

ВОПРОСЫ ГИДРОТЕХНИКИ

ВЫПУСК

22

ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“ УЗБЕКСКОЙ ССР

СССР ГОСЗЕМВОДХОЗИ ХУЗУРИДАГИ ЎРТА ОСИЁ
ПАХТАЧИЛИК ДАВЛАТ КОМИТЕТИ

ЎРТА ОСИЁ СУВ ПРОБЛЕМАЛАРИ ВА ГИДРОТЕХНИКА
ИЛМИЙ ТЕКШИРИШ ИНСТИТУТИ

ГИДРОТЕХНИКА МАСАЛАЛАРИ

22-КИТОБ

СУВ ХЎЖАЛИГИ ИШЛАРИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ

ЎЗБЕКИСТОН ССР „ФАН“ НАШРИЁТИ

ТОШКЕНТ • 1965

ГОСКОМИТЕТ ПО ХЛОПКОВОДСТВУ СРЕДНЕЙ АЗИИ
ПРИ ГОСЗЕМВОДХОЗЕ СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ И ГИДРОТЕХНИКИ

ВОПРОСЫ ГИДРОТЕХНИКИ

ВЫПУСК 22

МЕХАНИЗАЦИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“ УЗБЕКСКОЙ ССР

ТАШКЕНТ-1965

В сборнике освещены вопросы комплексной механизации основных видов работ в ирригации Средней Азии, приведены результаты исследований по уплотнению внутрихозяйственных оросителей и обратной засыпке траншей закрытого дренажа; дан краткий обзор состояния механизации уплотнения грунтов в каналах.

Рассмотрены некоторые вопросы подъема жидкости открытой лентой, подбора погружных и артезианских насосов для вертикального дренажа, а также обобщены опыт телемеханизации участков буровых скважин на воду и результаты исследований затворов-автоматов нижнего бьефа.

Описаны конструкции нового глубинного механического грунтоотборника.

Книга предназначена для научных работников, сотрудников проектных организаций, аспирантов, преподавателей и студентов, специализирующихся в области гидротехники, механики и автоматики.

Редакционная коллегия

З. Х. ХУСАН-ХОДЖАЕВ (отв. редактор), С. Г. ЗАПРОМЕТОВ, А. А. РАЧИНСКИЙ, Х. А. АСКАРОВ, А. М. МУХАМЕДОВ, У. Ю. ПУЛАТОВ, И. И. ГОРШКОВ, Б. Е. МИЛЬКИС, М. В. БУТЫРИН, Г. Г. ВАЛЕНТИНИ.

У. Ю. ПУЛАТОВ

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ИРРИГАЦИИ СРЕДНЕЙ АЗИИ

В настоящее время усилия Коммунистической партии и энергия советского народа направлены на решение главной экономической задачи, намеченной Программой КПСС, — создание в течение двух десятилетий материально-технической базы коммунизма.

В общем комплексе мероприятий по созданию материально-технической базы коммунизма в СССР для республик Средней Азии первостепенное значение имеет водохозяйственное строительство, обеспечивающее прирост и эффективное использование поливных земель, улучшение их мелиоративного состояния и увеличение урожаев на них.

Согласно перспективному плану ирригационного строительства уже к 1970 г. намечено увеличить на 1,5 млн га площадь орошаемых земель среднеазиатских республик и к этому же сроку улучшить мелиоративное состояние свыше 1 млн га поливных земель колхозов и совхозов [1].

Осуществление этих задач связано с выполнением огромных объемов земляных, бетонных, железобетонных и других работ в сжатые сроки, что возможно при широкой и комплексной механизации их, применении более прогрессивных методов строительства, максимальном повышении производительности труда и создании новых специализированных высоко-производительных машин и механизмов.

В ирригационном строительстве наиболее массовыми и трудоемкими работами являются земляные, от способа и интенсивности производства которых во многом зависят сроки и стоимость освоения орошаемых площадей.

Так, для сельскохозяйственного освоения 1 га поливных земель требуется выполнить земляные работы объемом до 2500 м³. Ежегодный объем земляных работ (за последние два года) только в системе Министерства водного хозяйства Узбекской ССР превышает 200 млн. м³.

Земляные работы в ирригации очень разнообразны: основные из них — строительство, ремонт, очистка и переустройство каналов оросительной и коллекторно-дренажной сети; планировка поливных земель; возведение плотин и дамб; отрывка и обратная засыпка траншей под закрытый дренаж и напорные оросительные трубопроводы; устройство котлованов под отдельные гидротехнические сооружения и лотковую оросительную сеть; вскрышные работы в карьерах строительных материалов и добыча последних и т. д.

Водохозяйственные организации Средней Азии оснащены огромным парком землеройной и строительной техники, без которой немыслимы были бы большие успехи в ирригационном строительстве, отмеченные за последние годы.

Парк землеройной техники только двух крупных организаций (МВХ УзССР и Голодностепстрой) насчитывает 1630 одноковшовых экскаваторов с ковшами общей емкостью 825 м³, 60 многоковшовых с суммарным объемом ковшей 28000 л, 1600 скреперов с ковшами емкостью 7330 м³, 1540 бульдозеров мощностью 135,5 тыс. л. с., 350 землесосных снарядов с суммарной производительностью по воде 175 тыс. м³/час, а также сотни грейдеров, автогрейдеров, плужных канавокопателей, катков и др.

В то же время водохозяйственные организации еще не располагают соответствующими комплексами машин и механизмов для производства некоторых работ на строительстве и эксплуатации оросительных систем. Отсутствие в ирригации необходимой техники вынуждает применять машины из смежных областей строительства, несмотря на то,

Т а б л и ц а 1

Вид работ	Удельный объем (%) земляных работ, выполняемых					
	одноковшовыми экскаваторами	скреперами	бульдозерами	землесосами	прочими машинами*	вручную
Новое строительство	35-45	20-30	30-40	3-5	2-4	< 1
Переустройство, ремонт и очистка сети	55-65	2-3	8-12	20-25	—	10-15

* Сюда отнесены объемы земляных работ, выполняемые многоковшовыми экскаваторами, автогрейдерами, грейдерами и с помощью взрыва.

что часто последние по своим технико-экономическим и эксплуатационным показателям не удовлетворяют требованиям современного производства. Что же касается очистки мелкой оросительной сети от наносов, удаления растительности из каналов, планировки и бетонирования откосов земляных гидротехнических сооружений, заделки швов сборного железобетона и т. д., то эти работы в большинстве случаев выполняются вручную.

О распределении объемов земляных работ в зависимости от средств производства в ирригации Средней Азии (где ежедневно разрабатывается около 1 млн м³ грунта), можно судить по данным табл. 1.

Основной объем земляных работ в ирригации (около 40% на новом строительстве и 60% на эксплуатационных работах) приходится на одноковшовые экскаваторы. Это объясняется главным образом универсальностью этих машин и большим количеством их типоразмеров, что при большом разнообразии выполняемых работ в ирригации играет важную роль.

Одноковшовый экскаватор в ирригационном строительстве Средней Азии впервые появился более 50 лет тому назад; сейчас он является основной машиной на водохозяйственных работах.

По качеству и количеству производимых одноковшовых экскаваторов Советский Союз занимает одно из первых мест в мире. Только за последние два года выпущено 35 тыс. экскаваторов (включая и многоковшовые) различных конструкций и мощностей.

На водохозяйственном строительстве работает множество одноковшовых экскаваторов различных марок с ковшами емкостью 0,15—4 м³, отличающихся как конструкцией, так и ходовым, силовым и рабочим

оборудованием. Удельное количество машин по маркам и мощностям в различных организациях различно. Поэтому одна из задач в области комплексной механизации водохозяйственного строительства — разработка параметров и показателей, которые позволят установить типоразмеры машин, наиболее подходящие для ирригации, и эффективность их применения по видам работ.

За последнее десятилетие наиболее широко применяются землеройно-транспортные машины — скреперы и бульдозеры, — на долю которых падает значительный объем земляных работ (на новом строительстве более 50%). На строительстве первой очереди Каракумского канала бульдозерами Д-157 и Д-271 выполнено 36% и скреперами Д-147 и Д-222 — 14,2% общего объема земляных работ, исчисляемого в 103,6 млн. м³. Самая низкая стоимость разработки грунта механизмами получена при использовании землеройно-транспортных машин, особенно бульдозеров [2].

К положительным качествам этих машин, наряду с простотой конструкции, несложностью в эксплуатации, следует отнести самостоятельность выполнения (во многих случаях) всего технологического процесса земляных работ, связанных с разработкой, транспортированием, послойной отсыпкой и уплотнением грунта, как это было при возведении скреперами Д-222 дамб Келифского Узбоя на строительстве Каракумского канала [3].

При планировке поливных участков землеройно-транспортные машины являются основными средствами, без которых невозможно производство огромного объема планировочных работ, намеченных на ближайшие годы.

На ирригационных стройках работают скреперы, бульдозеры и грейдеры различных марок. Больше всего в водном хозяйстве применяются марки скреперов Д-458, Д-541 и Д-374 с ковшами емкостью 2,75; 3,5 и 7 м³ соответственно (86% списочного состава скреперов МВХ УзССР). Остальные скреперы представлены марками Д-147, Д-222, Д-213А, Д-183А и полуприцепными самоходными скреперами Д-357Г.

В соответствии с разработанным типажом землеройно-транспортных машин до 1965 г. предполагается выпустить пять типоразмеров прицепных скреперов с ковшами емкостью 1,5; 3; 6; 10 и 15 м³ для работы с тракторами мощностью 50—300 л. с. и пять типоразмеров полуприцепных самоходных скреперов с ковшами емкостью 4, 6, 10, 15, и 25 м³ с мощностью тягачей 90—650 л. с. [4].

Большинство используемых бульдозеров представлено машинами на базе тракторов С-80 и С-100, относящимися к 2/3 списочного парка, и на базе трактора ДТ-54 — около 1/3 парка. Незначительное количество составляют бульдозеры, навешенные на тракторы Т-140 и ДЭТ-250.

Один из эффективных способов производства земляных работ — гидромеханизация, применяемая в водном хозяйстве главным образом на очистке крупных каналов от наносов (низовья р. Аму-Дарьи) и отчасти на намыве плотин и дамб (плотина Сарыязынского, Кайраккумского водохранилищ, дамбы Келифского Узбоя и др.) В значительно меньшей степени гидромеханизацию применяют на строительстве каналов. Если на очистке каналов и на регулировочных работах количество грунта, разрабатываемое при помощи гидромеханизации (землесосными снарядами), составляет 20—25% общего объема, то на строительстве плотин, дамб и каналов этот процент снижается до 3—5 (см. табл.1).

Стремление применить гидромеханизацию на смыве отвалов вдоль каналов (так называемых рашей) и на планировке поливных участков потеряло значение с появлением в массовом количестве землеройно-

транспортных машин, хотя в период сороковых годов гидромониторные установки сыграли положительную роль [5].

На очистке отстойников и каналов используются плавучие землесосные снаряды различных марок с расчетной производительностью 25—350 м³/час грунта. Преимущественно это землесосы ПГК с помпой 8-НЗ, изготавливаемые на Потийском заводе землесосных снарядов; также имеются землесосы 6-НЗ, 4-ПЗУ и др. В последние годы землесосный парк пополнился мощными, хорошо оснащенными землесосами ДЭР-250 чехословацкого производства и новыми дизель-электрическими отечественными машинами ЗРС-1 и ПГК.

Почти все землесосные снаряды не имеют разрыхлительных устройств и поэтому производительность этих машин сравнительно низкая. Если со средними и мощными земснарядами, работающими главным образом на крупных каналах и отстойниках, где оседают песчаные фракции наносов, положение пока терпимо, то на очистке каналов низших ступеней с глинистыми наносами применение гидромеханизации, в частности землесосов 4-ПЗУ ВНИИГИМ, не дает положительных результатов.

В середине 50-х годов Ташкентский завод Главэкскаватора без соответствующего обоснования приступил к выпуску землесосных снарядов 4-ПЗУ для очистки средних и малых каналов. Опыт эксплуатации этих машин показал, что малая мощность их и отсутствие разрыхлителей препятствуют эффективному применению гидромеханизации. Поэтому выпуск землесосов 4-ПЗУ прекращен, и в настоящее время они списываются с производства.

Изложенное выше позволяет судить о том, какое большое значение в механизации процессов строительного производства имеет научно обоснованный выбор машин и механизмов для достижения положительных результатов и избежания случаев, наносящих иногда немалый ущерб.

Незаслуженно мало применяются на ирригационных работах многоковшовые экскаваторы — машины непрерывного действия, которым по многим своим показателям уступают одноковшовые экскаваторы. Большая удельная производительность, малые инерционные нагрузки, высокое качество работ, особенно на планировке откосов, значительно меньшая утомляемость обслуживающего персонала и независимость производительности машины от квалификации оператора, а также многие другие качества являются положительными факторами, которые отсутствуют у одноковшовых экскаваторов — машин циклического действия. Несмотря на это, многоковшовые экскаваторы не были широко распространены на водохозяйственных работах, хотя в начале 50-х годов киевский завод «Красный экскаватор» специально для ирригации выпустил несколько сот машин поперечного копания ЭМ-502 и ЭМ-161, предназначенных главным образом для очистки каналов межхозяйственной и внутрихозяйственной сети от наносов.

Основная причина, препятствующая применению многоковшовых экскаваторов — некомплексное выполнение земляных работ в ирригации. В большинстве случаев весь комплекс работ по строительству и очистке каналов, особенно в староорошаемых районах, — планировка пути движения машины, устройство различных переходов, очистка от растительности, выемка грунта и отделка откосов — выполняется одной машиной (одноковшовым экскаватором), что снижает производительность и удорожает стоимость работ.

Применение многоковшовых экскаваторов на многих работах в комплексе с другими машинами более эффективно. Кроме того, канал, выполненный многоковшовым экскаватором, имеет правильное сече-

ние и чистые откосы, меньше подвержен зарастанию, более устойчив и не требует ручных доделок, что очень важно при покрытии канала антифильтрационной одеждой.

За последние годы нельзя привести ни одного случая применения многоковшовых экскаваторов поперечного копания на строительстве или очистке каналов оросительной или коллекторно-дренажной сети, в то время как более 50 лет тому назад эти машины хорошо зарекомендовали себя на ирригационном строительстве.

В 1912 г. три паровых экскаватора Любек с железнодорожным ходовым оборудованием, работая на открытии коллектора Шурузяк и левой ветви магистрального канала (ныне канал им. Кирова), ежедневно вырабатывали 4000 м³ грунта [6]. Электрический экскаватор на гусеничном ходу этой же фирмы в 1949 г. работал на строительстве Баяутского магистрального канала (ныне ЮГК) с производительностью 160 м³/час [7].

Эти примеры свидетельствуют о больших возможностях применения многоковшовых экскаваторов поперечного копания на ирригационном строительстве.

Грунты районов нового освоения представляют собой в большинстве случаев лессовые отложения, по трудности разработки относящиеся к I и II категории. Они эффективно поддаются разработке машинами непрерывного действия.

С внедрением в орошаемое земледелие прогрессивных типов дренажа и новых способов полива появилась большая потребность в траншейных экскаваторах, которые до последнего времени имели ограниченное применение на водохозяйственных работах. В настоящее время для устройства закрытого дренажа используются цепные траншейные экскаваторы с глубиной копания до 3,5 м, а на строительстве закрытых напорных оросительных трубопроводов — роторные с глубиной копания до 2—2,2 м.

Увеличение выпуска высокопроизводительных машин непрерывного действия будет способствовать снижению удельного веса объемов земляных работ, выполняемых одноковшовыми экскаваторами. Однако общий объем указанных работ, разрабатываемый этими машинами, в абсолютном исчислении значительно возрастает. Следовательно, в будущем механизация земляных работ во многом будет зависеть от эффективного использования одноковшовых экскаваторов.

Рассмотрим состояние комплексной механизации по отдельным основным видам работ в ирригации и перспективы ее развития на ближайшие пять-шесть лет.

СТРОИТЕЛЬСТВО КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Оросительные каналы строятся главным образом с помощью одноковшовых экскаваторов и, если позволяют габариты сооружения и гидрогеологические условия, — землеройно-транспортных машин. По основным технико-экономическим и технологическим показателям — производительность машины, стоимость и качество выполняемой работы — одноковшовые экскаваторы во многих случаях не отвечают требованиям современного производства. Поэтому давно назрела необходимость замены их, где это возможно по условиям производства работ, машинами непрерывного действия.

Если потребность замены машин циклического действия более производительными средствами не вызывает сомнения, то выбор типов и параметров последних для каждого конкретного случая (на основании

технико-экономических данных) требует детального рассмотрения и обоснования.

Оросительные каналы по своим размерам очень различны, и для выбора, а тем более создания средств механизации по их строительству необходимо иметь четкую и единую классификацию каналов по габаритам. Оросительные каналы могут быть подразделены на пять типоразмеров (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Типоразмеры оросительных каналов	Габариты каналов		
	ширина по дну	глубина	крутизна откосов
	м		
I	До 0,6	До 1	1:1
II	0,6—1,2	До 1,5	1:1 до 1:1,5
III	1,2—3,0	До 2,5	1:1,5 до 1:2
IV	3—5	До 4	1:1,5 до 1:2,5
V	> 5	Свыше 4	1:2,5 до 1:4

Приведенная градация каналов позволяет наметить пути механизации строительства и очистки оросительной сети в привязке к их габаритам.

Первый типоразмер каналов представляет собой внутрихозяйственную сеть. Для нарезки каналов этого типа обычно широко применяются отечественные прицепные и навесные плужные канавокопатели марок КПУ-2000А, КМ-800, КОР-500, Д-267А и др.

Специальных машин непрерывного действия для строительства каналов второго типоразмера Советский Союз не выпускает. В этом случае с успехом можно использовать плужные канавокопатели типа Бриско (США). Три модели этого типа канавокопателей — 35, 46 и 68 — в 1961 г. испытывались в Голодной степи и показали хорошие результаты. Следовательно, задача состоит в том, чтобы разработать подобный тип отечественных машин [8].

В то же время для каналов этого типоразмера Ленинградский институт ВНИИЗеммаш разработал и изготовил двухроторный экскаватор ЭДР-1, который был испытан в Ставропольском крае в 1963 г. [9]. Экскаватор хотя и показал высокую производительность, но уступает по технико-экономическим показателям и по конструкции (более сложная) плужным канавокопателям типа Бриско (табл. 3).

Приведенные в табл. 3 данные свидетельствуют о нецелесообразности применения экскаваторов ЭДР-1 для разработки каналов второго типоразмера, которые дешевле и проще выполнять плужными канавокопателями соответствующей конструкции.

С внедрением новой техники орошения и промышленных способов строительства, как это делается сейчас на вновь осваиваемых землях Голодной степи, каналы, отнесенные к первым двум типоразмерам, будут со временем заменены закрытыми напорными трубопроводами и лотковыми каналами. Это необходимо будет учесть при решении вопроса об изготовлении машин для механизации строительства этих каналов.

Для каналов третьего типоразмера может быть использован экскаватор КШР-3 (канавокопатель шнекороторный), разрабатываемый ГСКБ по ирригации. Машина КШР-3, прицепная к трактору ДЭТ-250, предназначена для разработки за один проход каналов глубиной до 3 м

с шириной по дну 1,5 м. Средняя расчетная производительность машины 800 м³/час. Вес экскаватора 26 т.

На строительстве каналов четвертого и пятого типоразмера можно применить землеройно-фрезерную машину ЗФМ-2 [10, 11], которая за один проход дает прямоугольную траншею глубиной до 2 м и шириной 3,4 м. Техническая производительность этой машины на тяжелых глинистых грунтах составила 1300 м³/час. Откосы нужной крутизны обрабатываются дополнительными средствами — бульдозерами или автогрейдером.

Т а б л и ц а 3

Машина	Необхо- димое число тракто- ров, марка	Габариты выреза- емого канала			Техни- ческая произво- дительно- сть, м ³ / час	Энерго- емкость, л. с. ч./ м ³	Ориенти- ровочная стои- мость, 100 м ³ / руб
		шири- на по дну	глуби- на	кру- тизна отко- сов			
ЭДР-1	Один, Т-140	0,8	1,2	1:1	900	0,155	0,90
Бриско, модель 35	Два, С-100	0,8	1,2	1:1	2100	0,090	0,42

Каналы шириной по верху до 30 м и глубиной до 6 м разрабатываются продольными проходами машины с укладкой грунта непосредственно в приканальные дамбы или кавальеры специальным 15-м транспортером.

Машина ЗФМ-2 длительное время осваивалась. Она представляет собой усовершенствованную модель ЗФМ-3000, опытный образец которой изготовлен на Воронежском экскаваторном заводе еще в 1958 г. В 1961 г. завод сделал два промышленных образца машины ЗФМ-2, которые испытывались на строительстве канала Иртыш— Караганда.

На оросительных каналах третьего, четвертого и пятого типоразмера, наряду с указанными машинами, в ближайшие годы будут применяться модифицированные роторные экскаваторы (высокопроизводительные машины непрерывного действия), разрабатываемые Ленинградским институтом ВНИИЗеммаш.

Изложенным выше не исчерпывается перечень новых машин, которые могут быть использованы на строительстве оросительных каналов. Мы рассмотрели только те машины, которые в настоящее время находятся в стадии разработки и освоение которых в ближайшие два-три года явится практически выполнимой задачей.

СТРОИТЕЛЬСТВО ОТКРЫТОЙ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

По данным Гипроводхоза, 41,5% ирригационно-подготовленных земель СССР засолено или склонно к засолению; особенно это заметно в районах хлопкосеющих республик, где свыше 56% из 5076 тыс. га ирригационно-подготовленных земель нуждаются в мелиоративном улучшении [12].

Одним из способов улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель служит дренаж (на настоящем этапе преобладает открытый, примерно 99%). Протяженность каналов этого типа только в Узбекской ССР превышает 20 тыс. км.

По габаритам открытые коллекторно-дренажные каналы могут быть сведены к трем типоразмерам (табл. 4).

К средствам механизации коллекторно-дренажная сеть предъявляет жесткие требования: слабые водонасыщенные грунты, близкое залегание грунтовых вод, глубина канала, превышающая ширину по дну,

Т а б л и ц а 4

Типоразмеры коллекторно- дренажных каналов	Габариты каналов		
	ширина по дну	глубина	крутизна откоса
	м		
I	0,6-1,2	2,5-3,5	1:1,5
II	1,2-3,0	3,5-5,0	1:1,5-1:2
III	> 3	Свыше 5	1:2 и положе

и т. д. Поэтому на открытии этих каналов в основном заняты одноковшовые экскаваторы различных мощностей с рабочим оборудованием драглайна и обратной лопаты.

На подобных работах наиболее эффективно могут быть использованы цепные многоковшовые экскаваторы поперечного копания, положительной особенностью которых, наряду с упоминаемыми выше, является послойная разработка канала по глубине, что при работе на слабых и оплывающих грунтах имеет очень важное значение. Из отечественных машин следует отметить электрические экскаваторы на железнодорожном ходу ЭМ-201, ЭМ-302 и ЭМ-503 производительностью 36, 54 и 102 м³/час с максимальной глубиной копания 6, 8 и 9 м соответственно. Небольшие конструктивные изменения, необходимые преимущественно в области эксплуатационных параметров, откроют большие возможности перед этими машинами на ирригационных стройках.

Эксплуатационные характеристики этих машин полностью охватывают три типоразмера коллекторно-дренажных каналов.

