков..... 144

Данильченко Н.В., Ягудин Н.В., Быков В.Г. Совершенствование оперативного управления механизированными поливами..... 151

Кистанов А.А., Бочкарева А.И.. Применение микро-ЭВМ для оперативного управления режимами поливов..... 156

Абрамов А.Ф., Козлов А.И., Пак И.В., Луканин Н.А. К вопросу сравнения систем гидротелеуправления орошением.. 161

Носенко В.Ф., Афанасьев В.А. К вопросу оптимизации оросительных сетей..... 172

Ландес Г.А., Омельяненко С.И., Остроушко В.Н. Количественная оценка уровня технического совершенства оросительных систем..... 186

Фомин Г.Е. Современное состояние и направление работы по гидротехнической трубопроводной арматуре..... 193

Фомин Г.Е., Першин А.Н., Степанов Б.И. Совершенствование конструкции противоударного устройства КЗГ-120..... 197

Внимание!

Желающие приобрести сборники научных трудов ВНИИМиТП могут обращаться по адресу: 140400, г.Коломна Московской обл., пос.Радужный, ВНПО "Радуга".

Основные направления технического прогресса в области механизации и техники полива

Сборник научных трудов

Редактор С.А.Петренко
Технический редактор Л.Ф.Кузяева
Художественный редактор Т.И.Мосолова
Корректор Н.П.Соколова

Сдано в набор 25.II.1983 г. Подписано к печати 31.08.1983 г. Л92389. Формат 60x84/16. Бумага типографская. Набор машинописный. Печать офсетная. Объем 10 уч.-изд.л. Тираж 600 экз. Заказ №967. Цена 1 руб.

Ротапринт ГСКБ по орошению ВНПО "Радуга"
г.Коломна Московской обл., пос.Радужный