На строительстве и очистке каналов первого типоразмера могут применяться экскаваторы типа ЭМ-502, ранее выпускавшиеся специально для гидромелиоративных работ и предназначенные главным образом для очистки каналов от наносов. Отличительные особенности машин этого типа (по сравнению с обычными многоковшовыми экскаваторами поперечного копания) — наличие ковшей специальной конструкции с принудительной разгрузкой; возможность изменения расстояния между гусеницами в зависимости от габаритов канала; небольшое удельное давление на грунт благодаря отсутствию противовеса, а также оригинальная конструкция подвески ковшевой рамы, которая позволяет перемещать ее в горизонтальной и вертикальной плоскости и получать откосы различной крутизны при постоянной глубине.

При работе многоковшовых экскаваторов необходимо применять вспомогательные механизмы для планировки пути движения, перемещения кавальеров, переноса железнодорожных путей. Это свойство многоковшовых экскаваторов явилось одной из причин отсутствия их на ирригационных работах. С этим можно было мириться в начале 50-х годов, когда применение комплекса машин ограничивалось недостаточным их количеством. При современном оснащении строек новой техникой, когда каждая машина выполняет определенные операции, на которых она более производительна, потребность в машинах непрерывного действия, в частности в многоковшовых экскаваторах, стала необходима.

Сравнительные технико-экономические показатели одноковшовых и многоковшовых экскаваторов приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Марка экскаватора	Габариты канала, м			Метал- лоем- кость, кг.ч/м ³	Энер- гоем- кость, л. с. ч/м ³	Выработ- ка на одного рабоче- го в сме- ну, м ³	Стои- мость разработ- ки, 100 м ³ /руб
	по верху	по дну	глуби- на				
Одноковшовый Э-505А	2,80	1,10	3,50	432	1,7	167	12,5
Многоковшовый ЭТУ-354	2,80	1,10	3,50	150	0,8	280	6,3

СТРОИТЕЛЬСТВО ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Один из прогрессивных видов дренажа, наиболее широко распространенный за последние пять лет в орошаемой зоне, — горизонтальный закрытый дренаж.

В отличие от открытого дренажа закрытый более прост в эксплуатации, хотя сравнительно дорог и конструктивно сложен. Замена открытых дрен закрытыми в зависимости от густоты их расположения высвобождает 6—8% полезной площади.

Этот тип дренажа широко применяется на вновь осваиваемых землях Голодной степи, где только в 1963 г. построено 204 км дрен, а в текущем году планируется уложить до 1000 км.

В связи с массовым строительством закрытого дренажа очень остро стоит вопрос о комплексной механизации этих работ.

В настоящее время механизация строительства закрытого горизонтального дренажа ведется по двум направлениям: создание машин-комбайнов и механизация каждой операции технологического процесса строительства в отдельности. В первом случае основные операции по прокладке дрен — открытие траншеи, укладка труб, фильтрующего или другого материала, отсыпка предохранительного слоя грунта — выполняются комбайном за один проход; во втором случае — комплексом машин, работающих в определенной последовательности и через соответствующий интервал.

Качественная оценка двух способов механизированного строительства вытекает из конструктивных исполнений закрытых дрен и зависит от применяемых материалов, составляющих отдельные элементы дренажа.

Сейчас в орошаемой зоне используются закрытые дренны диаметром 150—200 мм; они укладываются на глубину 3—3,5 м от поверхности земли. Для увеличения поверхности фильтрации и предохранения дренажной линии от заиливания трубы покрываются гравийным фильтром с круговой или полукруговой обсыпкой. Только во втором случае трубы сверху покрываются полиэтиленовой пленкой. Грунтовые воды поступают в дренажную линию через зазоры в стыках коротких гончарных труб длиной 0,3 м или через перфорацию, сделанную в нижней части дренажной линии из асбоцементных или полиэтиленовых труб длиной до 6 м.

Следовательно, когда закрытые дренны собираются из коротких труб, свободно соединенных между собой, надо отдать предпочтение

первому способу строительства; в случае применения длинногабаритных труб — второму.

С широким внедрением в ирригацию химии большие перспективы открываются перед вторым способом строительства дрен, когда дренажную линию можно будет собирать на поверхности из длинногабаритных пластмассовых труб с заранее нанесенным индустриальным способом фильтрующим слоем и вместе со смотровыми и контрольными колодцами опускать в готовую выверенную траншею, как это делается при строительстве газопровода.

В последние годы за границей при укладке дрен используют поливинилхлоридные трубы, которым отдается предпочтение перед полиэтиленовыми. В Голландии проводятся большие работы по замене гончар-

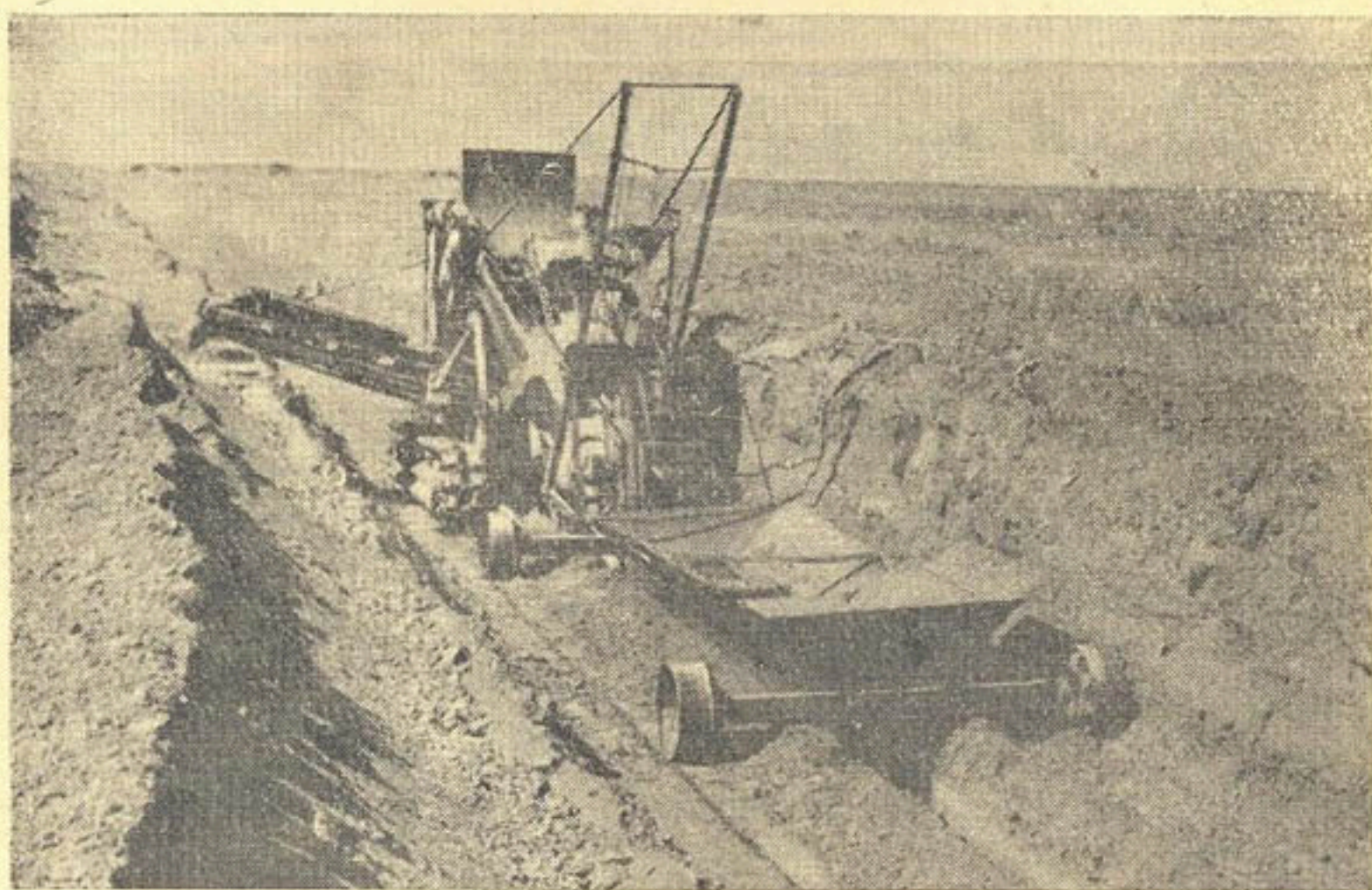


Рис. 1. Дреноукладочный комбайн на строительстве закрытого дренажа в Голодной степи.

ных труб в обычных дренажных системах пластмассовыми. Ежегодно укладывается 6 млн. м поливинилхлоридных дренажных труб. Трубы длиной 5—6 м на одном конце имеют раструб, что позволяет легко соединять их, вставляя одну в другую. Вода в трубы поступает через специально устроенные в стенках труб прорези шириной 0,6 мм [13].

Ведущая машина при строительстве закрытых дрен — траншейный экскаватор. Применяемые сейчас экскаваторы ЭТУ-353 и ЭТУ-354 вследствие своих конструктивных особенностей, присущих всем цепным многоковшовым машинам, имеет ограниченную производительность, например по сравнению с роторными траншейными экскаваторами. Последние же из-за недостаточной глубины копания не могут быть использованы на рассматриваемых работах. Поэтому ближайшей задачей является создание траншейных роторных экскаваторов высокой производительности с глубиной копания до 3,5 м.

Машины-комбайны (дреноукладчики), впервые разработанные в 1957 г. и претерпевшие ряд модификаций, с успехом эксплуатируются в Голодной степи (рис. 1). Эти машины [14] представляют собой тран-

шейные экскаваторы с бездонным металлическим бункером прямоугольного или трапецеидального сечения в поперечнике, разбитым на несколько отсеков, через которые обеспечивается крутовая обсыпка труб и контроль за качеством укладки дренажной линии. Трубы на дно траншеи подаются принудительно по специальному желобу.

Дреноукладчики, разработанные Главголодностепстроем совместно со Среднеазиатским научно-исследовательским институтом водных проблем и гидротехники, отличаются простотой в изготовлении и несложностью в эксплуатации. Они, безусловно, найдут широкое применение на мелиоративных работах.

Технологический процесс строительства закрытого горизонтального дренажа включает операцию по уплотнению грунта обратной засыпки траншей, без которой нарушается нормальная работа дрены и теряется одно из преимуществ закрытого дренажа — возможность использования наддренной полосы. Несмотря на то что закрытые дрены строятся уже более пяти лет, способ уплотнения грунта над дренами не решен. Эти работы строителями не выполняются из-за отсутствия специальных грунтоуплотняющих машин, чем отчасти можно объяснить случаи выхода из строя и разрушения некоторых дрен [15].

Основное препятствие при строительстве дренажа — отсутствие способов и приемов прокладки его в водонасыщенных слабых и оплывающих грунтах. Обрушение стенок траншей при укладке закрытых дрен и оплывание откосов открытой коллекторно-дренажной сети в период строительства и эксплуатации сильно осложняют и удорожают производство работ, а при открытой коллекторно-дренажной сети, кроме того, нарушают нормальную работу системы.

Данные зарубежной практики и опытных работ в СССР свидетельствуют о сравнительной эффективности бестраншейного способа прокладки осушительных дрен, при котором дренажные трубы закладываются в грунт с минимальным нарушением его целостности. Формовка дренажной линии из пластмассовой ленты производится в грунте непосредственно за дреном кротового плуга.

Необходимость прокладки дрен в орошаемой зоне на глубине значительно большей, чем в осушаемой, делает бестраншейную укладку на первый взгляд неприемлемой.

Если рассматривать этот способ как один из паллиативных решений строительства закрытого горизонтального дренажа в водонасыщенных слабых и оплывающих грунтах, имеющих небольшое удельное сопротивление копанию, учитывая, что глубину закладки дренажа можно довести до 2,5 м за счет увеличения густоты дрен, то возможность применения бестраншейного способа для указанных условий технически становится реальной.

Строительство закрытого горизонтального дренажа тесно связано с развитием индустриальной базы, необходимой для изготовления отдельных элементов конструкции дренажа и материала для них. Отсутствие четких и ясных установок по конструкции дрены, размерам и материалам труб, глубине закладки дрены и т. д. тормозит развитие индустриальных методов и механизацию строительства одного из прогрессивных способов мелиорации.

МЕХАНИЗАЦИЯ АНТИФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАБОТ

В мировой практике ирригационного строительства большое значение придается антифильтрационным мероприятиям на каналах.

В Советском Союзе до последнего времени борьбе с фильтрацией воды из каналов не уделялось должного внимания. Широкого размаха

эти работы начинают достигать на новых стройках, например в Голодной степи, где только лотковых каналов из сборного железобетона к 1964 г. построено около 700 км.

К материалам, применяемым для облицовки каналов, относятся бетон и железобетон, асфальтобетон, грунты нарушенной и ненарушенной структуры, полимерные и синтетические массы и т. д.

Особенно широко используется сборный железобетон, позволяющий строить каналы промышленными методами, полностью механизировать технологический процесс, ликвидировать сезонность в работе, значительно повысить производительность труда и качество работы.

Применение сборных железобетонных конструкций, изготавливаемых на специальных заводах и полигонах, дает возможность выбрать комплекс машин и механизмов, используемых в разных областях народного хозяйства (автомобили, панелевозы и автокраны различных мощностей и грузоподъемности). В этом случае проблема комплексной механизации не требует создания специальных машин для данного вида работы, а сводится лишь к правильному подбору количественного и качественного состава механизмов и к увязке их по последовательности выполняемых операций и по производительности.

При использовании сборного железобетона в антифильтрационных целях следует очень тщательно заделывать швы между элементами конструкции, без чего теряется общий эффект применения сборного железобетона. Необходимость этой операции является одним из недостатков такого типа одежды. Поэтому вопрос механизации заделки стыков, выполняемой вручную, требует неотлагательного решения.

Наряду со сборным железобетоном, при облицовке средних и крупных каналов применяется монолитный бетон. Практика показывает, что монолитная одежда благодаря значительно меньшему количеству швов и плотному прилеганию к покрываемой поверхности более надежна и долговечна в эксплуатации. Стоимость монолитной облицовки ниже сборной [16].

Однако для облицовки оросительной сети монолитным бетоном отсутствуют машины для планировки, уплотнения и бетонирования дна и откосов канала.

Не останавливаясь на анализе различных конструкций бетоноукладчиков, применяющихся в зарубежной практике и работавших в различное время на некоторых стройках Советского Союза, особенно на каналах деривации, рассмотрим машину — бетоноукладчик Д-580, — разработанную Ленинградским институтом ВНИИЗеммаш и проходившую государственные испытания в 1963 г.

Бетоноукладчик Д-580 (рис. 2) представляет собой наклонную (параллельную откосу канала) ферму П-образного сечения, опирающуюся горизонтально заканчивающимися концами на ходовые тележки — верхнюю и нижнюю, передвигающиеся по монорельсам, уложенным по берме (или гребню приканальной дамбы) и дну канала. Машина самоходная, циклического действия; бетонировку полного сечения канала осуществляет за два прохода — по одной и другой стороне; предназначена для работы на каналах с шириной по дну 4—8 м, глубиной 2,5—4 м и крутизной откосов 1 : 1,5 и 1 : 2. Производительность машины 600 м²/смена; вес 20 т. Силовое оборудование электрическое [17].

Результаты испытания бетоноукладчика Д-580 на правой ветке Центрального Голодноостепского канала показали, что машина может быть рекомендована к производству.

При работе бетоноукладчика Д-580 необходимо хорошо и точно планировать поперечное сечение канала, для чего предусматривается специальная профилировочная машина Д-582, которая заодно производит и прикатку поверхности бетонирования. На этих работах могут быть использованы и многоковшовые экскаваторы поперечного копания. При испытаниях машины Д-580 планировка дна и откосов канала

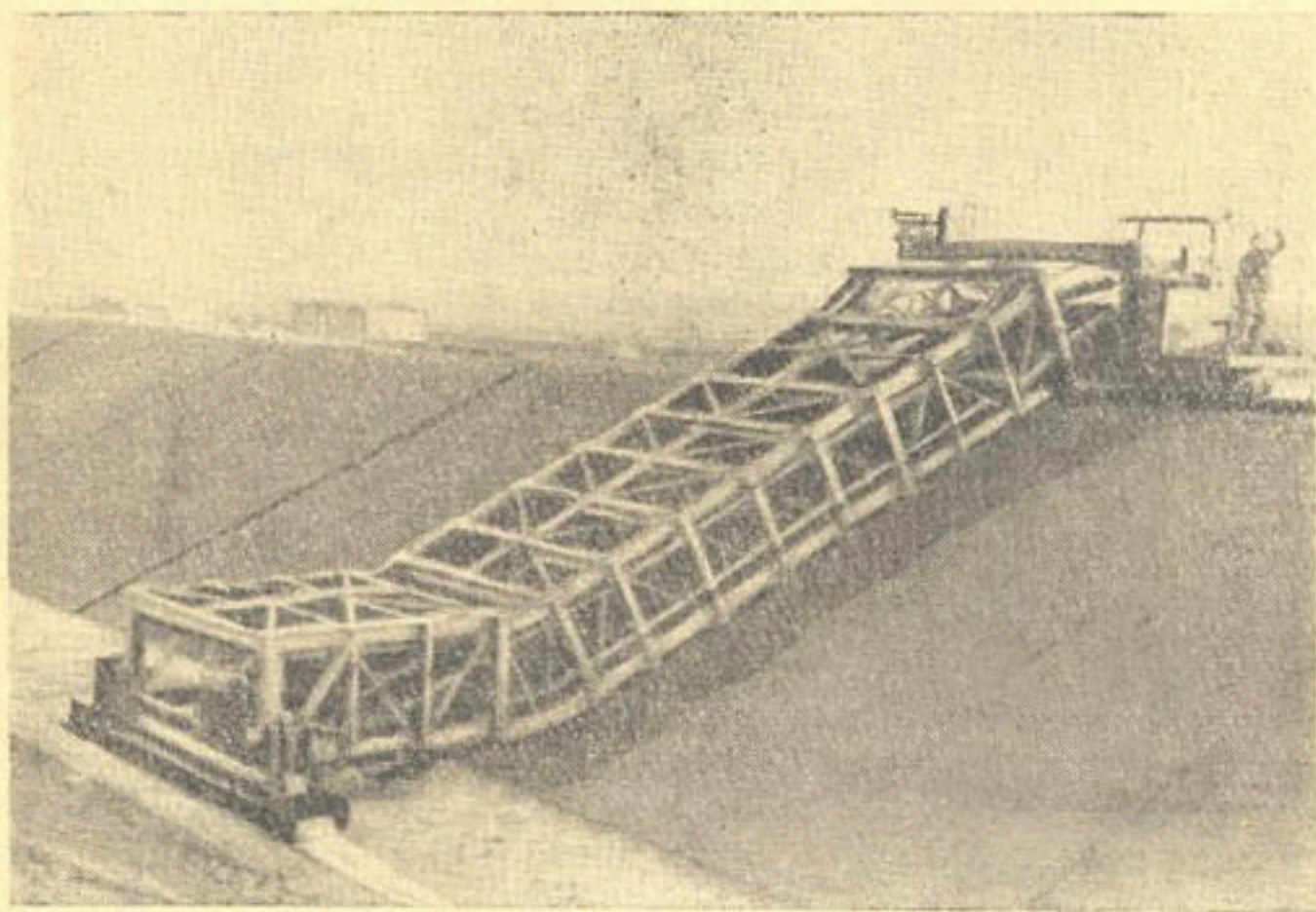


Рис. 2. Бетоноукладочная машина Д-580 на правой ветке Центрального Голодностепского канала.

осуществлялась экскаватором ЭМ-201. Прикатка поверхностей откоса и дна выполнялась после профилирования цилиндрическим катком при помощи экскаватора драглайна.

Отсутствие отечественного опыта применения бетоноукладочных машин на ирригационных стройках (за редким исключением) не позволяет дать полную критическую оценку возможным конструктивным решениям машин, требующихся для выполнения всего технологического процесса по бетонированию канала. Можно считать, что выпуск машин Д-580 и Д-582 и данные их эксплуатации явятся отправным пунктом в разрешении этой задачи.

Один из дешевых способов, не требующих специальных материалов и легко поддающихся полной механизации, — это способ облицовки каналов уплотненным грунтом (нарушенной и ненарушенной структуры).

Сущность метода облицовки каналов уплотненным грунтом нарушенной структуры, применяемого США, заключается в том, что поверхность канала покрывается послойно уплотненным грунтом. При этом толщина экрана по дну делается немногим более 0,6 м, а по откосам (по горизонтали) около 2,5 м исходя из возможности прохода машин. На этих работах применяются экскаваторы, скреперы и катки.

Этот тип облицовки испытывался на крупных каналах Фрайент Керн и Дельта Мендота с расходом воды 140 и 94 м³/сек.

На первом канале участок с грунтовой облицовкой имел протяженность 40 км, на втором — 29 км. Исследование потерь воды на фильтрацию из каналов в период эксплуатации последних показало, что на

участках с грунтовой облицовкой потери всего в 1,3 раза больше, чем на бетонированных участках. Эти показатели говорят о необходимости испытания данного способа в наших условиях, тем более, что возможность применения таких строительных машин, как экскаваторы, скреперы и другие, делает его недорогим и общедоступным [18].

Второй способ — уплотнение грунта ненарушенной структуры трамбованием — разработан и исследован в Советском Союзе. В 1958 г. для механизации этих работ изготовлена опытная партия грунтоуплотняющих машин: для уплотнения откосов — С-325 и ВТ и для уплотнения дна каналов — ТП-505 и Д-390. Испытания этих машин, специально проведенные в 1959—1960 гг., показали непригодность их для трамбования ложа каналов; в настоящее время работы в этой области фактически прекращены. Однако нельзя согласиться с неоправданным полным отрицанием данного способа, наиболее простого и дешевого в борьбе с фильтрацией воды из каналов, применение которого в соответствующих районах и грунтах несомненно будет эффективно.

Наряду с разработкой средств механизации должны вестись работы по замене поверхностного уплотнения глубинным, при котором максимально уплотненная часть экрана будет скрыта под мощной толщей грунта (1,5—2,0 м) для предохранения экрана от разрушения под действием переменных температур.

С внедрением химии в ирригационное строительство все большее внимание уделяется применению полимерных и синтетических материалов для борьбы с фильтрацией воды из каналов. Битумные экраны по многим показателям не уступают другим видам одежды. Экраны грунтовой смеси с различными вяжущими, асфальтовые облицовки и многие другие материалы необходимо подвергнуть экспериментальной проверке.

Успешное внедрение методов уменьшения потерь воды из каналов очень зависит от механизации антифильтрационных работ. Поэтому наряду с изысканием новых и прогрессивных антифильтрационных одежд большое значение нужно придавать разработке технологического процесса строительства и средствам его механизации.

МЕХАНИЗАЦИЯ ОЧИСТКИ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ СЕТИ

Очистка внутрихозяйственной сети от наносов — единственный немеханизированный до настоящего времени вид земляных работ в ирригации. Из каналов этого класса ежегодно выбрасываются десятки миллионов кубических метров грунта при помощи лопаты и кетменя, на что только в Узбекской ССР затрачивается около 10 млн. чел.-дней.

Почему же такая массовая по объему и в то же время элементарная по своей сложности работа не механизирована? Это объясняется, во-первых, неподготовленностью каналов внутрихозяйственной сети к очистке механизированным способом и, во-вторых, отсутствием серийно выпускаемых специальных машин, удовлетворяющих особенностям и характеру рассматриваемой работы.

Сильная извилистость каналов в плане, обсаженность деревьями, отсутствие берм, различная крутизна откосов, доходящая до вертикальных, отвалы грунта, расположенные вдоль каналов, и т. д. затрудняют, а во многих случаях делают невозможным применение машин. Поэтому, чтобы решить задачу по механизации очистки внутрихозяйственных каналов, требуются соответствующие производственные условия, такие, как пересадка деревьев, спрямление каналов, планировка берм и другие, способствующие нормальной эксплуатации машин.

При благоприятных производственных условиях механизация очистки внутрихозяйственной сети может быть осуществлена имеющимися машинами, выпускаемыми серийно или изготовленными в единичных экземплярах. К ним можно отнести плужные канавокопатели, многоковшовый мелиоративный экскаватор ЭМ-152, а также ротационные и шнековые каналочистители. Эти машины непрерывного действия имеют сравнительно высокую производительность.

Первые два типа машин используются на различных работах, особенно в осушаемой зоне; они хорошо известны строителям и эксплуа-



Рис. 3. Каналоочиститель Д-342А со скребковым оборудованием в работе.

тационникам, поэтому не требуют пояснения. Что же касается третьего типа машин, они разработаны в последние годы и пока не применяются на очистке каналов по причинам, изложенным выше. К этому типу машин относятся каналочистители Д-342-А и Д-490, изготовленные на заводе «Ударник».

Машина Д-342А (рис. 3) представляет собой навесное на трактор ДТ-54А оборудование, основой которого служит трубчатая П-образная рама, шарнирно закрепленная своими концами в передней и задней частях трактора. В средней части П-образной рамы шарнирно прикреплена трубчатая рукоять, на которой монтируется рабочий орган ротационного или скребкового типа. Установка основной рамы и рукояти в рабочее положение и изменение вылета рабочего органа осуществляются при помощи гидроцилиндров. Такими машинами обрабатывают каналы с шириной по дну 0,2—1,0 м и глубиной 0,5—1,5 м. Производительность машины около 40 м³/час [19].

Каналоочиститель Д-490 — более совершенная машина. В отличие от Д-342А она не имеет П-образной рамы, а основная рама крепится к лонжерону трактора. Лопатки скребкового рабочего органа улучшенной геометрической формы, что позволило снизить энергоемкость копания.

Машина Д-490 участвовала в международных сравнительных испытаниях мелиоративных машин и показала хорошие результаты по сравнению с лучшими зарубежными каналочистителями.

К этому типу машин относится и шнековый каналочиститель типа Ритчер, который испытывался в условиях Средней Азии еще в 1940 г. Подобная машина, навешиваемая на трактор ДТ-54А под маркой КШБ-2,4 (каналочиститель шнековый береговой), разработана в ГСКБ по ирригации для очистки каналов с глубиной до 2,4 м, с шириной по дну 0,4—1,0 м. Производительность машины 45 м³/час. Каналочиститель прошел государственные испытания и рекомендован к серийному производству.

Указанные виды машин могут эксплуатироваться на каналах всех типоразмеров внутрихозяйственной сети и рекомендоваться на ближайшие годы как основные средства очистки каналов от наносов и растительности, естественно, при создании соответствующих производственных условий, необходимых для нормальной работы механизмов.

В настоящей статье рассмотрены основные вопросы, связанные с комплексной механизацией работ в ирригации. Дан анализ состояния и перспективы развития механизации только главных на данном этапе видов работ.

Развитие ирригационного освоения новых земель связано с выполнением больших объемов планировочных работ, осуществляемых с помощью землеройно-транспортных машин. Наибольший эффект получается от машин средних мощностей ввиду особенностей планировочных работ (небольшие величины срезки и дальности перемещения).

Приведенные здесь типы землеройно-транспортных машин, выпуск которых предполагается начать к 1965 г., открывают большие возможности перед комплексной механизацией планировочных работ.

Недостаточно исследован вопрос создания длиннбазовых планировщиков, являющихся, в отличие от скреперов, бульдозеров и грейдеров, специальной ирригационной машиной. Выпускавшиеся до последнего времени планировщики ПТ-4А уступают высокопроизводительным и мобильным моделям современных зарубежных конструкций [20]. В настоящее время они заменяются планировщиками П-4, П-2,8 и НЮ-6.

Задачу комплексной механизации планировочных работ нельзя решить без оборудования землеройно-транспортной техники приборами, автоматически регулирующими положения рабочего органа машин для получения определенного заданного уклона.

До последнего времени не разработаны способы и не механизированы работы по удалению растительности из оросительной и, особенно, коллекторно-дренажной сети. Из рекомендуемых мер борьбы с растительностью (термические, биологические, химические, механические и др.) ни одна еще не применяется широко на практике.

Для комплексной механизации бетонных и железобетонных работ, особенно на мелких гидротехнических сооружениях, возведения земляных и каменнонабросных водохранилищных плотин и дамб, ремонтно-регулирующих и берего-защитных работ, строительства вертикального дренажа и подземных оросительных трубопроводов, пересадки тутовых насаждений, очистки и ремонта закрытого горизонтального дренажа и т. д. требуются соответствующие современному состоянию развития строительного производства технология и необходимый комплект машин и оборудования.

С дальнейшим ростом уровня механизации работ в ирригации, особенно с насыщением водохозяйственных организаций современными средствами производства, необходимо значительно улучшать культуру эксплуатации машин.

Не уделяется должного внимания вопросам рациональной органи-

зации и производства механизированных работ. Не установлены достаточно четкие условия эффективного использования машин на водохозяйственных работах, не выявлены полностью технико-экономические показатели машин на этих работах, детально не изучены и не обобщены опыты передовиков-механизаторов. Коэффициент использования машин низок, учет времени работы их неудовлетворителен.

Машины и механизмы на ирригационно-мелиоративном строительстве работают в различных геологических и гидрогеологических условиях, поэтому большое значение приобретает правильное установление категории грунтов по трудности их разработки. Существующая же классификация грунтов несовершенна.

Работоспособность машины, срок ее службы и выработка за период ее эксплуатации зависят от технического состояния и исправности материальной части. Для решения вопроса о ремонте машин и ремонтной базе необходима детальная проработка и установление системы ремонтов, величины ремонтного цикла и межремонтного периода, структуры ремонтного цикла, оплаты и стоимости ремонтов, мощности и территориального размещения ремонтных баз и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселов С. Все резервы хлопководства — в действие, «Правда Востока», 5 июля, 1963 г.
2. Гринберг Л. М. Каракумский канал, Ашхабад, 1963.
3. Пулатов У. Ю. Строительство дамб обвалования Келифского водохранилища Каракумского канала, «Гидротехническое строительство», 1957, № 5.
4. Дегтярев А. П., Рейш А. К. Скреперные работы, М., 1962.
5. Васильев В. М. Рациональный тип гидромониторной установки для производства работ на ирригационных каналах, Авт. канд. дисс., Ташкент, 1952.
6. Курсиш А. Голодная степь, Очерк работ по орошению северо-восточной части, СПб., 1913.
7. Пулатов У. Ю. Опыт применения карьерного многоковшового экскаватора на водохозяйственном строительстве, «Гидротехника и мелиорация», 1956, № 11.
8. Васильев М. В., Зайцев Л. П. Канавокопатели с раздвижным корпусом для нарезки ирригационных каналов с различной шириной по дну, «Сельское хозяйство Узбекистана», 1962, № 10.
9. Островский Э. М. Машина для строительства оросительных каналов, «Механизация хлопководства», 1963, № 11.
10. Смирнов Н. И. Основные направления в развитии мелиоративной техники для комплексной механизации водохозяйственных работ на ближайшие годы (для орошаемой зоны), М., 1960.
11. Жеребцов В. В. Новые машины для комплексной механизации строительства оросительных каналов и дамб обвалования, Труды Гидроводхоза, вып. 21, М., 1962.
12. Мелиоративное состояние орошаемых земель в хлопковой зоне СССР и мероприятия по его улучшению, М., Гипроводхоз, 1964.
13. Горинский В. Н. Использование пластмасс в дренаже сельскохозяйственных земель за рубежом, «Пластические массы», 1963, № 9.
14. Пулатов У. Ю., Бердянский В. Н. Механизация строительства закрытого горизонтального дренажа в орошаемой зоне, «Механизация хлопководства», 1960, № 9.
15. Пулатов У. Ю., Островский Э. М. Уплотнение грунтов обратной засыпки траншей при строительстве закрытого горизонтального дренажа, «Механизация хлопководства», 1963, № 7.
16. Пославский В. В. Современные методы борьбы с фильтрацией из оросительных каналов, М., 1960.
17. Денисов К. И., Савич Ю. П. Первый опыт бетонирования магистральных каналов бетоноукладочной машиной Д-580, «Гидротехника и мелиорация», 1963, № 11.
18. Пулатов У. Ю. Облицовка ирригационных каналов уплотненным грунтом (из зарубежного опыта), «Сельское хозяйство Узбекистана», 1958, № 8.
19. Васильев В. М., Зайцев Л. П. Машины для очистки мелких каналов от наносов, «Механизация хлопководства», 1961, № 3.
20. Пулатов У. Ю. Новая машина для капитальной планировки поливных земель, «Социалистическое сельское хозяйство Узбекистана», 1957, № 8.

Э. М. ОСТРОВСКИЙ

О МЕХАНИЧЕСКОМ УПЛОТНЕНИИ ГРУНТОВ В ДРЕНАЖНЫХ ТРАНШЕЯХ

Для освоения и поддержания в культурном состоянии земель, подверженных засолению, в частности в Голодной степи, необходимо выполнить значительный объем мелиоративно-строительных работ. Важной составной частью указанных работ является строительство закрытого горизонтального дренажа.

Материалом для устройства закрытого дренажа служат гончарные трубы длиной 33 см и сортированный гравий. Дренажная линия проходит на глубине 2,5—3,5 м. Трубы укладываются без жесткой заделки стыков и помещаются в круговой обсыпке из гравия. В последнее время гравий отсыпается только в основание трубчатой линии, сверху прикрываемой полиэтиленовой пленкой. Затем траншея засыпается грунтом.

Строительство закрытого дренажа в Голодной степи осуществляется двумя способами. Для первого характерна разработка экскаватором драглайн выемки с пологими откосами, глубиной, превышающей глубину строящейся дрены, благодаря чему создается возможность прокладки дрен на массивах с высоким уровнем грунтовых вод (обеспечивается их отток). На одном из откосов выемки устраивается берма, на которой ручным способом прокладывается траншея и укладывается дренажная линия труб в фильтрующей обсыпке. Из-за применения ручного труда рассматриваемый способ, естественно, неэкономичен.

При втором способе механизированы все операции строительства закрытых дрен, для чего используется дреноукладочный комбайн [1, 2, 3].

В условиях Голодной степи первые работы по строительству закрытого горизонтального дренажа проведены сотрудниками Центральной опытно-мелиоративной станции на участке вблизи ст. Золотая Орда в 1928—1930 гг. Для предохранения дрен от разрушения поверхностной водой над ними оставлены защитные полосы шириной 30—40 м, огражденные земляными валиками или перехватывающими каналами.

Эксплуатация дренажа показала, что защитные полосы не всегда предохраняют дрены от разрушений [4]. Поэтому в процессе работы дрен вышедшие из строя участки приходилось восстанавливать. В 1955 г., спустя 25 лет после строительства дренажа, начато освоение защитных полос, причем это уже не оказало отрицательного влияния на работу дренажной сети [5.] По-видимому, к этому времени в результате самоуплотнения насыпной грунт в дренажных траншеях достиг плотности естественного залегания и поэтому размывов грунта не наблюдалось; надобность в защитных полосах отпала.

На землях целинных совхозов (1959—1963 гг.) поверхностными водами (ливневые осадки, поливы и промывки) были разрушены некоторые дрены. Наиболее значительные разрушения отмечались в первый год ввода их в эксплуатацию. Причиной разрушений явилась недо-



Рис. 1. Разрушение закрытой дрены поверхностной водой.

статочная способность грунтов обратной засыпки сопротивляться механической суффозии. Суффозионные процессы приводили к образованию на поверхности засыпки воронкообразных вымоин, а в толще засыпки — сводов. Если они своевременно не заделывались, трубчатая линия заливалась грунтом, вследствие чего прекращалось движение воды по дрене. Так, в апреле 1963 г. после сильных ливневых осадков были закупорены некоторые закрытые дрены на дренажных системах совхоза им. Ю. Гагарина. Временно из строя вышло около 10 км дренажной сети. В целинных совхозах также наблюдались случаи полного разрушения дрен с выносом труб из гравийного фильтра в коллекторы.

В совхозе № 17 сильно деформировалась обратная засыпка, так как была размыва дамба канала и затоплен поливной участок (рис. 1).

Таким образом, опыт строительства и эксплуатации дренажа показывает, что дренажные линии должны быть тщательно изолированы от непосредственного попадания поверхностных вод через толщу грунта обратной засыпки. Указанное положение использовали сотрудники института «Средазгипроводхлопок» для обоснования необходимости искусственного уплотнения обратной засыпки траншей. В последних проектах, составленных в институте, предусматривается уплотнение обратной засыпки (кроме верхнего полуметрового слоя).

Важное значение имеет величина плотности, до которой необхо-

димо уплотнить грунт обратной засыпки, чтобы обеспечить отсутствие суффозии при последующем увлажнении грунта. Определение этой величины связано с выполнением испытаний для определения фильтрационной устойчивости образцов грунтов, уплотненных до различной плотности.

В настоящих исследованиях не было возможности произвести такие испытания и поэтому плотность грунта обратной засыпки была выбрана приближенно.

По данным Х. А. Аскарова (САНИИВПиГ), лессовые грунты центральной части Голодной степи с объемным весом скелета $\delta = 1,5 \div 1,6 \text{ г/см}^3$, являющиеся средой для оросительных каналов, при увлажнении не подвергаются про-

садочным деформациям [6]. Естественная плотность исследуемых нами грунтов на глубине 0,5—3 м характеризуется теми же величинами объемного веса скелета δ . Поэтому, когда при уплотнении грунты обратной засыпки в траншеях будут доведены до плотности естественного залегания, в дальнейшем при увлажнении они не будут подвержены суффозии.

Как правило, между укладкой дренажной линии и обратной засыпкой траншеи проходит некоторое время, обусловливаемое как технологией дренажных работ, так и организационными причинами. Следует иметь в виду, что после прохода дренаукладчика наблюдается произвольное обрушение и оплывание грунтов в вертикальных стен-

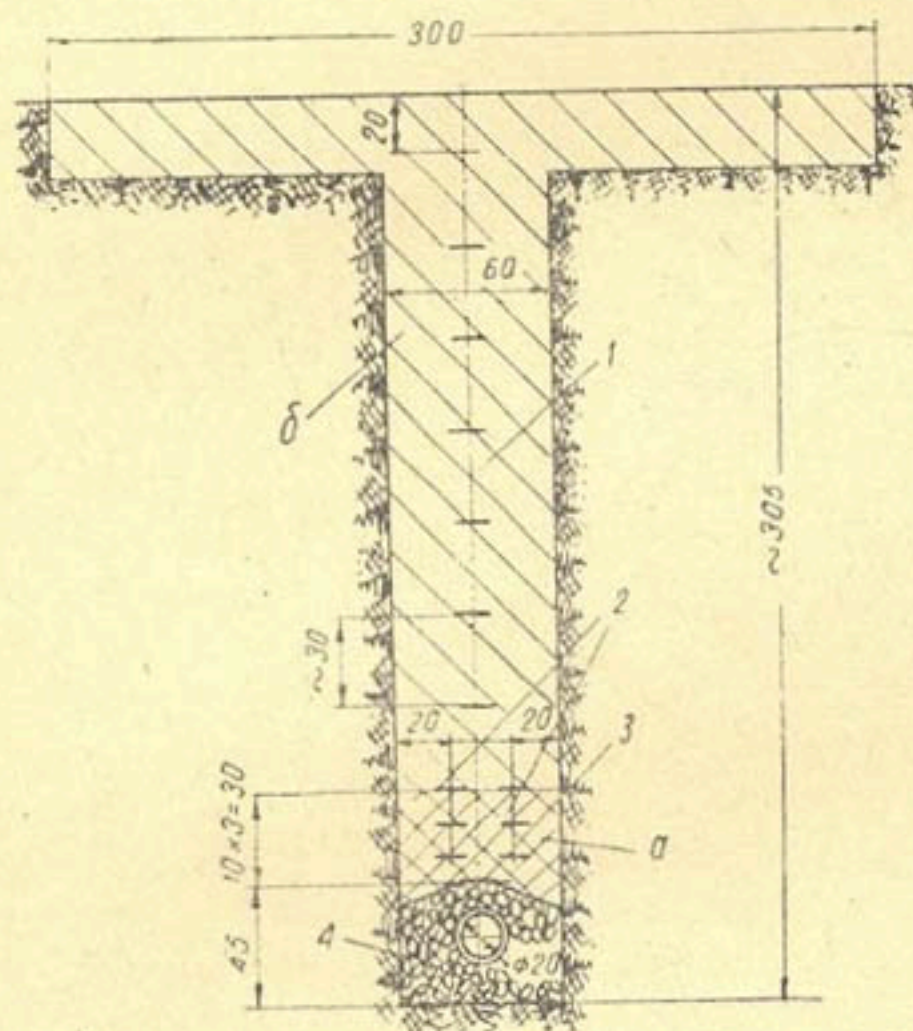


Рис. 2. Поперечное сечение дрена и схема установки реперов:

1—в толще грунта обратной засыпки; 2—в толще предохранительного слоя; 3—на поверхности гравийного фильтра; 4—на дне траншеи.

ках траншеи, вследствие чего в процессе строительства должны быть приняты меры для защиты дренажной линии от повреждений. Сотрудники отдела механизации института предложили обратную засыпку траншеи производить в два приема: частичная засыпка слоем грунта небольшой толщины для временной защиты дренажной линии (в период строительства) и окончательная — с полной засыпкой траншеи.

Для обеспечения непрерывности выполнения операций технологического процесса строительства закрытого дренажа отсыпку и уплотнение предохранительного слоя грунта (рис. 2а) необходимо осуществлять одновременно с перемещением дренаукладчика. Насыпной слой грунта в траншее можно уплотнять трамбовками различного типа. За рубежом для этих целей выпускаются легкие маневренные трамбовки весом 50—65 кг (легкая высокочастотная трамбовка фирмы «Ваккер», «Вибромакс», «АТ-400» фирмы «Лозенгаузен») и различные вибраторы [7]. В Советском Союзе изготавливаются пневматические и электрические трамбовки (например, тип 131) с низкой производительностью, не

обеспечивающие уплотнения предохранительной засыпки одновременно с перемещением дрепоукладчика. Поэтому было решено уплотнять этот слой грунта гладким металлическим или пневматическим катком.

Более сложным является уплотнение грунта после полного заполнения траншеи грунтом (рис. 2б), так как глубина засыпки здесь

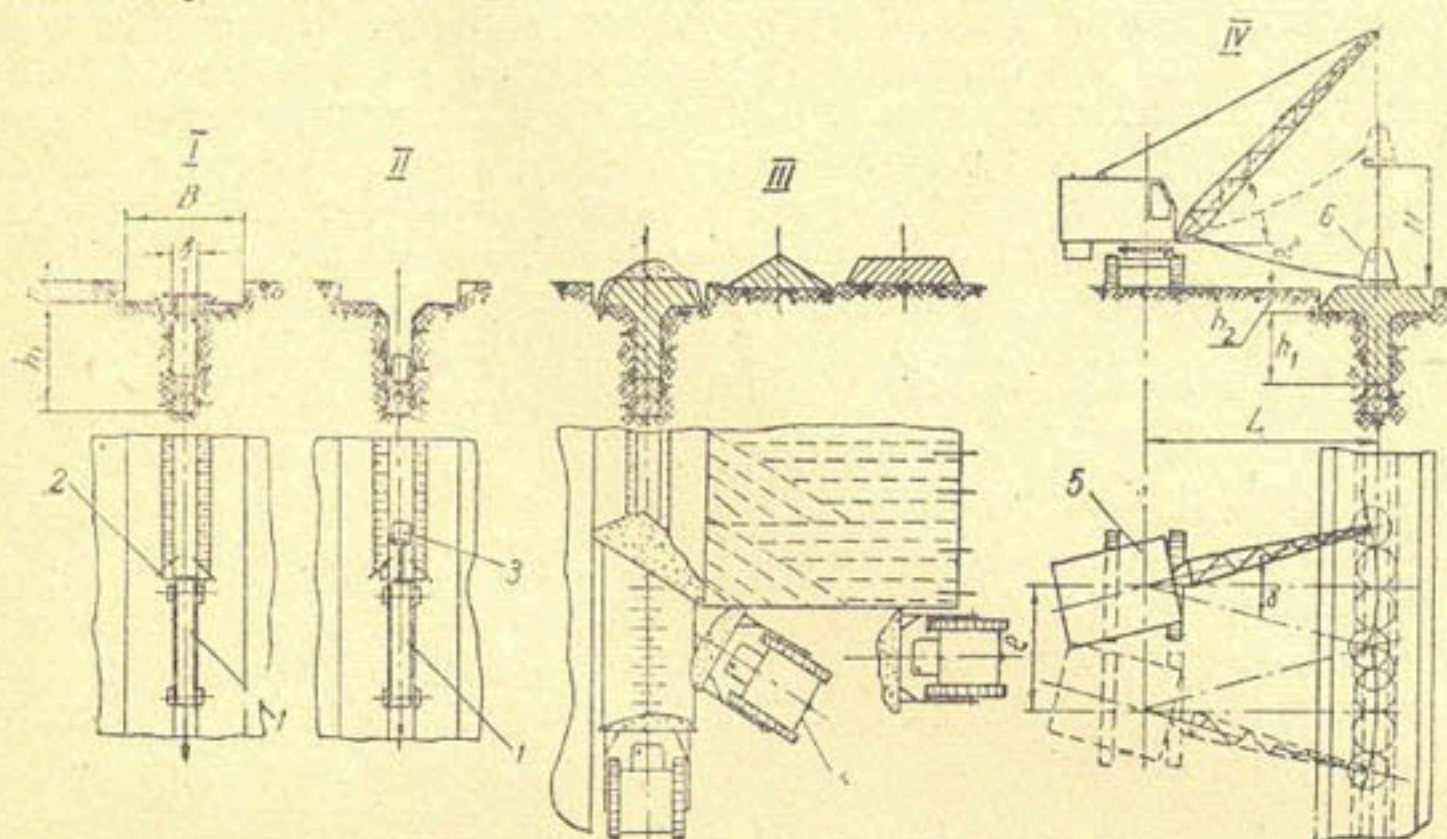


Рис. 3. Схема обратной засыпки и уплотнения грунта при строительстве закрытого дренажа:

1—бункер дрепоукладчика; 2—засыпатель; 3—каток с гладким барабаном; 4—бульдозер; 5—экскаватор; 6—трамбовка.

превышает 2 м. В траншее грунт можно уплотнять двояко: послойно в несколько приемов или сразу на всю глубину. Послойное уплотнение относится к трудоемким процессам, поскольку для достижения требуемой плотности необходимо производить многократные воздействия (проходы) на грунт. Толщина уплотняемых слоев в узких траншеях в этом случае ограничивается 20—40 см.

Более производительный — второй способ, при котором толща грунта обратной засыпки уплотняется на всю глубину. На основании перечисленных выше положений в отделе механизации САНИИВПиГ под руководством У. Ю. Пулатова разработан технологический процесс обратной засыпки и уплотнения грунта в дренажных траншеях, состоящий из четырех операций: отсыпки предохранительного слоя (I), его укатки (II), окончательной засыпки (III) и трамбования обратной засыпки (IV) (рис. 3). Для выполнения операции I дрепоукладчик оборудуется засыпателями, которые по мере его продвижения вперед срезают с бровок или же стенок траншеи грунт и покрывают им дренажную линию, образуя первый предохранительный слой.

При проведении операции II каток укатывает отсыпанный грунт, увеличивая предохранительное действие данного слоя. Засыпатели и устройство для присоединения катка монтируются в конце прицепного оборудования дрепоукладчика.

Во время выполнения операции III бульдозер или грейдер засыпает дренажную траншею и корыто. Ударное уплотнение грунта засыпки (операция IV) производит экскаватор или другой подъемный механизм с помощью трамбовки, свободно подвешенной на стреле.

Сотрудники отдела механизации института совместно с коллективом Управления строительства закрытого дренажа Голодностепстроя

(УСЗД) в опытно-производственных условиях исследовали уплотнение обратных засыпок дренажных траншей. Для уплотнения предохранительного слоя они запроектировали цилиндрический гладкий каток, работающий на прицепе дреноукладчика. При проектировании катка приняты исходные параметры: номинальная ширина дренажной траншеи 60 см, уплотняемый грунт типа пылеватых суглинков высокой степени связности, предел прочности грунта по табл. 3 [8] $R = 10-14 \text{ кг/см}^2$, скорость перемещения катка $V = 30-50 \text{ м/час}$, количество проходов катка по одному следу $n = 1$.

Радиус барабана катка на основании конструктивных соображений $r = 43,5 \text{ см}$, ширина барабана $b = 50 \text{ см}$. Вес Q и удельное линейное давление q определили согласно геометрическим размерам катка

$$Q = \pi r^2 b \gamma = 2000 \text{ кг},$$

$$q = \frac{Q}{b} = 40 \text{ кг/см},$$

где γ — удельный вес чугуна.

Напряжение на поверхности уплотняемого грунта при перекатывании на нем барабана катка не должно превышать предела прочности грунта, т. е. $\sigma_{\text{макс}} \leq K$. Подставляя в формулу для расчета $\sigma_{\text{макс}}$ значение q , получаем

$$\sigma_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{q E_0}{r}} = 13,5 \text{ кг/см}^2;$$

здесь E_0 — модуль деформации грунта для связных грунтов, равный 200 кг/см^2 .

Эффективность уплотнения катком будет максимальной, когда $\sigma_{\text{макс}}$ составит 80—90% от предела прочности грунта R [8]. Данное условие выполняется, т. е.

$$\sigma_{\text{макс}} = 0,9R = 13,5 \text{ кг/см}^2.$$

Техническая характеристика запроектированного катка следующая:

Длина, мм	3215
Ширина, мм	600
Высота, мм	870
Диаметр барабана, мм	870
Ширина барабана, мм	500
Вес, кг	2000
Удельное линейное давление, кг/см	40
Максимальное напряжение, создаваемое на поверхности грунта во время укатки, кг/см ²	13,5
Расчетная толщина слоя грунта оптимальной влажности, уплотняемая катком	
в рыхлом состоянии, см	20
в плотном состоянии, см	13

На рис. 4 дан общий вид гладкого металлического катка. Каток состоит из барабана 1, сборной рамы 2 с прицепным устройством 3 и скребка 4. Наружная поверхность барабана облицована обичайкой, изготовленной из листовой стали толщиной 10 мм. Внутренняя полость барабана залита чугуном. Каток изготовлен на РМЗ треста Узгидро-энергострой (г. Ташкент).

Для установления толщины предохранительного слоя, уплотняемого одним проходом катка до плотности грунта естественного

залегания, проведены опытные укатки слоев грунта различной толщины. Укатки выполнены на полигоне института, где преобладали грунты, относящиеся по классификации В. В. Охотина к пылеватым суглинкам.

Гранулометрический состав грунтов был следующим: песчаной фракции 0,5—5%, пылеватой — от 73 до 85% и глинистой—11—24%.

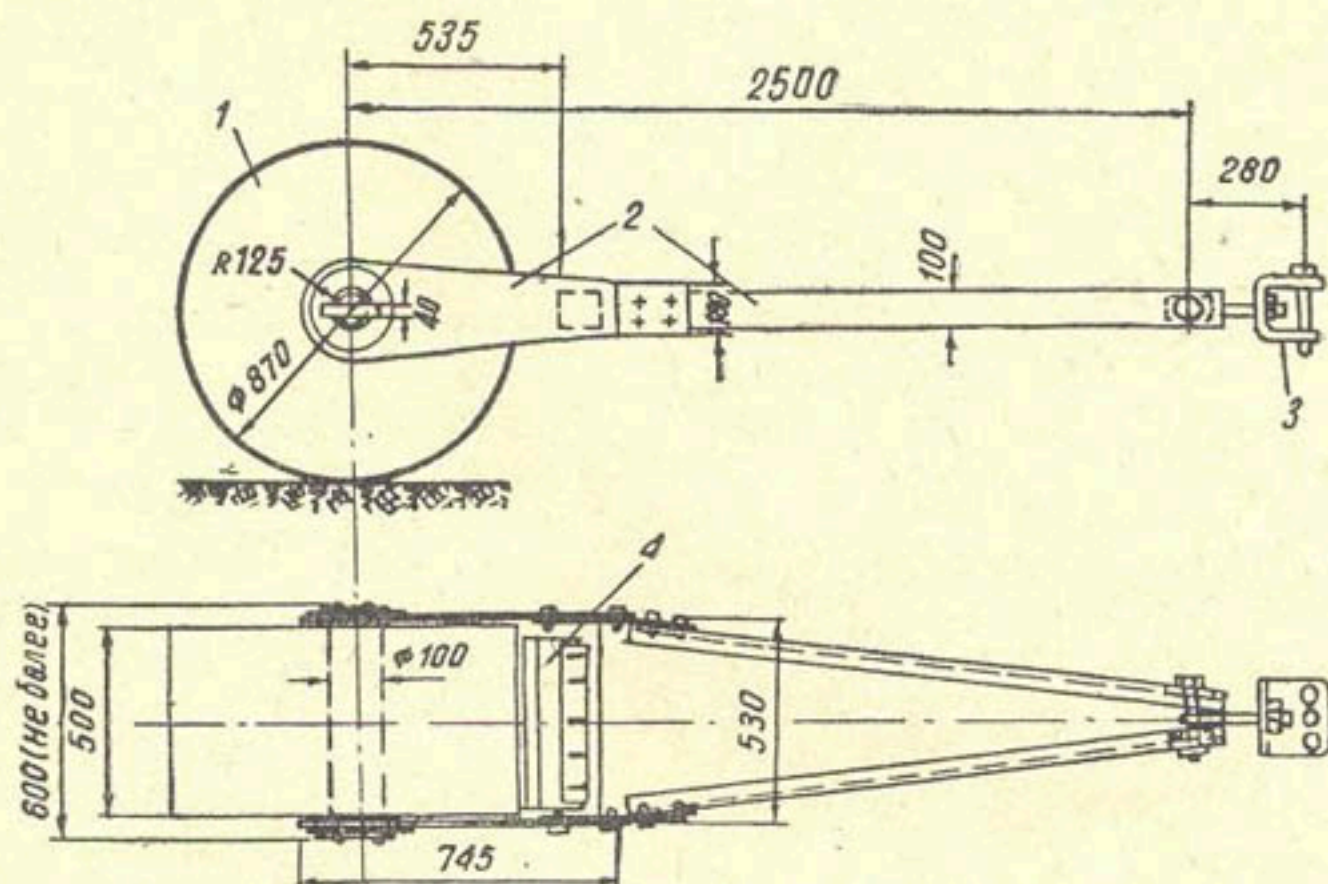


Рис. 4. Гладкий цилиндрический каток:

1—барабан; 2—сборная рама; 3—прицепное устройство; 4—скребок.

Удельный вес грунтов 2,61—2,7 г/см³, а число пластичности 6—8. Объемный вес грунтов на глубине до 5 м находился в пределах 1,2—1,67 г/см³, объемный вес скелета — 1,1—1,5 г/см³. Грунтовые воды залегали на глубине 13 м.

Для исследований работы катка на полигоне траншейным экскаватором ЭТН-251 подготовлены две прямоугольные траншеи глубиной 1,5, шириной 0,6 и длиной 30 м. По дну траншеи проложена линия из гончарных труб с внутренним диаметром 150 мм в круговой обсыпке из гравия.

Грунты естественного залегания имели низкую влажность (4—9%) и поэтому их вначале замачивали в карьере, а затем приступили к отсыпке предохранительного слоя толщиной 10 см. Во время засыпки следили, чтобы в траншею укладывался грунт равномерной плотности. На различных участках отсыпали от 1 до 5 слоев грунта. На каждом из слоев через 1—1,5 м было установлено по два репера 2, как это показано на рис. 2.

На первом участке влажность уложенного грунта была 10—14%, на втором — 11—17%. Каток перемещался со скоростью движения дреноукладчика 30—40 м/час. При этом в зависимости от толщины слоя грунта, по которому перекачивался каток, необходимое тяговое усилие на его перемещение составило от 800 до 1400 кг.

Качество уплотнения грунта принято оценивать объемным весом его скелета, т. е. достигнутой плотностью. Поэтому после укатки в местах установки реперов для определения объемного веса скелета отбирали (с двукратной повторностью) пробы грунта. Всего взято 350 проб.

Критерием оценки уплотнения является также величина степени уплотнения, которую нельзя было установить из-за отсутствия величин исходной плотности грунта. Поэтому мы использовали известный в практике исследований способ определения степени уплотнения, основанный на измерении толщины слоя грунта до и после укатки [9]. Толщину устанавливали путем нивелирования реперов, привязанных к поверхности каждого слоя грунта. Степень уплотнения находили по соотношению $\frac{H_1}{H_2}$, где H_1 — толщина слоя грунта до укатки и H_2 — толщина этого же слоя после укатки.

Данные проведенных работ на первом участке отражены на рис. 5. Результаты работ на втором участке незначительно отличаются от

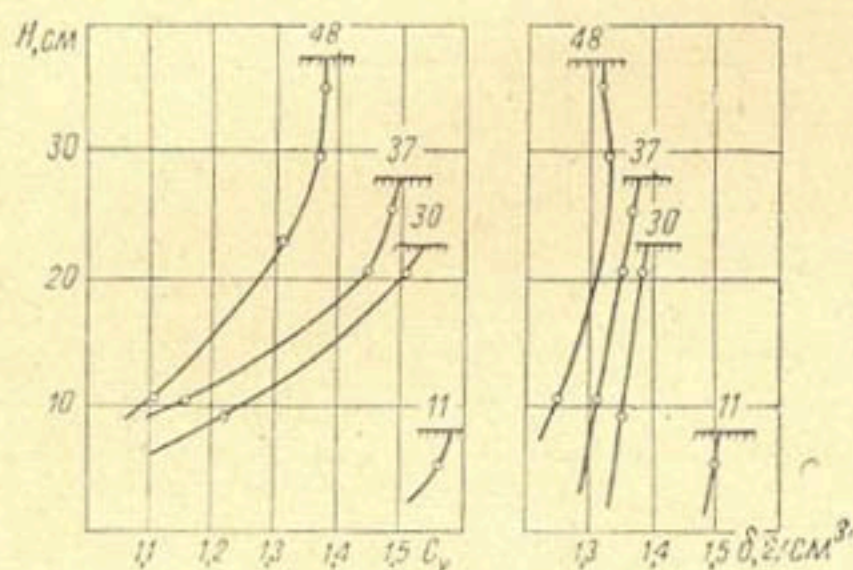


Рис. 5. Изменение плотности и степени уплотнения грунта в зависимости от толщины предохранительного слоя (48, 37, 30 и 11 — толщина слоя грунта до укатки, см).

толщине слоя засыпки в рыхлом состоянии (по оси траншеи) не более 15 см.

Так как состояние дренажной линии после укатки предохранительного слоя представляет значительный интерес, трубчатая линия была вскрыта и визуально осмотрены трубы и стыки между ними, кроме того, каждая труба была занивелирована в двух точках. Установлено, что трубчатая линия во время укатки не деформировалась, а гончарные трубы не повреждались.

После завершения работ по укатке предохранительной засыпки приступили к исследованию процесса ударного уплотнения толщи грунта обратной засыпки, которую предполагалось производить сразу же на всю глубину траншеи. С точки зрения производства работ такой способ уплотнения является наиболее простым и удобным.

Основные параметры трамбовки рассчитывали по методике Н. Я. Хархуты и Н. П. Вошинина [8—10].

1. Определили диаметр трамбовки

$$D = (0,8 \div 1,0) h = 0,8 \cdot 160 = 130 \text{ см},$$

где h — толщина уплотняемого слоя грунта в плотном теле.

2. Рассчитали площадь основания трамбовки

$$F = \frac{3,14 \cdot 130^2}{4} = 13200 \text{ см}^2.$$

3. Установили минимальное удельное статическое давление

$$q = h \gamma = 160 \cdot 0,002 = 0,32 \text{ кг/см}^2,$$

где γ — объемный вес уплотненного грунта, равный $0,002 \text{ кг/см}^3$.

4. Определили минимальный вес трамбовки

$$Q = qF = 0,32 \cdot 13200 = 4224 \text{ кг.}$$

5. Нашли максимально допустимое напряжение на поверхности уплотняемого грунта

$$\sigma_{\text{макс}} = (0,9-1,0) \sigma_{\text{пр}} = 14,4 \text{ кг/см}^2,$$

здесь $\sigma_{\text{пр}}$ — предел прочности грунта при трамбовании по табл. 3 [8], т. е. $11-16 \text{ кг/см}^2$.

6. По формуле Н. П. Вошинина рассчитали высоту падения трамбовки

$$H = \frac{\sigma_{\text{макс}}^2 h}{2qE_0} = \frac{14,4^2 \cdot 160}{2 \cdot 0,32 \cdot 200} = 260 \text{ см,}$$

где E_0 — модуль деформации тяжелого пылеватого суглинка при оптимальной влажности, по данным Н. Я. Хархуты [8] равный 200 кг/см^2 .

7. Рассчитали минимальное значение удельного импульса удара

$$I = \frac{Q \sqrt{2gH}}{gF} = \frac{4224 \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 260}}{981 \cdot 13200} = 0,232 \text{ кг·сек/см}^2.$$

Предельные значения удельного импульса, превышение которых вызывает разрушение поверхностных слоев грунта, по Н. Я. Хархуту, для грунтов типа пылеватых суглинков [8] равны

$$I_{\text{макс}} = 0,1-0,175 \text{ кг·сек/см}^2.$$

Рекомендуемые значения удельного импульса выражаются зависимостью

$$I_{\text{опт}} = (0,8-0,9) I_{\text{макс}} = 0,08-0,156 \text{ кг·сек/см}^2;$$

в том случае, когда допускается разрыхление поверхностного слоя [8]—

$$I = (1,5-2,0) I_{\text{опт}} = 0,12-0,312 \text{ кг·сек/см}^2.$$

На уплотнении обратных засыпок в дренажных траншеях мы использовали металлическую трамбовку, представляющую собой усеченный конус высотой $0,93 \text{ м}$, имеющий круглое очертание в плане и низко расположенный центр тяжести. Диаметр основания трамбовки $1,3 \text{ м}$, площадь основания $1,32 \text{ м}^2$. Диаметр на высоте $0,19 \text{ м}$ от ее основания равен $1,45 \text{ м}$. Вес трамбовки 5300 кг , удельное статическое давление $0,4-0,32 \text{ кг/см}^2$. Предельная глубина уплотняемого слоя грунта нарушенной структуры, по данным Н. Я. Хархуты [8],

$$H_{\text{пр}} = 1,43 D = 2,1 \text{ м,}$$

где D — диаметр трамбовки.

Трамбовка весом 5300 кг на уплотняемой поверхности обеспечивает рекомендуемые значения удельного импульса ударной нагрузки. Так, при падении с высоты 2 м она создает удельный импульс $I = 0,253 \text{ кг·сек/см}^2$, а с высоты 3 м — $I = 0,313 \text{ кг·сек/см}^2$.

Опытные работы по уплотнению грунта обратной засыпки способом трамбования проводили на одной из строящихся закрытых дрен на 1-м агроучастке совхоза им. Ю. Гагарина (Голодная степь). Проектный уклон дрены $0,002$, глубина от поверхности земли $2,8-4,1 \text{ м}$, внутрен-

ний диаметр гончарных труб 150 мм. На опытном участке через каждые 5 м было установлено 11 контрольных створов от T_1 до T_{11} (рис. 6). У грунтов, отобранных в этих створах, определяли грануло-

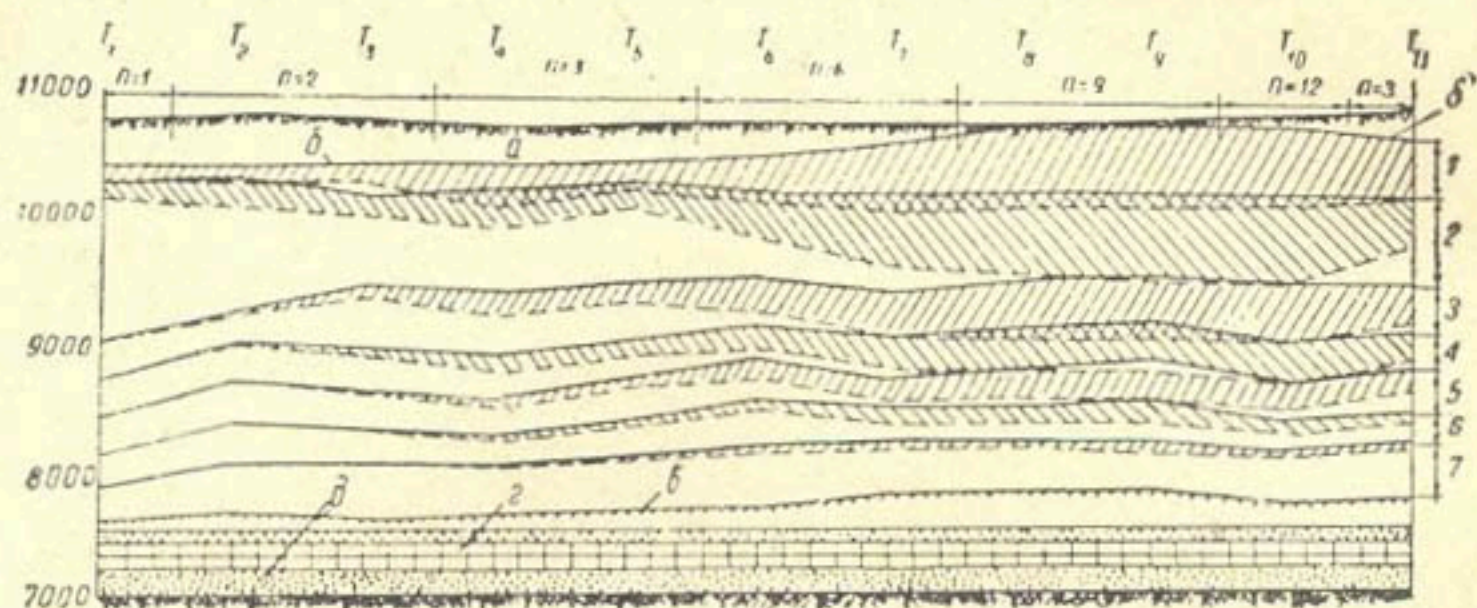


Рис. 6. Продольное сечение опытного участка:

a —поверхность земли; $б$ —поверхность обратной засыпки; $в$ —поверхность предохранительного слоя (уплотненного); $г$ —дренажная линия труб; $б$ —гравийный фильтр; 1—7—номер слоя.
— поверхность слоя грунта до трамбовки и - - - - - после трамбовки.

метрический состав и пластичность (таблица). Анализ грунтов выполнен без отмыва солей.

Данные таблицы показывают, что на опытном участке преобладали грунты, относящиеся к пылеватым суглинкам (от тяжелых до легких). Характерным для этого участка является пестрота механического состава грунтов.

Створ	Влажность на пределах, %		Число пластичности	Содержание фракции						Сумма
	теку- чести	раска- тыва- ния в прово- локу		размер фракции, мм						
				1—0,25	0,25— 0,10	0,10— 0,05	0,05— 0,01	0,01— 0,005	<0,005	
T ₁	24,5	16,72	7,78	4,38	4,72	25,74	22,17	19,36	10,08	86,45
T ₂	22,05	14,59	7,46	3,0	3,68	24,50	17,98	25,12	7,52	81,80
T ₃	24,21	15,11	9,10	4,14	1,84	21,64	31,40	13,60	17,12	89,74
T ₄	22,91	15,72	7,19	5,23	2,72	7,03	11,77	38,32	19,60	84,67
T ₅	25,18	17,71	7,47	5,94	2,60	21,33	20,20	21,76	15,52	87,35
T ₆	25,23	15,56	9,67	7,01	2,27	23,10	19,94	16,32	13,60	82,83
T ₇	—	—	—	2,24	1,64	22,96	30,54	18,24	5,92	81,54
T ₈	—	—	—	0,0	0,96	34,02	43,77	9,60	5,44	93,79
T ₉	—	—	—	6,36	2,46	19,56	23,58	26,40	4,32	82,68
T ₁₀	—	—	—	4,07	5,42	22,28	19,90	14,08	6,72	72,47
T ₁₁	—	—	—	3,37	4,03	29,54	21,78	7,20	2,24	72,16

Строительство дрен вели в определенной последовательности. Вначале разработали корыто глубиной до 1,1 м, шириной 3 м и уклоном, соответствующим проектному уклону дрены. Дреноукладчиком Д-301 отрыли траншею и одновременно уложили дренажную линию. Затем от створа T_1 до створа T_6 отсыпали предохранительный слой грунта толщиной 20 см, а от створа T_6 до T_{11} — толщиной 40 см.

Влажность уложенного грунта 15%. Грунт отсыпали бульдозером, а уплотняли катком с удельным линейным давлением 40 кг/см . Каток перемещали бульдозером со скоростью 1 км/час . После четырех проходов катка осадка грунта составила $7\text{--}8 \text{ см}$, а плотность грунта на поверхности слоя — $1,66 \text{ г/см}^3$. Затем полностью засыпали дренажную траншею и корыто. Грунт в траншею перемещали одновременно из двух отвалов, показанных на рис. 3. Один из отвалов образован при разработке траншеи, другой — корыта. Общая высота обратной засыпки, считая от поверхности уплотненного предохранительного слоя, $2,6\text{--}2,7 \text{ м}$. Влажность грунта $7\text{--}18\%$.

Толщу обратной засыпки с помощью более 100 реперов разбили на семь горизонтальных слоев (см. рис. 2 и 6). Грунт обратной засыпки уплотняли последовательными ударами трамбовки, подвешенной к подъемному тросу экскаватора драглайна ОМ-202.

Экскаватор перемещался параллельно оси дренажной траншеи на расстояние $L = 4 \text{ м}$ (см. рис. 3). После уплотнения одного следа на экскаваторе поворачивали стрелу по радиусу для установки трамбовки на новый след. Один след удара другим не перекрывался. С одной установки уплотняли участок дрены длиной $l = 5,2 \text{ м}$, после чего экскаватор передвигался. Трамбовку сбрасывали с высоты 3 м с числом ударов по одному следу от 1 до 12. Центровка каждого последующего удара трамбовки не вызывала затруднений, так как ее диаметр более чем в два раза превышал ширину траншеи.

После трамбования обратной засыпки в контрольных створах вскрыли шурфы до уровня дренажных труб. Затем занивелировали реперы, дренажные трубы и отобрали более 200 проб грунта. Установлено, что дренажная линия труб не деформировалась. Не было обнаружено повреждений гончарных труб и нарушения стыков между трубами.

При уплотнении грунта трамбовкой с диаметром рабочей поверхности $1,3\text{--}1,45 \text{ м}$ и удельном импульсе $0,313 \text{ кг·сек/см}^2$ при первых трех ударах в верхнем слое глубиной более 1 м достигали плотности грунта природного залегания ($\delta \geq 1,5\text{--}1,6 \text{ г/см}^3$); при первых шести ударах такая же плотность создана уже в слое глубиной (в рыхлом состоянии) $\sim 2,6\text{--}2,7 \text{ м}$. Увеличение плотности грунта прослеживалось до девятого удара включительно. Последующие удары привели к снижению плотности грунта в верхней зоне (рис. 7).

Важно отметить, что толщу грунта обратной засыпки внутри траншеи уплотняли через слой насыпного грунта, отсыпанного в корыто. Благодаря этому грунты засыпки можно трамбовать сразу же на всю глубину траншеи. Недостаток этого способа состоит в том, что в процессе трамбования происходит частичное уплотнение и грунта природного залегания, который примыкает к стенкам траншеи.

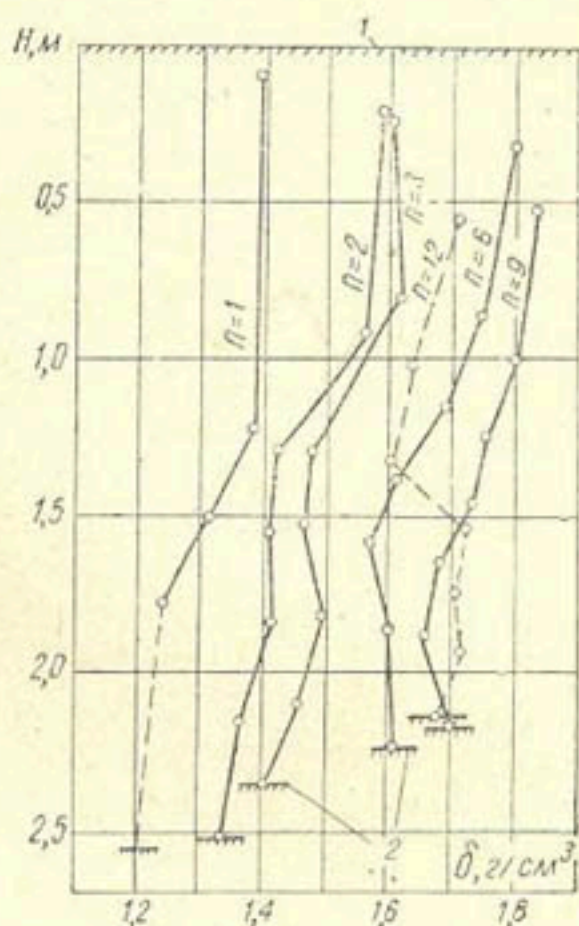


Рис. 7. Изменение плотности грунта после трамбования обратной засыпки трамбовкой весом $5,3 \text{ т}$ с высоты 3 м :

n — количество ударов по одному следу; 1 — поверхность обратной засыпки после трамбования; 2 — поверхность предохранительного слоя грунта.

В зависимости от числа ударов трамбовки по одному следу поверхность засыпки осела на 15—67 см. Изменение осадки отдельных слоев, залегающих в уплотненной толще засыпки, показано на рис. 6.

Выбор того или иного режима трамбования грунта обратной засыпки обусловливается техническими требованиями, которые разрабатываются с учетом экономических показателей. Поэтому важное значение имеет производительность и стоимость выполнения работ.

Производительность экскаватора и стоимость единицы выполненной им работы находятся в прямой зависимости от типа экскаватора, габаритов и веса трамбовки, числа ударов, высоты падения трамбовки и т. д. Хронометражные наблюдения за отдельными операциями рабочего цикла показали, что на подъем трамбовки весом 5,3 т на высоту 3 м экскаватором ОМ-202 затрачивалось 6 сек., а на сбрасывание — 1 сек. Значительно больше времени уходило на центровку каждого последующего удара трамбовки. Так, для нанесения трех ударов трамбовки по одному следу затрачено в среднем $t_3 = 34$ сек., для 6 ударов — $t_6 = 84$ сек., для 9 ударов — $t_9 = 126$ сек. и для 12 ударов — $t_{12} = 160$ сек. На передвижку экскаватора уходило в среднем 40 сек. Следовательно, каждый цикл с учетом передвижки увеличивался на 10 сек., т. е. $t_3 = 44$ сек., $t_6 = 94$ сек., $t_9 = 136$ сек. и $t_{12} = 170$ сек.

Эксплуатационная производительность экскаватора ОМ-202 определена по формуле

$$L_э = 3600 \frac{l\varphi k_v}{t_n},$$

где $L_э$ — длина уплотненного участка дрены, пог.м;

l — длина трамбовки, 1,3 м;

φ — коэффициент перекрытия следа одного удара, равный 1;

k_v — коэффициент использования во времени, принятый 0,7;

t_n — продолжительность рабочего цикла экскаватора при n ударах трамбовки по одному следу.

Для расчета сметной производительности $L_{см}$ коэффициент использования во времени k_v обычно уменьшают на 20%,

$$L_{см} = 0,8L_э.$$

Стоимость единицы выполненной работы вычисляли делением стоимости машино-смены экскаватора с трамбовкой на его сметную производительность. Стоимость машино-смены получена равной 34 руб. для первой группы строек Узбекской ССР с учетом поясного коэффициента к зарплате 1,1. Накладные расходы приняты в размере 18,5%.

Технико-экономические показатели работы экскаватора ОМ-202, оборудованного трамбовкой весом 5,3 т, на уплотнении грунта засыпки в траншеях закрытого дренажа для условий Голодной степи при высоте падения трамбовки 3 м характеризуются следующими данными:

Число ударов трамбовки	Сменная производительность (эксплуатационная и сметная), пог.м	Стоимость уплотнения, 100 пог.м/руб
3	530—425	8
6	245—195	17

Опытно-производственные исследования, осуществленные отделом механизации САНИИВПиГ совместно с Управлением строительства закрытого дренажа Голодностепстроя в 1962 г., являются одной из

первых попыток решения вопроса уплотнения грунта дренажных траншей, в частности способом трамбования. На основании выполненных работ можно сделать некоторые выводы и предложения:

1. Уплотнение предохранительной засыпки грунта в дренажных траншеях рационально производить укаткой за один проход гладкого катка с удельным линейным давлением 40 кг/см , перемещаемого со скоростью $30\text{—}40 \text{ м/час}$. Плотность грунта в уплотненной предохранительной засыпке приближается к „материковой“ при толщине слоя засыпки в рыхлом состоянии не более 15 см (по оси траншеи).

2. Наиболее приемлемым способом механического уплотнения грунта обратной засыпки в дренажных траншеях является ударный способ. Грунт в траншеях рационально уплотнять через слой насыпного грунта в корыте, благодаря чему исключается необходимость вписывания трамбовки в габариты траншеи.

В производственных условиях установлена эффективность поверхностного уплотнения грунта засыпки тяжелой трамбовкой на полную глубину дренажной траншеи. При этом в уплотняемой толще достигается плотность естественного залегания грунта, характеризуемая величиной $\delta \geq 1,5\text{—}1,6 \text{ г/см}^3$.

По-видимому, для уплотнения грунта засыпки в траншее и корыте рационально также использовать каток с падающими грузами Д-390.

3. Сравнение уплотняющей способности трамбовочной плиты, обладающей значительным удельным импульсом ударной нагрузки, при возведении насыпей и на траншейных работах показывает, что во втором случае глубина активного действия указанной плиты несколько выше.

4. Для уплотнения грунтов в траншеях необходимо изготовить трамбовочную машину, оборудованную направляющей фермой.

Центровать направляющую ферму по траншее рационально автоматическим устройством, датчиком которого может служить каток, перемещаемый по поверхности грунта в верхней части траншеи. В этом случае удары трамбовки будут наноситься непосредственно по грунту внутри траншеи. Машина должна обеспечить уплотнение обратной засыпки за один проход вдоль траншеи. Окончательную засыпку верхней части траншеи и корыта необходимо производить после прохода трамбовочной машины.

5. Значительный интерес представляет установление возможности укладки грунта в воду при обратной засыпке траншей. В этом случае следует предварительно изолировать трубчатую линию дрены от проникновения в нее воды покрытием из полиэтиленовой пленки и защитным слоем грунта. Сравнение технико-экономических показателей данного способа с механическим уплотнением грунтов в траншеях позволит рекомендовать производству наиболее приемлемый способ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сальников В. Г., Мистюк Г. П. Дреноукладочный комбайн — новая машина для механизации строительства закрытого дренажа, „Гидротехника и мелиорация“, 1957, № 5.
2. Пулатов У. Ю., Бердянский В. Н. Механизация строительства закрытого дренажа в орошаемой зоне, „Механизация хлопководства“, 1960, № 9.
3. Бердянский В. Н., Куперман Э. Ш., Мирсагатов А. Строительство закрытого дренажа в Голодной степи, „Гидротехника и мелиорация“, 1962, № 3.
4. Малыгин В. С. Глубокий закрытый дренаж, Ташкент, СоюзНИХИ, 1939.

5. Газиев Х. К. Из опыта строительства коллекторно-дренажной сети, Ташкент, 1958.
 6. Аскарлов Х. А., Урманова Г. Л. О просадочности грунтов центральной части Голодной степи, В сб. „Материалы по производительным силам Узбекистана“, вып. 15, Ташкент, АН УзССР, 1960.
 7. Неклюдов М. К. Механизированное уплотнение грунтов, М., Госстройиздат, 1960.
 8. Хархута Н. Я. Машины для уплотнения грунтов, М., Машгиз, 1953.
 9. Пулатов У. Ю. О способе определения степени уплотнения крупнообломочных грунтов, „Гидротехническое строительство“, 1958, № 2.
 10. Вошинин Н. П. Выбор основных параметров рабочих агрегатов трамбующих машин для уплотнения грунтов, „Строительное и дорожное машиностроение“, 1956, № 7.
-

Э. М. ОСТРОВСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАМБОВОЧНОГО АГРЕГАТА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ КАНАЛОВ

Один из способов снижения потерь воды на фильтрацию из оросительных каналов, проходящих в связных грунтах, — это создание в руслах каналов уплотненных грунтовых экранов. Эффект от экранирования каналов зависит от величины снижения фильтрационных потерь и срока службы экрана. Многочисленные исследования в различных природных условиях СССР показали, что на каналах внутрихозяйственной сети толщина экрана должна быть не менее 0,3—0,4 м. Фильтрационные потери из экранированных каналов понижаются в три—пять раз и более [1, 2, 3].

Основное условие, необходимое для внедрения этого способа в практику строительства и эксплуатации каналов, — механизация работ по уплотнению грунта в руслах каналов.

Рациональным способом уплотнения грунта в руслах каналов является ударный способ [1, 2]. Трамбовочные грунтоуплотняющие машины разделяются на машины циклического и непрерывного действия. Машины первой группы оборудованы свободно или принудительно падающей массой, второй группы — плитой (шаботом), через которую энергия удара падающей массы передается на грунт [4].

Из опытных работ по уплотнению каналов видно, что машины первой группы создают на поверхности разрыхленный слой грунта и обладают сравнительно низкой производительностью. Более успешно русла каналов внутрихозяйственной сети можно уплотнять трамбовочными машинами непрерывного действия. Это обусловлено тем, что каналы этой сети имеют значительную протяженность, малые габариты и небольшие удельные объемы по грунтоуплотнению [5].

В отделе механизации САНИИВПиГ в 1959—1960 гг. разработан рабочий орган трамбовочной машины непрерывного действия. Он запроектирован в виде съемной полукруглой плиты, вписывающейся в русло уплотняемого канала*. Плита предназначена для уплотнения каналов проектного трапецеидального сечения с шириной по дну 0,5 м и с одиночными откосами. Радиус рабочего профиля плиты 0,87 м, высота 0,5, длина уплотняющей части 0,35, м, площадь контакта с грунтом (исключая открылки) 0,45 м² (рис. 1). Полукруглая плита сварена

* Запроектированы и изготовлены также плиты трапецеидального профиля. Они оказались неработоспособными [6]. Рабочий орган трамбовочных машин рационально выполнять в виде полукруглой плиты не только с точки зрения хорошей конструктивной компоновки, но и потому, что полукруглое сечение канала с гидравлической точки зрения является наиболее целесообразным.

из листовой стали толщиной 5—8 мм и снабжена кованым стаканом 2, передним и задним открывками 3 и 4, а также ребрами жесткости. Вес плиты 220 кг.

Для полевых исследований сотрудники отдела механизации института совместно с коллективом СМУ-5 Голодностепестроя смонтировали трамбовочный агрегат на базе сменного оборудования экскаватора Э-652 («рыхлитель мерзлых грунтов») конструкции ВНИИСтройдор-маш. В качестве ударного механизма в агрегате использовали дизель-

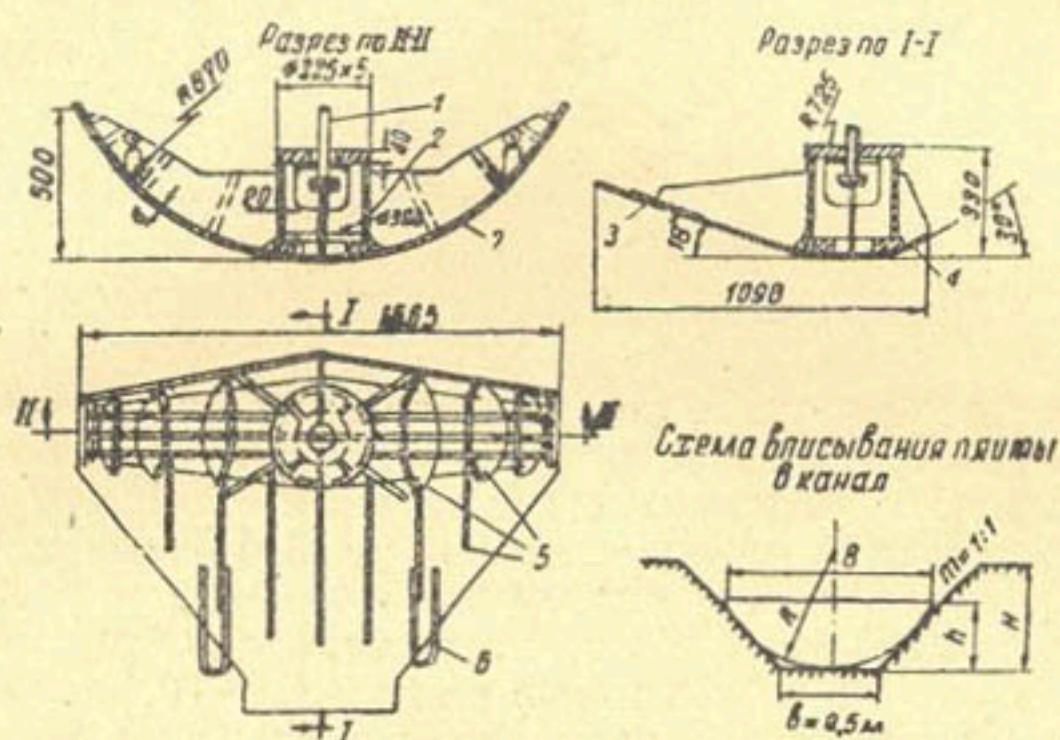


Рис. 1. Полукруглая плита для уплотнения русел каналов:

1—шарнирный палец; 2—стакан; 3—планирующий открывок; 4—задний открывок; 5—ребра жесткости; 6—скоба; 7—поддон.

ный молот марки С-222. Вес ударной части молота 1200 кг, а наибольшая высота подъема ударной части 1,79 м.

Дизельный молот смонтирован на направляющей штанге, которая шарнирно закреплена на стреле прямой лопаты экскаватора. Полукруглая плита соединена с оголовком молота при помощи свободно сидящего пальца (см. рис. 1), который введен внутрь стакана. На переднем открывке приварены две скобы. К скобам прикреплены два троса, вторые концы которых закреплены на экскаваторе. Молот в сборе с полукруглой плитой подвешен на канате, укрепленном на барабане главной лебедки. Подъем ударной части для запуска дизельного молота осуществляется с помощью кошки, имеющей пневматический привод.

Уплотнение грунтов в руслах каналов выполнялось следующим образом. Трамбовочный агрегат устанавливали на бермах канала так, чтобы ось перемещения агрегата совпадала с осью канала. После установки плиты запускали дизель-молот. Экскаватор двигался по бермам впереди плиты и перемещал ее по руслу канала (рис. 2). В конце уплотняемого участка дизель-молот останавливали, поднимали и поворачивали оборудование на 180°. Затем операции повторяли и начинали следующий проход по каналу.

Опытные работы производили в совхозе «Фархад» (Голодная степь), где каналы были проложены в выемке, полувыемке-полунасыпи и в насыпи. По гранулометрическому составу грунты относились к пылеватым суглинкам. Объемный вес скелета грунтов изменялся от 1,26 до 1,67, г/см³, пористость — от 0,55 до 0,26. Естественная влажность грунта составляла 7—20%. Характеристика грунта по одному из шурфов приведена в табл. 1.

Существенно важным условием, обеспечивающим нормальную работу трамбовочного агрегата, является устойчивая работа дизельного молота по уплотнению грунтов.

Так как каналы, подготовленные к уплотнению, имели ограниченную длину, дизельный молот непрерывно работал с отдельными интервалами продолжительностью 35—40 мин. При этом температура молота повышалась, что, однако, слабо оказывало влияние на устойчивость его работы. Гораздо большее влияние оказывали свойства грунта, подвергаемого уплотнению, — их „отдача“. Если при уплотнении грунта происходило значительное утопание плиты, а следовательно, малая „отдача“ грунта, то молот работал неустойчиво.

Полевые исследования показали, что при агрегировании дизельного молота марки С-222 с плитой площадью $0,45 \text{ м}^2$ для устойчивой работы его на уплотнении грунта требуется выполнение следующих условий: влажность грунта не должна превышать 22%, а исходная плотность должна быть не ниже $1,3 \text{ г/см}^3$. При этом один след удара не перекрывается другим и ударное воздействие плиты на грунт передается всей ее поверхностью.

Во время полевых работ уплотнено 1000 пог. м каналов при средней скорости агрегата $1,4 \text{ км/час}$. При указанной скорости обеспечивалось 0,9 удара по одному следу за одну проходку по каналу при условии, что по плите, длиной 0,35 м, производилось 60 ударов в мин. По отдельным участкам каналов выполнено от 4 до 13 проходок.

В связи со значительным изменением влажности и плотности грунта высота подъема ударной части дизель-молота изменялась от 0,8 до 1,5 м, причем во время первых проходок ударная часть подсакивала на высоту 0,8 м, а при последующих проходках — на высоту до 1,5 м. Дизель-молот наносил по плите 55—60 ударов в мин.

Необходимым условием для обеспечения центровки полукруглой плиты в русле канала является шарнирная связь плиты с дизельным молотом. При выполнении этого условия плита удовлетворительно вписывается в габариты каналов, срезает отдельные выступы и частично планирует уплотняемую поверхность.

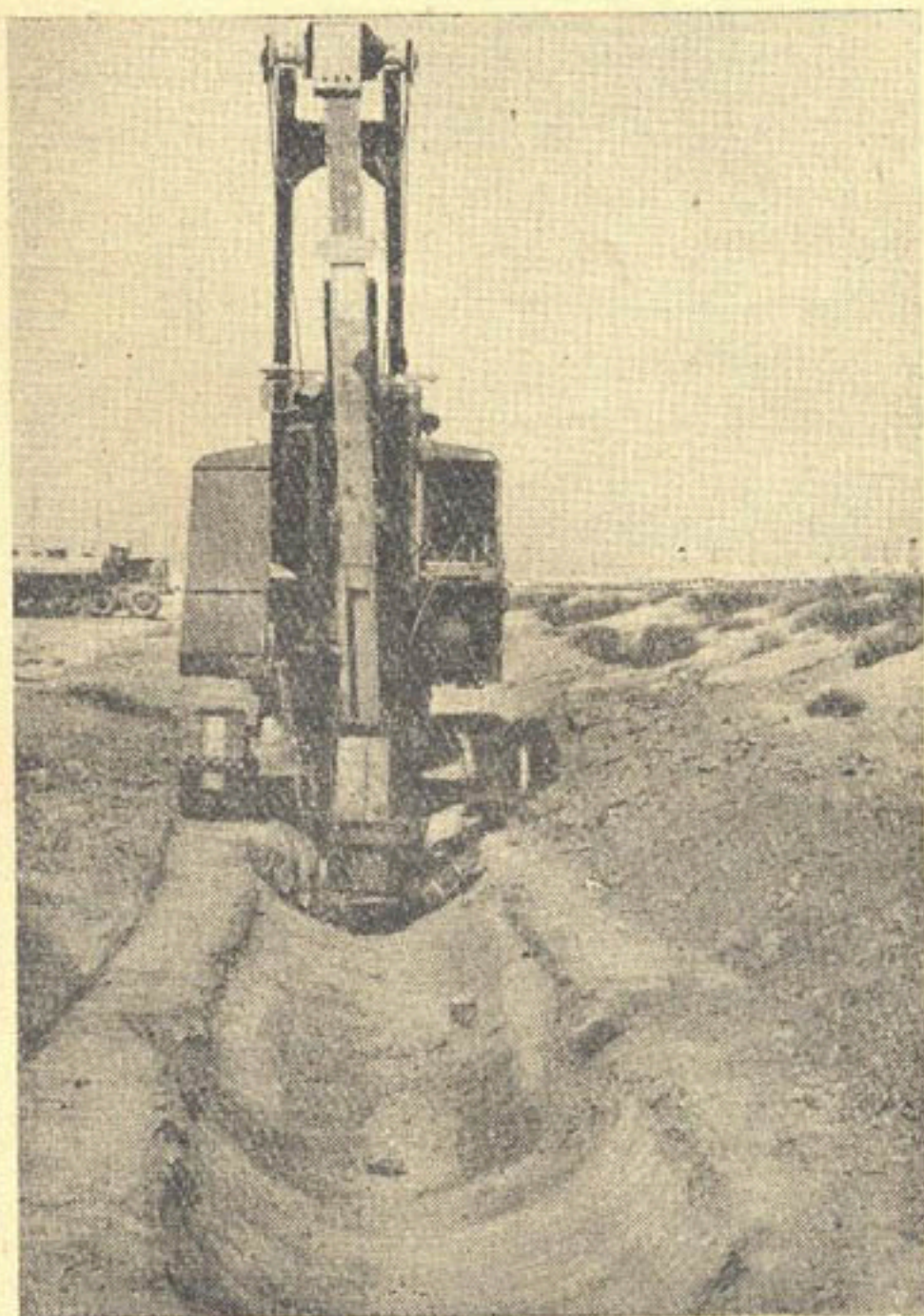


Рис. 2. Вид трамбовочного агрегата во время работы.

Таблица 1

Монолит грунта с участка канала	Место отбора	Глубина отбора, м	Объемный вес скелета грунта, г/см ³	Грунт	ММВ, %	Пластичность			Набухание, %	Удельный вес, г/см ³	Пористость, %	Коэффициент фильтрации, 10 ⁻⁴	$\frac{K_0}{K_3}$
						верхний предел, %	нижний предел, %	число пластичности					
Уплотненного за 6 проходов агрегата	По оси канала	0,3	1,68	Легкий пылеватый суглинок	1,86	28,1	23,0	5,1	12,7	2,67	35	29	11,8
	1,8 м от оси	0,8	1,43		20,2	31,4	24,7	6,7	—	2,67	46	344	
Неуплотненного	По оси канала	0,3	1,42	Средний пылеватый суглинок	17,9	26,7	21,7	5,0	—	2,66	47	22	3,1
	1,8 м от оси	0,8	1,45		—	—	—	—	19,5	2,66	45	68	

Во время первой проходки трамбовочного агрегата по каналу удлиненный передний открьлок плиты распределяет рыхлый грунт по руслу канала. Часть грунта он перемещает вдоль уплотняемого канала,

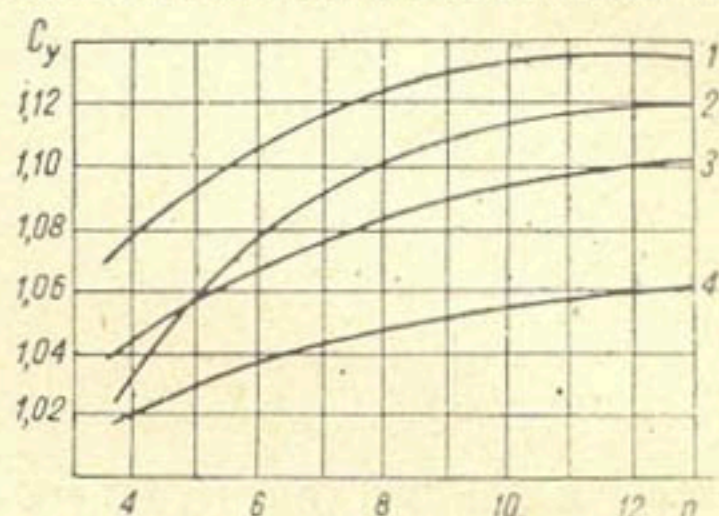


Рис. 3. Зависимость уплотнения грунта C от числа проходов трамбовочного агрегата n на глубине 20—25 см (1), 0—10 (2), 45—50 (3), 75—80 см (4).

проталкивая его перед собой. Благодаря этому отдельные понижения в русле канала одновременно засыпаются и уплотняются. Длина планировочного открьлка плиты 600 мм, а угол установки 18° (см. рис. 1). Из опытных работ видно, что длина открьлка может быть увеличена.

Осадка грунта по дну каналов на различных участках изменялась от 2 до 18 см, в среднем она была равна 10 см после шести проходов агрегата. Характер изменения степени уплотнения грунта на различной глубине выражен четырьмя кривыми (рис. 3). Степень уплотнения рассчитывали по отношению объемного веса скелета грунта после уплотнения к исходному объемному весу до уплотнения.

Материалы полевых исследований показывают:

1) после шести проходов агрегата в русле канала создается уплотненный экран толщиной 0,6 м;

2) основной прирост степени уплотнения грунта достигается за первые 5—7 проходов агрегата; по мере возрастания числа проходов интенсивность уплотнения снижается;

3) максимальная степень уплотнения грунтов получается на

глубине 20—25 см от поверхности; после 6 проходов агрегата плотность грунтов в этом слое увеличивается до 1,52—1,74 г/см³. (По отношению к исходному 1,26—1,67 г/см³);

4) после 13 проходов агрегата по каналу глубина уплотненного экрана равна 0,8 м; плотность грунтов на глубине 20—25 см от поверхности увеличивается до 1,84 г/см³;

5) трамбовочный агрегат не производит разуплотнения грунтов на поверхности.

Для определения характера уплотнения грунтов при ударном воздействии через полукруглую плиту, перемещаемую по руслу канала, в шурфах были заложены вертикальные меловые столбики. После трамбования каналов они смещались от первоначального положения в направлении от оси канала и принимали криволинейное очертание. Отклонения столбиков у поверхности достигали 3—5 см. Деформировались они до глубины 0,6—0,7 м.

Причина искривления меловых столбиков — частичное уплотнение грунта в результате расклинивающего действия полукруглой плиты. По-видимому, такое действие плиты становится более интенсивным при увеличении разницы в размерах между плитой и сечением канала до его уплотнения. Кроме того, у поверхности русла меловые столбики отклонились в направлении движения агрегата.

Величину деформации грунта по периметру канала определяли с помощью реперов. Реперы закладывали в толщу грунтов и нивелировали до и после уплотнения канала, устанавливая тем самым осадку грунта в различных точках уплотненного экрана [6]. Опыты показали, что осадка уменьшалась одновременно с удалением реперов в сторону от оси канала и с увеличением глубины их установки от поверхности русла каналов.

Эффект работы трамбовочных машин зависит также от величины напряжений, создаваемых в момент ударного воздействия по поверхности грунта. При полевых исследованиях напряжения измеряли гидроаэростатическими динамометрами системы Г. И. Покровского [7]. Динамометры устанавливали на глубине 20 см от поверхности. После 5—9 проходов агрегата напряжения в поверхностном слое грунта колебались от 3 до 15 кг/см².

Характер изменений фильтрационной способности грунта в результате его экранирования специально исследовали через 6 мес. после уплотнения одного из каналов (канал к тому времени перезимовал).

В уплотненном слое, залегающем в русле канала, а также в неуплотненном грунте в стороне от канала, отобрали с двукратной повторностью монолиты. Горизонт, с которого взяли монолиты, в том и другом случае был один и тот же.

По данным лабораторных исследований, коэффициент фильтрации грунта k_z в уплотненном экране всегда ниже, чем в неуплотненном грунте k_0 в стороне от канала. После уплотнения канала коэффициент фильтрации грунта был снижен в 3—12 раз (см. табл. 1). Величина $\frac{k_0}{k_z}$ изменяется в большом диапазоне. Причина этого — пестрота механического состава грунта и отчасти несовершенство прибора ПВ для измерения коэффициента фильтрации. Расчетным путем определяли фильтрационные потери воды из экранированных Q_z и неэкранированных Q_0 каналов. Для расчетов использовали уравнения С. Ф. Аверьянова и Н. Н. Павловского. По формуле Н. Н. Павловского установили потери из неэкранированного канала, а по формуле В. И. Аравина — Н. К. Фе-

нина — из экранированного [8]. Толщину экрана δ приняли равной 0,4 и 0,6 м (табл. 2). Из табл. 2 видно, что при экранировании канала фильтрационные потери снижаются в 2—10 раз.

Таблица 2

Толщина экрана δ , м	$\frac{k_0}{k_3}$	Снижение фильтрационных потерь в результате экранирования канала по формулам	
		С. Ф. Аверьянова $Q_3 = Q_0 \cdot B$ $\beta = \frac{1}{1 + A \frac{\delta}{B} \left(\frac{k_0}{k_3} - 1 \right)}$	Н. Н. Павловского и В. Н. Аравина — Н. К. Феина $\frac{Q_0}{Q_3} = \frac{k_0 (B + 2h_0)}{k_3 \left(\frac{h_0 + \delta}{\delta} \right) B}$
0,6	$\frac{12}{3}$	$\left\{ \begin{array}{l} 9,8 \\ 2,6 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 10,8 \\ 2,7 \end{array} \right.$
0,4	$\frac{12}{3}$	$\left\{ \begin{array}{l} 6,8 \\ 2,1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 8,4 \\ 2,1 \end{array} \right.$

Примечание. Расчеты выполнены при условии, что ширина канала по урезу воды $B = 1,5$ м, а глубина воды в канале $h_0 = 0,7$ м.

Технико-экономические показатели в значительной степени влияют на выбор того или иного способа экранирования канала. Производительность агрегата и стоимость уплотнения 1 пог. м канала зависит от

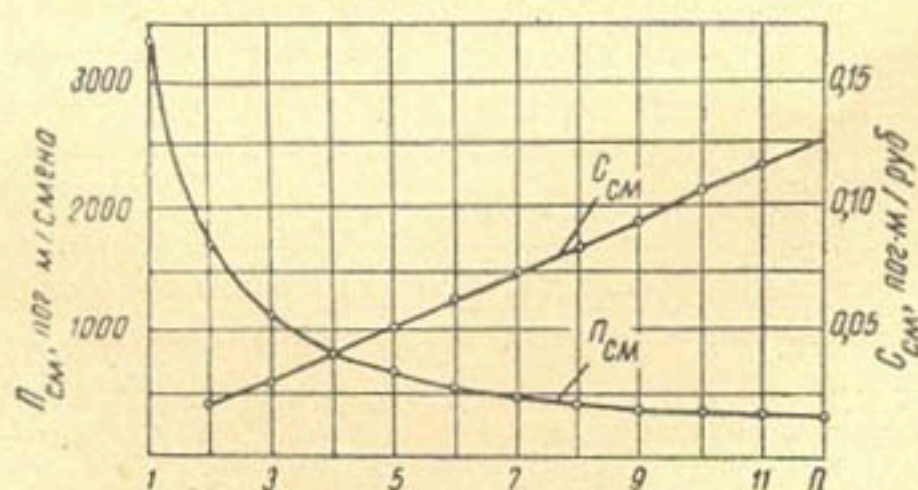


Рис. 4. Зависимость производит. и стоимости уплотнения 1 пог. м канала от числа проходов трамбовочного агрегата.

рабочей скорости перемещения агрегата, числа проходов по каналу, сметной стоимости машино-смены агрегата и т. д. (рис. 4). В конкретных условиях уплотнения каналов в совхозе «Фархад» при 6 проходах агрегата по каналу сметная производительность агрегата составила 560 пог. м/смена, а сметная стоимость уплотнения 1 пог. м канала — 6,3 коп.

Для увеличения производительности трамбовочной машины, действующей по аналогичному принципу, и для повышения устойчивости работы дизельного молота каналы рационально уплотнять за одну проходку. Рабочая скорость перемещения машины должна согласоваться с частотой ударов молота по плите. Длина набегавшей части плиты за

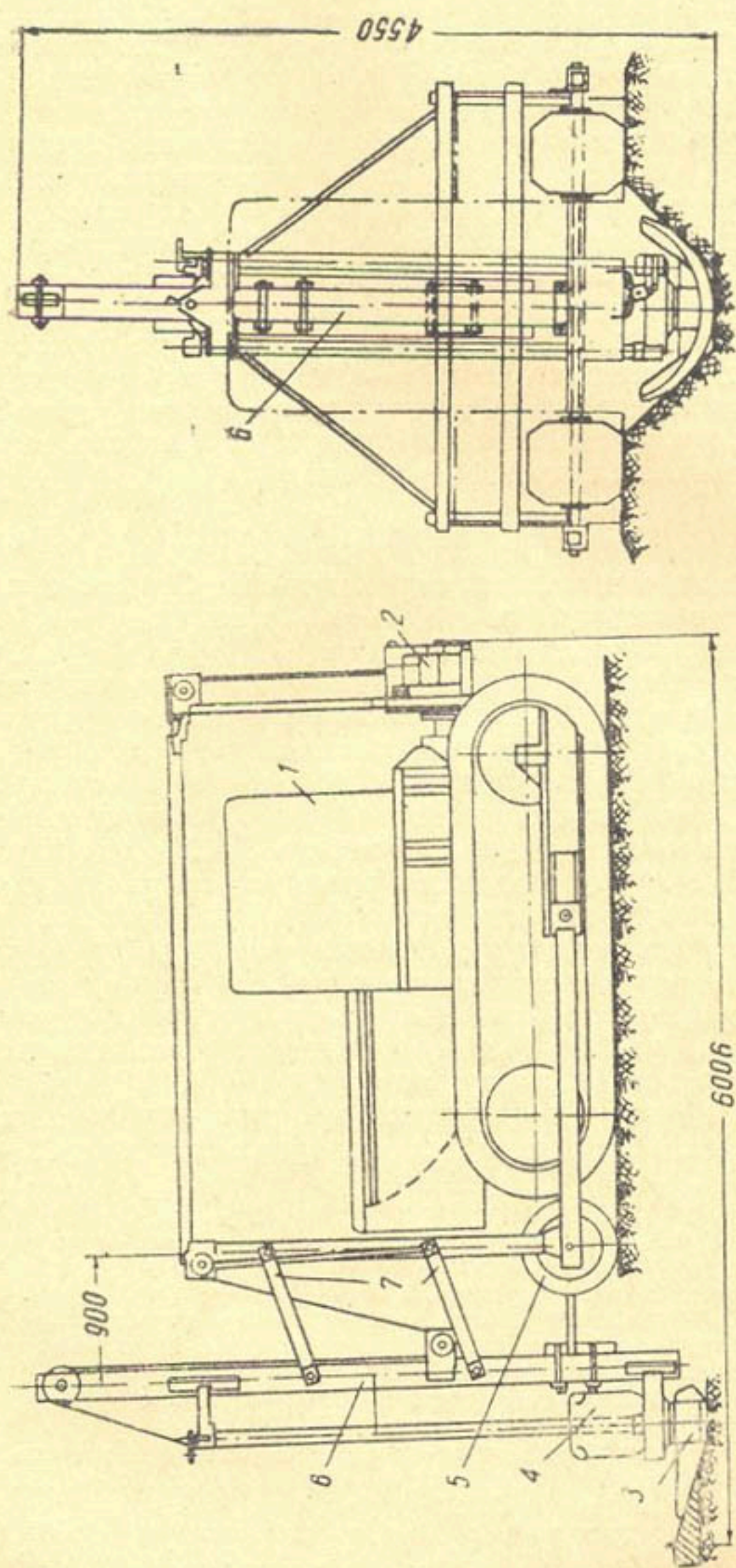


Рис. 5. Схема трамбовочной машины на тракторе С-100Б.

1—трактор С-100Б; 2—однобарабанная лебедка; 3—съемная профилированная плита; 4—дизельный мотор С-222; 5—опорные катки; 6—направляющие штанги; 7—тяга.

один удар молота не должна превышать $\frac{1}{n}$ длины плиты, где n — необходимое число ударов, по одному месту.

В институте разработан проект трамбовочной машины на базе трактора С-100Б и дизельного молота С-222 (рис. 5). Машина снабжена ходоуменьшителем, однобарабанной лебедкой, дизель-молотом и съемной плитой. На передней стойке рамы шарнирно закреплены две пары тяг. Вторые концы тяг прикреплены к направляющей штанге 4, по которой перемещается дизель-молот. Тяги удерживают направляющую штангу в вертикальном положении. Чтобы частично разгрузить тяги во время работы, выдвигается ограничитель. На балках толкающей рамы установлены два подшипника поперечной оси. На оси вращаются два опорных катка. Катки с обеих сторон срезаны на конус для облегчения поворота машины при движении по бермам канала.

Расчеты показывают, что при работе машины на первой передаче с включенным ходоуменьшителем ($v = 0,263$ км/час) по одному месту наносится около 7 ударов. При таком режиме работы производительность машины достигает 1 100 пог. м/смена, а сметная стоимость уплотнения 1 пог. м канала снижается до 2,6 коп.

ВЫВОДЫ

1. При большой протяженности внутрихозяйственных каналов и значительных потерях воды из этой сети, огромное значение имеет механизация противофильтрационных работ.

2. В связи с незначительными удельными объемами по грунтоуплотнению и малыми габаритами уплотнять каналы внутрихозяйственной сети рационально трамбовочной машиной непрерывного действия.

3. Условиям выполнения работ наиболее полно отвечает полукруглая плита, вписывающаяся в трапецеидальное сечение канала.

4. При агрегировании дизельного молота С-222 с полукруглой плитой площадью 0,45 м² для создания в русле канала уплотненного экрана толщиной 0,6 м требуется нанести от 5 до 7 ударов. Чтобы за один проход по каналу молот мог нанести такое число ударов, скорость перемещения плиты должна согласоваться с частотой ударов молота.

5. При трамбовании грунта через плиту поверхность русел не разрыхляется. Плита должна быть снабжена удлиненным планирующим открылком для распределения рыхлого грунта.

6. Благодаря созданию в руслах каналов уплотненных экранов толщиной 0,4—0,6 м фильтрационные потери снижаются до 2—10 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хлебников С. Г. Ударное уплотнение грунтов в каналах и водоемах для борьбы с фильтрацией и строительство каналов выштамповыванием, «Гидротехника и мелиорация», 1955, № 6.
2. Дадаев Г. Т. Строительство оросительных каналов малых размеров выштамповыванием с противофильтрационным экраном из уплотненных грунтов, «Гидротехника и мелиорация», 1958, № 3.
3. Кривовяз С. М. Уплотнение грунта в целях борьбы с фильтрацией каналов, «Гидротехника и мелиорация», 1953, № 3.
4. Миронов А. Н. Дизель-трамбовочная машина ЦНИИС для уплотнения грунта. В сб. «Вопросы механизации строительных и дорожных работ», изд. Харьковского университета, 1958.
5. Островский Э. М. Механизация работ по уплотнению русел каналов внутрихозяйственной сети, Труды САНИИРИ, вып. 107, Ташкент, 1960.
6. Пулатов У. Ю. О способе определения степени уплотняемости крупнообломочных грунтов, «Гидротехническое строительство», 1958, № 2.
7. Покровский Г. И. Исследования по физике грунтов, М., 1958.
8. Аверьянов С. Ф. О расчете фильтрационных потерь из экранированных каналов, «Гидротехника и мелиорация», 1957, № 4.

А. АБРАРХОДЖАЕВ

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗАЦИИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ В КАНАЛАХ

В настоящее время перед исследователями стоит задача найти наиболее эффективные методы борьбы с потерями воды на фильтрацию из оросительных каналов.

Обычно борьба с фильтрацией осуществляется путем облицовки каналов различными материалами: камнем, бетоном, цементным раствором, асфальтом, глиной и грунтом. При выборе того или иного материала учитываются геологические и гидрогеологические факторы, климатические условия. Однако такие способы облицовки каналов имеют некоторые недостатки.

В течение последних двух десятилетий большое внимание уделяется вопросу устройства одежды каналов из уплотненного грунта. Объясняется это тем, что материал для такой одежды обычно находится под руками, а потому работы по ее устройству могут быть полностью механизированы. Экономические показатели при этом типе одежды лучше, чем при других (табл. 1).

В настоящее время разработаны и исследованы два способа уплотнения грунта ложа каналов:

1. Механическое ударное уплотнение грунта ненарушенной структуры. Сущность процесса заключается в создании по периметру канала маловодопроницаемого экрана. Указанный метод впервые был разработан в 1940—1941 гг. в Закавказском научно-исследовательском институте водного хозяйства. Большие работы в этой области проводились Грузинским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (ГрузНИИГиМ), Южным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (ЮжНИИГиМ), Азербайджанским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (АЗНИИГиМ) и Средне-Азиатским научно-исследовательским институтом ирригации (САНИИРИ) (табл. 2).

2. Статическое уплотнение грунта нарушенной структуры по принципу уменьшения водопроницаемости грунта за счет его уплотнения послойной укаткой, применяемой при возведении качественных насыпей. Этот метод был проверен в США на магистральных каналах Фрайент Керн и дельте р. Мендота (табл. 3).

Исследовалось два вида грунтовых экранов: тонкослойные и толстослойные.

Тонкослойные грунтовые экраны, устраиваемые в виде небольшого слоя уплотненного грунта, покрывающего ложе канала, легко разрушаются при очистке каналов от наносов и растительности, под

действием волн и ветра, а также в случае попеременного замораживания и оттаивания. Поэтому применение тонкослойных экранов ограничено.

Толстослойные грунтовые экраны, образуемые послойным уплотнением значительного слоя грунта по периметру поперечного сечения канала для создания противодиффузионного покрытия, не

Таблица 1

Технико-экономические показатели противодиффузионных мероприятий

Типы применяемых экранов	Материал	Показатели				
		толщина слоя, см	кратность уменьшения потери воды	долговечность, лет	стоимость 1 м ² , руб	степень механизации
Бетонные и железобетонные	Цемент, песок, гравий, железо	5—8	7—20	15—20	2,5—5	Полная
Асфальтовые	Асфальт, гравий, битум	2—5	Практически водонепроницаемый	—	—	Неполная
Глубокое поверхностное уплотнение	Грунт	80-100	4—25	3—5	0,05-0,5	Полная
Грунтовый экран	Грунт, цемент, известь, глина	15	5—7	10	0,25-1,0	Неполная
Экраны из бентонитовых глин	Бентонитовая глина	5—15	3—5	Изучается	0,2-0,3	Полная
Экраны из полиэтиленовых пленок	Полиэтилен, полихлорвинил, бризол и др.	До 0,15	Практически водонепроницаемый	Изучается	1-1,5	Неполная
Кольматация	Грунт	2÷5	1,5—2,0	1	0,15-0,2	Неполная
Солонцевание	Соединение натрия и других солей	—	10	3—5	0,20	Неполная
Дегтевание и нефтевание	Нефть и ее продукты	10-15 л на 1 м ²	2—5	3—5	0,30	Неполная

имеют недостатков, присущих тонкослойным экранам. Толстослойные грунтовые экраны по своим антидиффузионным свойствам почти не уступают бетонным облицовкам. Фильтрация при земляной облицовке в 1,3 раза больше, чем при бетонной, а стоимость ее в 3,7 раза ниже (см. табл. 3).

Толстослойные экраны эластичны, имеют значительный вес. При их устройстве используются экскаваторы, скреперы, катки и др. Эффективность данного метода неоспорима. Поэтому желательно применять противодиффузионные экраны в наших условиях.

Азербайджанским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации разработаны технические условия проектирования специальных машин для производства механического ударного уплотнения грунта.

Небольшая опытная партия таких машин была выпущена в 1959 г. Предполагалось, что после испытания их в производственных условиях в течение 1960—1965 гг. будет изготовлено 60 пневмотрамбовщиков

Результаты анализа работ по борьбе с потерей воды на фильтрацию (способ механического уплотнения)

Институт	Год проведения опытов	Трамбовка		Высота ссыпания трамбовки, м	Удельный импульс удара, г·сек/см ²	Число ударов	Толщина уплотненного слоя, м	Плотность грунта, т/м ³		Уменьшение коэффициента фильтрации, раз	Примечание
		форма, площадь ударной части, размеры	вес, кг					начальная	конечная		
ЗНИИВХ	1940 1941	Квадратная с рабочей поверхностью 0,2×0,2 м	50	0,5	—	—	0,10	—	—	—	
АЗНИИГИМ	1949	Цилиндрическая $D_n = 1,30$ м	1100	1,5	—	—	0,70	—	—	25	
ГрузНИИГИМ (опыты проводили в Курской области)	1952	Чугунная трамбовка $F = 1$ м ²	2100	2	135	5	—	1,12— 1,25	150— 1,60	100	Лабораторные исследования водонепроницаемости уплотненных грунтов показали уменьшение коэффициента фильтрации в 100 раз
ГрузНИИГИМ (опыты проводили на 12 опытных площадках в районе Самарского орошения)	1952	Чугунная трамбовка с плоской рабочей поверхностью прямоугольной формы $1,5 \times 0,67$, $F = 1$ м ²	1800	1,38— 1,52	50— 100	$\begin{cases} 1,2 \\ 3,4 \\ 5,10 \\ 15 \end{cases}$	—	1,25	1,60	—	Средний коэффициент фильтрации грунтов, уплотненных пятью ударами с $I = 100$ г·сек/см ² , снизился в 20—1400 раз при глубине 10—40 см.
ГрузНИИГИМ (опыты в зоне Самарского орошения)	1954	Чугунная профильная трамбовка круглого очертания для каналов $h = 0,5$ м; $b = 0,5$ м; $m = 1:1$	1800	1	80	3,4	0,5	1,38	1,51	18	Канал предварительно очищен от растительности и наносов с небольшой планировкой
ЮжНИИГИМ (Азовская оросительная система в Ростовской области)	1955	Штамп, металлическая сварная в форме усеченного конуса	2300	2—3	—	4	—	1,35	1,57	25,4	Канал находился на определенном расстоянии от первого, выштампован без предварительной его разработки Трамбовка подвешена к подъемному тросу экскаватора Э-505. Форма трамбовки — усеченный конус с размерами: высота — 60 см, диаметр нижний — 260 см, диаметр верхний — 80 см; $m = 1:1$, $F_{тр} = 2,32$ м ² .

С-325, 50 трамбующих плит ТП-Э-505 (Э-652), 80 катков с падающими грузами Д-302 (Д-390), 150 вальцовых трамбовок ВТ-АзНИИГиМ. Ниже мы даем краткую характеристику перечисленных выше машин.

1. Трамбовщик С-325 выпущен Ковровским экскаваторным заводом на базе экскаватора Э-505 (Э-652). Предназначен для уплотнения грунта откосов магистральных каналов. Имеет стрелу трехгранной формы, рабочее оборудование воздушного молота двойного действия

Таблица 3

Технико-экономические показатели, получаемые при статическом способе уплотнения грунта

Канал	Общая длина каналов, км	Расход канала на устье с облицовкой		Вид облицовки в ложе канала		Стоимость 1 м ² облицовки, доллар		Потери воды м ³ через 1 км/сутки после облицовки	
		из бетона, м ³ /сек	из грунта, м ³ /сек	бетон, км	грунт, км	бетоном	грунтом	бетоном	грунтом
Фрайент Керн (штат Калифорния)	257	140-70	—	—	—	—	—	—	—
Дельта р. Мендота	—	94-130	140 91-94	196 159	40 29	2,64 2,9	0,55 0,50	576 —	753 —

марки СССР-501. Молот движется по направляющим стрелы с помощью каретки, имеет шарнирное соединение с нижней трамбующей плитой — наковальней.

Уплотнение откоса осуществляется при движении плиты снизу вверх по откосу по направляющим стрелы каретки молота, перемещаемой тросами от лебедок экскаватора. Источником питания пневматического молота сжатым воздухом служат два компрессора типа ЛКС-6 (ЗИФ-55). Однако вследствие того, что эта машина малопроизводительна, трудно маневрируется и часто ломается, а также ввиду того, что уплотняющие плиты ее оказались недостаточно прочными (толщина уплотненного земляного экрана не превышает 0,8 м), она не была рекомендована к производству. Требуется дальнейшая работа по улучшению ее конструкции.

2. Вальцовая трамбовка ВТ-АзНИИГиМ предназначена для уплотнения грунтов на откосах каналов. Трамбовка представляет собой пустотелый валок, изготовленный из 8—15 мм листовой стали диаметром 1,4 м, имеющий по бокам люки для загрузки балластом. Через валок-цилиндр проходит ось диаметром 80 мм, на концах которой насажены стойки, к которым крепятся две распорные траверсы для присоединения подтяжного и подъемного тросов экскаватора. Вальцовая трамбовка может быть смонтирована на одноковшовом экскаваторе или кране, оборудованном двухбарабанной лебедкой. Уплотнение откосов вальцовой трамбовкой производится снизу вверх, т. е. от подошвы откоса до бермы. Экскаватор устанавливается на берме или дамбе канала. Однако возникающие во время трамбовки большие ударные нагрузки на подъемный и тяговые тросы, стрелу, экскаваторную базу, а также частая смена циклов преждевременно выводят из строя экскаватор, причем экскаваторная база не обеспечивает автоматизации подъема, сбрасывания и подтягивания вальца. Крепежные детали упорного устройства часто ломаются, конструкция подвески ненадежна, прочность подтяжки траверсы недостаточная. При устранении перечисленных недостатков трамбовку можно использовать при уплотнении грунтов на откосах каналов.

3. Трамбующая плита ТП-Э-505А (Э-652) изготовлена на Ковровском экскаваторном заводе на базе экскаватора Э-505А (652) и предназначена для уплотнения дна крупных оросительных каналов подушек и дамб. Навесное оборудование машины состоит из трамбующей плиты, направляющей фермы плиты, распорной стрелы, упорных кронштейнов, захватного приспособления плиты и ограничителя высоты подъема плиты.

Трамбующая плита внутри направляющей фермы совершает движение вверх и вниз с высоты от 0,92 до 2,01 м. С помощью подъемного каната экскаватора специальным захватом производится ее подъем. Сброс плиты на грунт происходит автоматически после подъема ее на заданную высоту, где устанавливаются упорные кронштейны.

Цельносварность направляющей фермы, малая производительность машины (60—100 м² за час чистой работы) создают трудности во время разборки и сборки ее. Неудовлетворительная работа ограничителя высоты подъема ведет к нарушению безопасности обслуживающего персонала. В случае устранения этих недостатков машину можно использовать при выполнении специальных работ по уплотнению оснований под железобетонные сооружения.

4. Каток с падающими грузами Д-302 (Д-390) изготовлен на Харьковском заводе дорожных машин по проекту Ленинградского филиала ВНИИстройдормаша. Предназначен для уплотнения горизонтальных поверхностей дна крупных каналов, подушек, дамб и плотин.

Уплотняющее действие катка основано на последовательных ударах трех трамбовок-грузов, расположенных в полости катка. Корпус катка состоит из двух сварно-литых щек, соединенных между собой шестью траверсами. С внутренней стороны щеки имеют пазы, в которых перемещаются трамбующие грузы. С наружной стороны в щеки встроены копиры, жестко соединенные с рамой катка; рама с копиями опирается на щеки катка через центры. Копиры, представляющие собой два литых диска, предназначены для перемещения и удержания трамбовок на образующей катка до момента свободного падения. Поэтому при вращении катка-трамбовки лежащие внизу копиры поднимаются вверх и, дойдя до определенной высоты, падают на поверхность грунта, производя трамбование одновременно с укаткой. Зарядка катка трамбовками-грузами производится при помощи специального подъемного устройства, смонтированного на катке. Каток Д-390 в отличие от катка Д-302 снабжен сцепным устройством специальной конструкции, гидроподъемником и упорами-амортизаторами для грузов, а также гидроцилиндрами поворота, благодаря которым каток работает по челночной схеме. Ось катка имеет ненадежное крепление к корпусу цапф. При работе груз задевает за раму, неудачное крепление к кронштейну стойки копиров создает возможность срезания болтов и нарушает регулировку копиров. Недостаточная жесткость корпуса катка вызывает перекос грузов при падении, быстрый износ направляющих требует замены грузов. Каток имеет неустойчивое положение после отцепки от трактора. У катка Д-390 ввиду недостаточного хода крюка гидравлического подъемника грузов возникает необходимость поднимать груз в два приема при переводе катка из рабочего положения в транспортное и наоборот. Каток рекомендован к производству для уплотнения дна магистральных оросительных каналов шириной по дну 3 м и более, а также для уплотнения дамб и подушек каналов (в прицепе к трактору С-80 или С-100).

В 1957—1958 гг. отделом механизации водохозяйственных работ САНИИРИ (ныне ИВПиГ) были проведены научные изыскания по ме-

Данные анализа работ по борьбе с потерями воды на фильтрацию (способ механического уплотнения грунта)

Место проведения опытов	Год проведения опытов	Трамбовка			Высота сра- сывания трам- бовки, м	Число ударов	Толщина уп- лотненного слоя, м	Плотность, т/м³		Уменьшение коэффициента фильтрации, раз	Применяемый механизм	Примечание
		форма, про- цаль удар- ной части,	размеры	Вес, кг				начальная	конечная			
Южно-Голодноостепский канал ПК 181—183	1957	Вальцовая $D_n = 1400$ мм $L = 2500$ мм		3800— 5300	3	3	2,0 2,0	1,33 1,40	1,60 1,62	до 60 до 63	Э-1004	Для увеличения веса ка- ток заполняется песком
				2700 5200	— 3	— 3	— 1,5	— 1,50	— 1,66	— 7—9	— Э-1004	Имеется съемный набор стальных листов
Старый ороситель $B = 0,5$ м $= 0,6—0,7$ м	1957	Сегментная $m = 1:1,5$ 1500×2200 мм		4300	3	4—6	1,3—1,6	1,40	1,59	90—45	Э-1004	Радиус закругления боль- шой $R = 1550$ мм
Машинный канал М-2 ПК 190-212	1958	Вальцовая $D_n = 1400$ мм $L = 2500$ мм		3140	2,5	3—5	2	1,35	1,55	3—6,5	ОМ-202	Применялись новые подъ- емные устройства, скон- струированные САНИИРИ
М-2—7—6 М-2—7—7 М-2—8—4а	1958	Сегментная $m = 1:1$ 1500×1500 мм Полукруглая профильная плита		2000 220	4 1,26	3 про- ходов по 1 следу	1,5 —	— 1,57	— 1,71	— —	Э-502 Э-652	Радиус закругления ма- лый $R = 800$ мм Использовали ударный механизм—дизельный мо- лот марки С-222

ханическому уплотнению откосов и дна каналов в производственных условиях в Голодной степи. В области создания антифильтрационного экрана путем трамбования были решены вопросы технологии производства работ, стоимости уплотнения, выявлены и устранены некоторые конструктивные недостатки изготовленных трамбовок, а также разработана методика контроля качества уплотнения (табл. 4).

На основании исследований, проведенных отделом механизации водохозяйственных работ ИВПиГ, был составлен проект норм выработки и стоимости уплотнения каналов трамбованием для первой группы строек (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Проект норм выработки и стоимость уплотнения каналов трамбованием
(для первой группы строек)

Характер работ	Эксплуатационная сменная производительность, м ³	Сменная сметная производительность, м ³	Сменная стоимость уплотнения, м ² /руб
Уплотнение откосов канала цилиндрической трамбовкой, подвешенной к стреле экскаватора Э-1004. Вес трамбовки 5 т, длина 2,5 м, диаметр 1,4 м, число ударов с 3 м 3 раза	630	500	0,09-0,10
Уплотнение ложа каналов внутрихозяйственной сети сегментной трамбовкой, подвешенной к стреле экскаватора Э-1004. Вес трамбовки 5 т, длина 1,5 м, число ударов с высоты 3 м 3 раза	500	400	0,11-0,12
Уплотнение дна крупных каналов плоской трамбовкой Э-1004. Вес трамбовки 5 т, размер в плане 1,25×1,25 м. Число ударов по одному следу 3 раза с высоты 3 м	600	480	0,095-0,10

Результаты работ по уплотнению грунтов ложа каналов показали явное преимущество первого способа.

Объем работ по грунтоуплотнению в целях создания в каналах антифильтрационного экрана весьма велик. По одному только Южно-Голодностепскому каналу (ЮГК) Узбекской ССР он составляет 4,6 млн м³, а по правой и левой его ветвям — 3,3 млн м³. Объем работ по созданию противофильтрационных экранов на каналах оросительной системы центральной ветви Голодной степи равен 16 млн м³. Однако до настоящего времени ни один из созданных и испытанных грунтоуплотняющих механизмов не был рекомендован для производства ввиду наличия конструктивных недостатков, а также недостаточной глубины уплотнения. Необходимо продолжать изыскания по созданию грунтоуплотняющих машин, имеющих достаточные удельные импульсы удара. До сих пор не решены вопросы долговечности уплотненного экрана.

Отделом механизации водохозяйственных работ ИВПиГ с 1960 г. ведется исследование по выявлению эффективных способов уплотнения грунтов для создания противофильтрационных экранов в каналах и работоспособного оборудования для механизации этих работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дадаев Г. Т. Новые машины для уплотнения грунта, «Механизация строительства», 1951, № 4.
 2. Хлебников С. Г. Ударное уплотнение грунтов в каналах и водоемах для борьбы с фильтрацией и строительство каналов выштампованием, «Гидротехника и мелиорация», 1955, № 6.
 3. Хлебников С. Г. Ударное уплотнение грунтов как противофильтрационное мероприятие для постоянных каналов и водоемов, Способы борьбы с потерями воды на фильтрацию, М., Сельхозгиз, 1956.
 4. Погосян Л. А. Исследование работы прицепного катка с падающими грузами, «Строительное и дорожное машиностроение», 1957, № 6.
 5. Пославский В. В. Борьба с потерями воды из оросительных каналов за рубежом и в СССР, М., Гипроводхоз, 1957.
 6. Погосян Л. А. Исследование работы прицепного катка с падающими грузами при уплотнении грунтов оросительных каналов, Автореферат кандидатской диссертации, М., 1958.
 7. Клоц В. Х. Опыт глубинного уплотнения грунтов в небольших оросительных каналах, Сборник трудов ЮжНИИГиМ, вып. V, Новочеркасск, 1958.
 8. Пулатов У. Ю. Облицовка ирригационных каналов уплотненным грунтом, «Сельское хозяйство Узбекистана», 1958, № 8.
 9. Пулатов У. Ю., Пак С. Д., Островский Э. М. Опытно-производственные работы по ударному уплотнению на канале М-2, Материалы по производственным силам Узбекистана, «Вопросы строительства и хозяйственного освоения Голодной степи», вып. 15, Ташкент, АН УзССР, 1960.
 10. Гольдин А. Я., Жеребцов В. В., Зайдман Я. Д. Машины для уплотнения грунтов оросительных каналов, «Механизация строительства», 1961, № 7.
-

А. Г. ЕРЕМЕНКОВ

К ВОПРОСУ О ПОДЪЕМЕ ЖИДКОСТИ ОТКРЫТОЙ ЛЕНТОЙ

В настоящее время ленточный водоподъемник широко применяется при водоснабжении из шахтных колодцев пастбищ Средней Азии и Казахстана.

Ленточный водоподъемник не имеет водоподъемной трубы и относится к категории шнуровых насосов с открытым шнуром (по терминологии Н. Е. Жуковского). Он представляет собой установку, подобную вертикальной плоско-ременной передаче, и состоит из бесконечной ленты, охватывающей вверху ведущий барабан и внизу натяжной ролик. Нижняя часть ленты и натяжной ролик погружены под уровень воды в колодце. Вращение ведущего барабана приводит в движение бесконечную ленту. Тонкий слой воды, удерживающийся на поверхности восходящей ветви ленты, увлекается вверх и на ведущем барабане под действием центробежной силы сбрасывается в приемный кожух водоподъемника. Движение жидкости вверх по ленте происходит вследствие трения жидкости о поверхность ленты и внутрижидкостного трения.

Рабочим органом ленточного водоподъемника является стандартный плоский прорезиненный ремень.

Экспериментальные и частью теоретические исследования действия ленточного водоподъемника были проведены В. Н. Машковым [3, 4] при участии автора данной статьи.

Ниже проводится попытка уточнить некоторые параметры, влияющие на производительность и гидравлический к. п. д. установки для подъема жидкости открытой лентой при турбулентном режиме движения жидкости.

Средняя абсолютная скорость движения жидкости, поднимаемой лентой, определяется разностью между скоростью движения ленты вверх и средней скоростью течения жидкости относительно ленты вниз:

$$U_{\text{ср}} = V - W_{\text{ср}}. \quad (1)$$

где $U_{\text{ср}}$ — средняя абсолютная скорость движения жидкости вверх;
 V — скорость движения ленты;

$W_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения жидкости вниз относительно ленты.

В результате опытов [4] была установлена аналогия между стеканием воды по вертикальной ленте и обычным плоским потоком. Поэтому, следуя А. П. Зегжде [2], можно написать

$$W_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{2gh}{\lambda}}; \quad (2)$$

здесь

g — ускорение силы тяжести;

h — толщина слоя воды на ленте;

λ — коэффициент сопротивления движению воды по ленте.

Подставляя (2) в выражение (1), получаем:

$$U_{\text{ср}} = V - \sqrt{\frac{2gh}{\lambda}}. \quad (3)$$

При ламинарном режиме абсолютная скорость движения поверхностного слоя потока на ленте равна нулю. В случае турбулентного режима эта скорость приобретает конечное значение, и окружающий воздух оказывает тормозящее действие на поток.

Уравнение (3) не учитывает влияния сопротивления окружающего воздуха на среднюю абсолютную скорость потока.

Производительность потока, поднимаемого лентой, равна произведению средней скорости потока на площадь его живого сечения:

$$Q = bh \left(V - \sqrt{\frac{2gh}{\lambda}} \right), \quad (4)$$

где Q — производительность потока;

b — периметр поперечного сечения ленты.

Результаты опытов свидетельствуют о том, что с увеличением скорости движения ленты толщина слоя воды на ленте любой шероховатости возрастает, стремясь к пределу, равному 2,5 мм [4].

Толщина слоя воды на движущейся вертикальной плоской ленте, по-видимому, определяется равновесием сил сцепления частиц жидкости и поверхностного натяжения с силами, возникающими от составляющих пульсационных скоростей, перпендикулярных свободной поверхности и стремящихся оторвать частицы от потока. Пульсационные скорости в потоке достигнут своей наибольшей величины тогда, когда скорости движения жидкости относительно ленты, возрастающие с увеличением толщины слоя воды на ленте, достигнут предела, при котором будет существовать турбулентный режим с полным проявлением шероховатости.

Опытные точки, нанесенные на график А. П. Зегжда [4], показывают, что режимы движения жидкости при экспериментах были в зоне гладкого русла и переходной зоне от гладкого к шероховатому. Поток с наибольшим проявлением шероховатости получается на ленте повышенной шероховатости, при этом скорость движения ленты достигает 7 м/сек, а толщина слоя воды на ленте близка к величине 2,5 мм.

На лентах с меньшей шероховатостью поверхности гидравлическое проявление шероховатости и указанная толщина потока наблюдаются при более высоких скоростях движения ленты.

Следовательно, в потоке с полным проявлением шероховатости толщина слоя воды на ленте постоянна и равна примерно 2,5 мм.

При турбулентном режиме в зоне полного проявления шероховатости и неизменной толщины потока на ленте (h) коэффициент сопротивления постоянный, значит уравнение (3) можно представить в виде прямой линии.

Уравнение (4) $Q = f(V)$ также является прямой линией с угловым коэффициентом bh . Из этого уравнения следует, что производительность потока при заданной скорости движения ленты можно изменять, увеличивая или уменьшая ширину ленты и ее шероховатость.

Так как зависимость производительности потока жидкости, поднимаемого лентой, остается прямолинейной во всей зоне турбулентного движения воды относительно ленты, то это дает возможность построить рабочую характеристику водоподъемника $Q = f(V)^*$ по формуле (4), задаваясь значениями h , λ , b , V . По опытным данным [4] для приближенных расчетов надо брать величину $h = 2,14$ мм. При этом значение коэффициента сопротивления (λ) можно принимать по графику А. П. Зегжды в квадратичной зоне сопротивления в зависимости от эквивалентной относительной шероховатости.

Н. Е. Жуковский [1] вывел формулу гидравлического к. п. д. при подъеме воды движущимся вертикальным открытым шнуром, применимую в данном случае:

$$\eta_r = \frac{U_{cp}}{V}.$$

Заменяя в последней формуле значение U_{cp} , из уравнения (3) получаем:

$$\eta_r = 1 - \frac{1}{V} \sqrt{\frac{2gh}{\lambda}}.$$

Если пренебречь трением потока о воздух, то с увеличением скорости движения ленты гидравлический к. п. д. подъема жидкости стремится к пределу, равному единице. При заданной скорости ленты с увеличением шероховатости поверхности ленты гидравлический к. п. д. увеличивается, что совпадает с данными опытов [4]. Эксперименты показывают, что с увеличением скорости движения ленты гидравлический к. п. д. для лент различных шероховатостей стремится к одному и тому же пределу, приблизительно равному 0,8. Снижение предела гидравлического к. п. д. объясняется влиянием на поток сопротивления воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуковский Н. Е. Полное собрание сочинений, т. 3, М.—Л., Госиздат, 1949.
2. Зегжда А. П. Гидравлические потери на трение в каналах и трубопроводах, Л., 1957.
3. Машков В. Н. Некоторые вопросы теории и экспериментальные исследования работы ленточных водоподъемников, Труды САНИИРИ, № 94, Ташкент, 1958.
4. Машков В. Н. Влияние шероховатости поверхности ленты на работу ленточного водоподъемника, Труды САНИИРИ, № 100, Ташкент, 1960.

* Производительность водоподъемника меньше подачи жидкости лентой на величину потерь через неплотности в приемном кожухе и потерь стекания жидкости по холостой ветви ленты.

Н. Н. ОМЕЛИН

О ПОДБОРЕ ПОГРУЖНЫХ И АРТЕЗИАНСКИХ НАСОСОВ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Скважины на воду очень различаются как по конструкции, так и по параметрам, что требует различных параметров водоподъемного оборудования.

Для условий вертикального дренажа необходимо оборудование большой производительности и малых напоров. Этим требованиям отвечают главным образом установки водоструйные, эрлифтные, с артезианскими и погружными насосами.

Эрлифтные и водоструйные установки ввиду малого к. п. д. невыгодно использовать для стационарной работы на скважинах вертикального дренажа. Поэтому для вертикального дренажа применяются преимущественно погружные и артезианские насосы, причем на первом этапе внедрения при отсутствии линий электропередач используются насосные установки с артезианскими, а на втором — с погружными насосами. Объясняется это тем, что в настоящее время встречается небольшое количество типоразмеров артезианских насосов. В некоторых случаях при эксплуатации артезианских насосов для изменения параметров, возможны вариации их оборотов. Погружных насосов на соответствующие параметры наша промышленность пока почти не выпускает.

К насосным установкам вертикального дренажа предъявляются следующие требования:

- 1) простота конструкции;
- 2) надежность в работе;
- 3) большая производительность (50—200 л/сек) при сравнительно небольших высотах подъема воды (до 25 м);
- 4) возможность работы оборудования при выносе грунта (до 2%);
- 5) минимальное количество разновидностей установок;
- 6) максимальная автоматизация работы.

До последнего времени методы подбора оборудования для скважин вертикального дренажа были разработаны недостаточно, несмотря на их большое практическое значение.

Насосы для скважин можно подбирать аналогично существующим методам подбора горизонтальных насосов для мелиоративных, водопроводных и канализационных насосных станций. Подбор насосов для скважин вертикального дренажа можно производить аналитически и графоаналитически.

Для расчетов аналитическим методом составляется уравнение характеристики системы, которое решается с уравнениями напорных характеристик выбираемых насосов. Такой метод сложен, громоздок и поэтому не может найти широкого распространения. Кроме того, с помощью этого метода трудно дать анализ работы оборудования в различных режимах. Нагляднее и проще подбор насосов по параметрам скважин производить графоаналитически: значительно облегчается анализ режимов работы насосов и упрощается оценка эффективности их работы.

Для подбора насосов графоаналитическим методом требуются следующие данные: характеристика скважины, водоподъемных труб и поверхностного трубопровода, рабочие характеристики насосов.

Характеристику скважин можно выразить в виде кривой $H_d = f(Q)$, физический смысл которой — изменение потерь напора в системе скважины (в грунте, окружающем скважину, фильтре и обсадной трубе) при изменении количества (дебита) воды, откачиваемой в единицу времени.

Закон сопротивления запишется так:

$$I = Av + Bv^2,$$

где I — градиент давления;

v — скорость фильтрации;

A, B — эмпирические коэффициенты, зависящие от состояния грунта (размеров, формы трещин и пор).

От скоростей фильтрации легко перейти к расходам воды.

Характеристика скважины строится с учетом результатов строительных откачек, производимых при строительстве скважин, или откачек, специально организованных для этой цели. Чтобы получить характеристики скважин при возможно больших производительностях, необходимо для их раскачек применять воспроизводительное водоподъемное оборудование. Во время откачек замеряется понижение уровня воды в скважине при различных производительностях

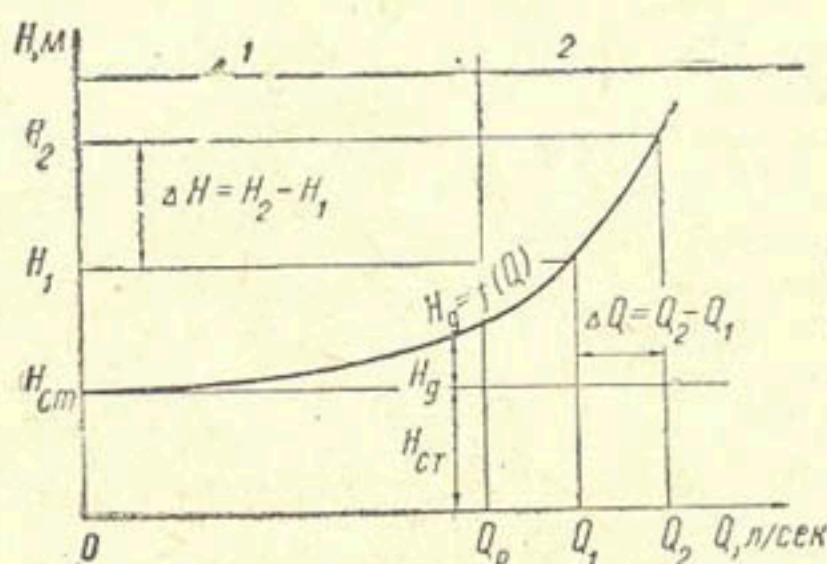


Рис. 1. Характеристика скважины на воду.

и по полученным замерам строится характеристика скважины (рис. 1).

На рис. 1 можно выделить почти прямолинейный участок и участок значительной кривизны. Нормальная эксплуатация насосного оборудования должна протекать в режимах, соответствующих прямолинейному участку характеристики скважины вблизи участка значительной кривизны. Работа оборудования в режимах, соответствующих криволинейному участку, мало экономична, так как при небольшом увеличении дебита скважины ΔQ происходит значительное понижение динамического уровня ΔH . Кроме того, скважина работает с большим „напряжением“ ввиду повышения скоростей фильтрации, а следовательно, большого выноса мелких частиц породы, окружающей фильтр скважины. По кривой $H_d = f(Q)$ оптимальный дебит скважины и соответствующая ему величина понижения динамического уровня H_d определяются, если отсутствуют другие условия, ограничивающие

водоотдачу скважины. По величине $H_{ст} + H_d$, взятой при заданной производительности, уточняется длина водоподъемных труб (заглубление насосов) с запасом в 2—5 м, т. е.

$$H_3 = (H_{ст} + H_d) + (2 \div 5), \text{ м.} \quad (2)$$

Необходимо отметить, что характеристика скважины в значительной степени зависит от конструкции и размеров фильтра. Опыты,

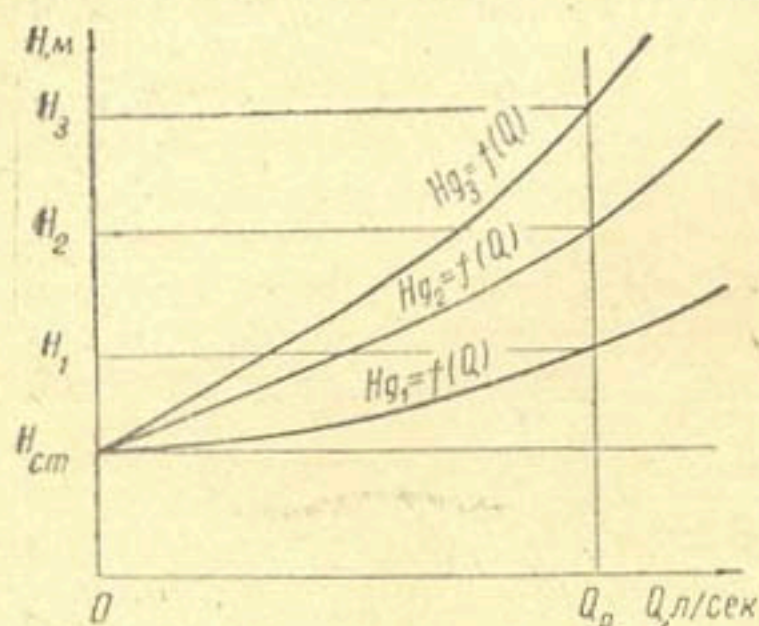


Рис. 2. Характеристика скважины при различных конструкциях их фильтров.

проводимые на скважинах вертикального дренажа, показали, что в одинаковых условиях при одной и той же технологии изготовления скважины с различными фильтрами имели разные характеристики (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что в одинаковых условиях при откачке одного и того же количества воды требуются различные мощности водоподъемного оборудования, так как последнее имеет различные высоты подъема H_1 , H_2 и H_3 . Лучшая характеристика скважины — наиболее пологая. Такая характеристика бывает у скважин с мощными гравийно-галечниковыми фильтрами.

Рабочие характеристики водоподъемного оборудования. Рабочие характеристики погружных и артезианских насосов можно выразить в виде графических зависимостей $H—Q$, $N—Q$ и $\eta—Q$, полученных в результате стендовых испытаний. Эти характеристики приведены в каталогах и инструкциях по эксплуатации насосов. При подборе насосного оборудования для скважин следует рассматривать только такие параметры насосов, которые удовлетворяют следующим требованиям:

1) номинальная производительность насоса приблизительно равна оптимальному дебиту скважины;

2) номинальный напор насоса несколько больше геометрической высоты подъема:

$$H > H_{ст} + H_d,$$

3) минимальный зазор между габаритным размером насоса и обсадными трубами скважин должен быть не менее 25—30 мм;

4) насосная установка проста в эксплуатации, ремонте и легко автоматизируется.

Характеристику водоподъемных труб можно выразить в виде кривой $\sum h_w = f_1(Q)$, физический смысл которой — зависимость между расходом и потерями напора на участке между насосом и упорной станиной (рис. 5). Как правило, рабочие характеристики глубинных насосов в каталогах и инструкциях даются без учета потерь напора в водоподъемных трубах. Это приводит к тому, что при подборе насосов по параметрам скважин потери напора в водоподъемных трубах либо совсем не учитываются, либо учитываются как в обычных трубах.

По данным некоторых научно-исследовательских и проектных организаций потери напора достигают больших величин. Они зависят не только от скорости движения воды (производительности насоса) и длины водоподъемных труб, но и от количества различных устройств

и их конструкции, качества изготовления деталей проточной части, от скорости вращения открытых приводных валов и т. д.

Опытные данные по потерям напора в водоподъемных трубах насосов 12НА, АТН-14-1, ВП-24×5 и 20А-18×1 приведены в табл. 1. Из табл. 1 видно, что потери напора у насосов большой производительности (20А-18×1) при оптимальной производительности достигают

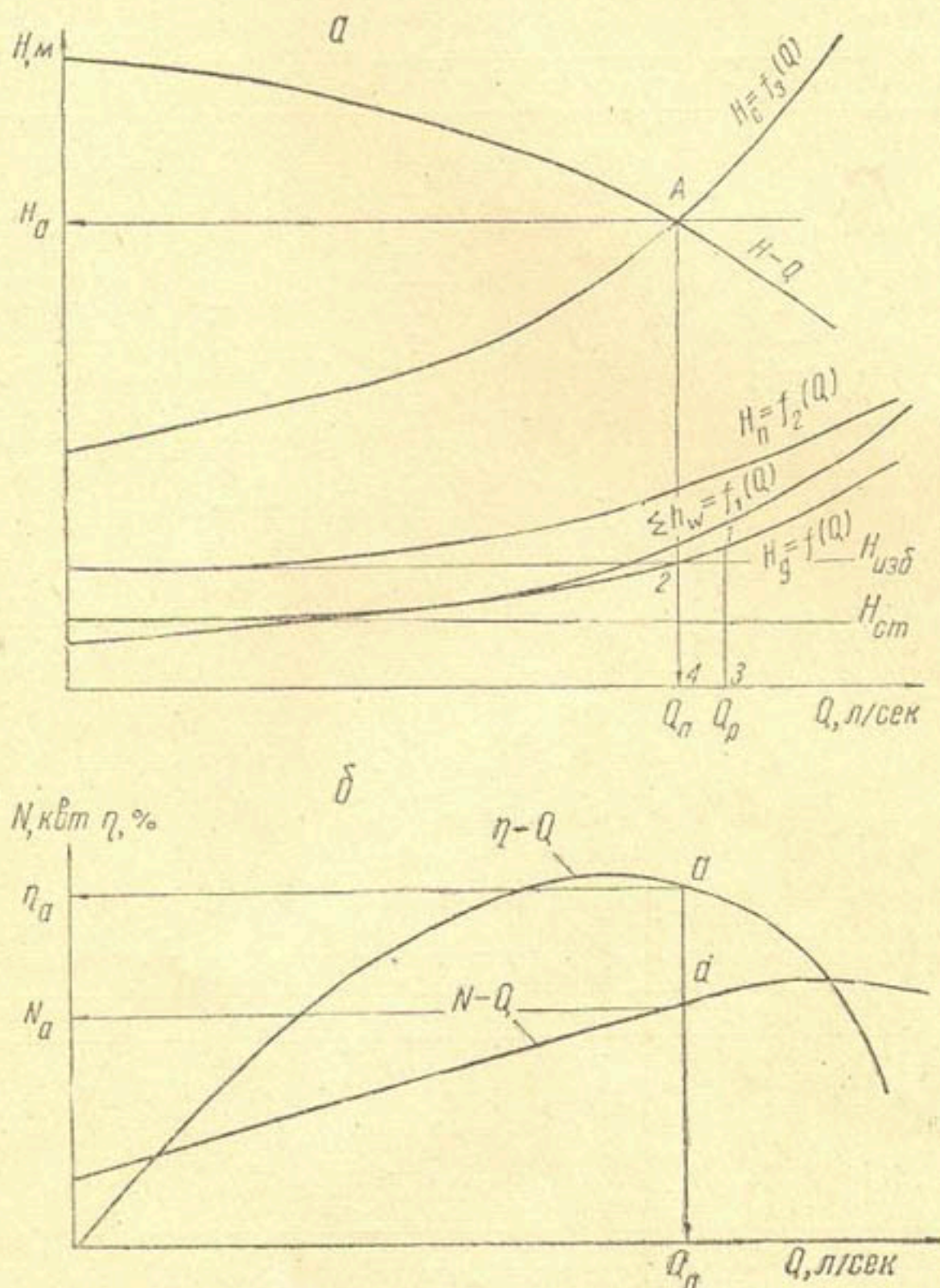


Рис. 3. Определение рабочих параметров насоса при его установке на данной скважине.

30% от всего напора. В связи с тем, что потери напора в водоподъемных трубах на участке от насоса до головки насоса (см. рис. 5) обычно в инструкциях не приводятся, а судить о них по скорости движения воды нельзя (табл. 2), приходится их определять опытным путем. Для этого при различных производительностях насоса измеряется перепад давлений в двух сечениях трубопровода. Расстояния между сечениями берутся от 7 до 15 м на однотипных звеньях так, чтобы они соответствовали кратному числу звеньев. Полученные данные пересчитываются на полную длину трубопровода, для которого строится кривая потерь напора. Характер кривой у по-

грузных насосов такой же, как и у артезианских, но величина потерь напора у погружных насосов намного меньше.

Таблица 1

Потери напора, *м вод. ст.*, в водоподъемных трубах артезианских насосов (при длине труб 17—20 *м*)

Подача воды насосом, л/сек	Марки насосов				Потери напора в обычных трубах
	12НА	АТН14-1	ВП-24×5	20А18×1	
10	4,2	5,4	—	3,4	0,023/0,007
20	5,3	6,4	—	3,5	0,081/0,025
30	6,4	7,5	—	3,6	0,177/0,053
40	7,5	8,6	—	3,7	0,296/0,088
50	8,9	10,0	—	3,9	0,464/0,133
60	—	11,5	—	4,1	0,668/0,186
70	—	13,7	0,6	4,3	0,908/0,254
80	—	15,9	0,9	4,6	1,186/0,33
90	—	18,2	1,3	5,0	1,502/0,418
100	—	21,0	1,8	5,4	—/0,516
110	—	—	2,3	6,0	—/0,624
120	—	—	3,2	6,5	—/0,744
130	—	—	4,4	7,3	—/0,872
140	—	—	5,8	8,4	—/1,012
150	—	—	7,2	10,0	—/1,162
Диаметр водоподъемных труб, мм	200	225	300	300	200/250

Таблица 2

Скорость движения воды, *м/сек*, в трансмиссиях артезианских насосов

Производительность насоса, л/сек	12НА		ВП-24×5		АТН-14-1			20А-18			ВП-16		
	между трубой и кожухом	в крестовине	между трубой и кожухом	в крестовине	между трубой и валом	в крестовине	по муфте вала	между трубой и валом	в крестовине	по муфте вала	между трубой и валом	в крестовине	по муфте вала
30	1,1	1,25	0,45	0,55	0,8	1,1	0,85	0,5	0,9	0,65	0,5	0,6	0,5
40	1,5	1,65	0,6	0,75	1,0	1,45	1,1	0,6	1,2	0,7	0,7	0,8	0,7
50	1,85	2,1	0,75	0,90	1,3	1,8	1,4	0,7	1,5	0,85	0,85	1,0	0,9
60	2,2	2,5	0,9	1,1	1,6	2,2	1,7	0,9	1,8	1,0	1,0	1,2	1,05
80	3,0	3,3	1,2	1,5	2,1	2,9	2,2	1,2	2,4	1,35	1,35	1,65	1,4
100	—	—	1,5	1,80	2,6	3,7	2,8	1,5	3,0	1,7	1,7	2,05	1,75
120	—	—	1,8	2,2	3,1	4,4	3,3	1,9	3,6	2,0	2,05	2,45	2,1
140	—	—	2,1	2,6	3,7	5,1	3,9	2,2	4,2	2,4	2,4	2,9	2,5
160	—	—	2,4	3,0	—	—	—	2,5	4,8	2,7	2,7	3,3	2,8
180	—	—	2,7	3,3	—	—	—	2,8	5,4	3,0	3,1	3,7	3,2
200	—	—	3,0	3,7	—	—	—	3,1	6,0	3,4	3,4	4,1	3,5

Длина водоподъемных труб выбирается по характеристике скважины. Если известны потери напора на единицу длины водоподъемных труб в зависимости от производительности и общая длина их, то можно построить кривую потерь напора для этих труб.

П. В. Лобачев [1] рекомендует определять потери напора в водоподъемных трубах артезианских насосов по формуле

$$\sum h_w = nSQ^2, \quad (4)$$

где $\sum h_w$ — потери напора в водоподъемных трубах, м;

n — число секций напорного трубопровода;

S — коэффициент сопротивления одной секции;

Q — производительность насоса, м³/час.

Для насоса 12НА предлагается формула

$$\sum h_w = 0,00016nQ^2. \quad (5)$$

Опытами установлено, что у артезианских насосов с открытыми и закрытыми трансмиссионными валами имеются потери напора при нулевой подаче (закрытая задвижка). Поэтому структура формулы будет несколько иной.

На основании данных, полученных при испытаниях насосов 12НА на скважинах вертикального дренажа в Каганском районе Бухарской области, была выведена формула для определения потерь напора в водоподъемных трубах —

$$\sum h_w = 1,2n + 0,027nQ^{1,6}. \quad (6)$$

Эта формула проверена для случая, когда длина водоподъемных труб — до 20 м, производительность насоса — от 20 до 55 л/сек (~200 м³/час).

Необходимо, чтобы все насосостроительные заводы при выпуске насосов определяли потери напора в водоподъемных трубах и указывали их в паспортах насосов или инструкциях по монтажу и эксплуатации в виде графиков или таблиц.

По данным П. В. Лобачева, для всех типов погружных насосов потери напора в водоподъемных трубах зависят от расхода и диаметра труб и приближенно равны:

Диаметр напорного трубопровода, мм	50	75	100	125	150
Коэффициент сопротивления на 10 м напорного трубопровода	0,01	0,0015	0,00025	0,000075	0,000028

Подобные данные могут быть приведены и для труб большего диаметра.

Потери напора для погружных насосов проще всего определять по таблицам для гидравлического расчета [5].

Характеристику поверхностного трубопровода можно выразить в виде кривой (см. рис. 3)

$$H_n = H_{изб} + kQ^2; \quad (7)$$

здесь H_n — напор в поверхностном трубопроводе, м;

$H_{изб}$ — избыточный напор в поверхностном трубопроводе, м;

kQ^2 — величина напора, необходимая для преодоления потерь напора при соответствующей подаче.

Физический смысл этой кривой — зависимость между производительностью и напором в трубопроводе.

Учитывая качество откачиваемой воды, ее можно либо использовать на полив, либо сбрасывать с мелиорируемого участка.

- Полив может осуществляться:
- а) из закрытых трубопроводов;
 - б) из лотков;
 - в) по бороздам.

При поливе из закрытых трубопроводов (случай а) наблюдаются как потери в трубопроводе (kQ^2), так и избыточный напор ($H_{изб}$), необходимый для создания свободного напора.

При поливе из лотков, возможно, придется пользоваться только избыточными напорами ($H_{изб}$) (случай б), потерями напора по длине можно пренебречь, так как длина трубопровода будет меньше 10 м, и это допущение почти не скажется на результатах расчета.

При поливе по бороздам необходимо учитывать напор на преодоление потерь по длине трубопровода (kQ^2).

Если вода имеет большую минерализацию, то ее отводят за пределы участка. Сброс воды может осуществляться по специальному трубопроводу (случай а). При сбросе воды в имеющийся поблизости коллектор придется пользоваться лотками.

Таким образом, все данные, необходимые для подбора насосов по параметрам скважин, имеются, и теперь можно приступить к выбору водоподъемного оборудования.

Графоаналитический метод подбора насосов по параметрам скважин. Подбор насосов по параметрам скважин выполняется так. В координатах $H-Q$ (см. рис. 3) строится характеристика скважин $H_d = f(Q)$. Затем по заданному расходу воды Q_p на характеристике скважины находят геометрическую высоту подъема воды $H_{ст} + H_d$, определяют необходимое заглубление насоса и длину водоподъемных труб. Для данной длины водоподъемных труб рассчитывается, а затем и строится их характеристика $\sum h_w = f_1(Q)$. Далее строится характеристика поверхностного трубопровода $H_n = f_2(Q)$.

Все построенные кривые $H_d = f(Q)$, $\sum h_w = f_1(Q)$ и $H_n = f_2(Q)$ геометрически складываются, и получается суммарная характеристика системы скважина — насос — сеть в виде кривой $H_c = f_3(Q)$. Эта кривая выражает напор, необходимый для преодоления всех сопротивлений в системе и для создания нужного избыточного напора.

В этих же координатах наносят напорную характеристику насоса $H-Q$. Кривые мощности и к. п. д. насоса в зависимости от производительности для удобства пользования строятся ниже оси абсцисс, при этом сохраняется масштаб производительности.

Пересечение напорной характеристики насоса с характеристикой системы (точка А, рис. 3) дает рабочие параметры насоса при его работе на данной скважине с максимальной производительностью. Рассматриваемый насос на данной скважине будет подавать Q_a , л/сек при напоре H_a , м, затрачиваемой мощности N_a и к. п. д. η_a .

В связи с тем, что указанные параметры почти всегда отличаются от заданных ($Q_p \neq Q_a$), требуется подобрать (либо увеличить, либо уменьшить) длину водоподъемных труб насоса. В случае, указанном на рис. 3, длина водоподъемных труб l_{1-3} оказалась больше необходимой длины l_{2-4} . Поэтому имеется возможность скорректировать эту величину и принять несколько большей l_{2-4} , но меньшей l_{1-3} , т. е. искомая длина водоподъемных труб l составит

$$l_{1-3} > l > l_{2-4}. \quad (8)$$

Для уточнения длины водоподъемных труб строят их характеристику, после чего производят повторные построения по определению рабочих параметров насоса. В результате устанавливают, что производительность насоса несколько возрастает.

В случае, если заглубление насоса недостаточно, длина водоподъемных труб увеличивается и все построения производятся в таком же порядке, как было указано выше.

Когда для данной скважины можно применить несколько насосов, то подобные построения делаются для каждого насоса в отдельности,

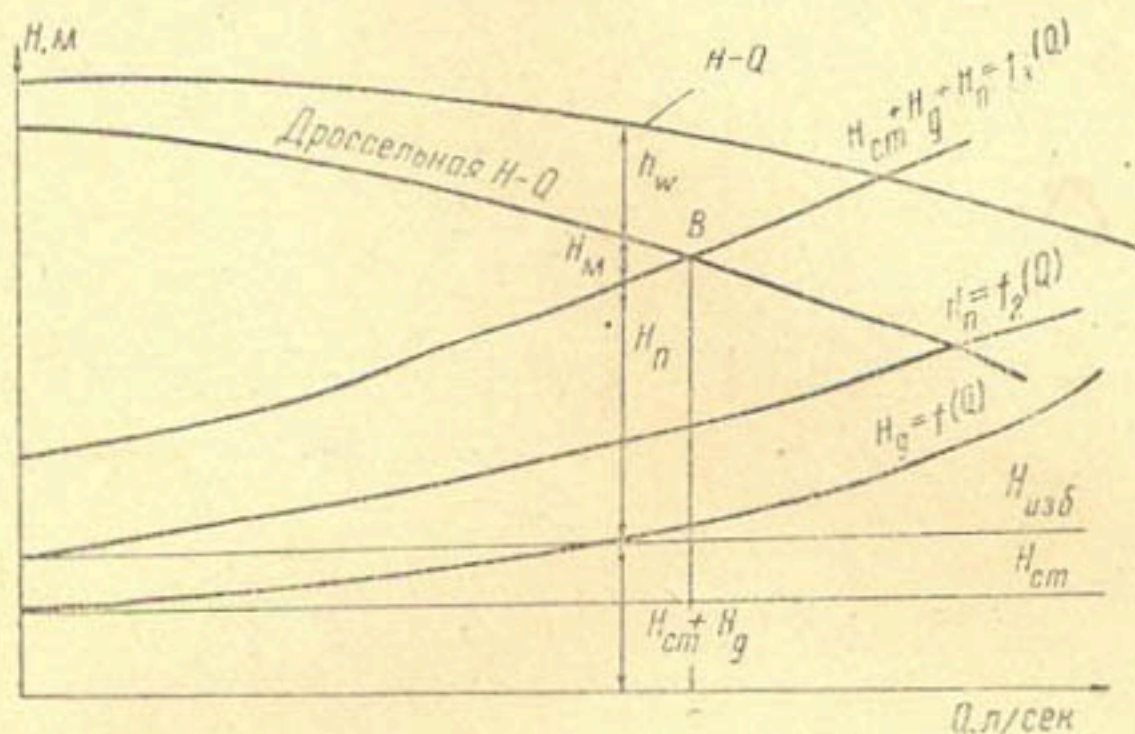


Рис. 4. Определение рабочих параметров насоса.

чтобы не затруднять чтения и анализа построений. В результате анализа построенных графиков рекомендуется принимать к установке в скважину тот насос, который имеет наивысший к. п. д. и производительность, равную или близкую к заданной.

Если при этом останавливаются на погружном насосе, то данный погружной насос принимается для установки на скважину. Когда же выбор падает на артезианский насос, то сравнения необходимо продолжать. Это объясняется тем, что рабочие характеристики артезианских насосов приводятся без учета потерь напора и мощности в водоподъемных трубах, что вызывает неправильное толкование параметров артезианских насосов при установке их на скважины.

Рассмотрим влияние каждого фактора в отдельности на рабочие характеристики насосной установки.

1. Напор насоса. При определении рабочих параметров насосов для данной скважины строили кривые, характеризующие распределение напоров по элементам насосной установки, т. е. балансы напоров насосных установок. Если же при построении балансов напоров (см. рис. 3) потери напора в водоподъемных трубах не складывать с характеристиками скважины и поверхностного трубопровода, а вычитать из напорной характеристики насоса, то получается как бы характеристика такого насоса, у которого отсутствуют потери в водоподъемных трубах (рис. 4). П. В. Лобачев [1] называет эту характеристику дроссельной характеристикой насоса. Дроссельную и другие характеристики насоса можно получить при испытании действующей установки, если производить измерения по схеме, указанной на рис. 5.

После подключения измерительных приборов к насосной установке и их опробования приступают к испытанию насосной установки, предварительно определив положение статического уровня. Статический

уровень измеряется не раньше, чем через два часа после остановки насоса. Затем, если позволяет насос, его пускают при закрытой задвижке и делают первые замеры (снимаются показания тахометра, ваттметра, манометра и уровнемера). Потом приоткрывается задвижка

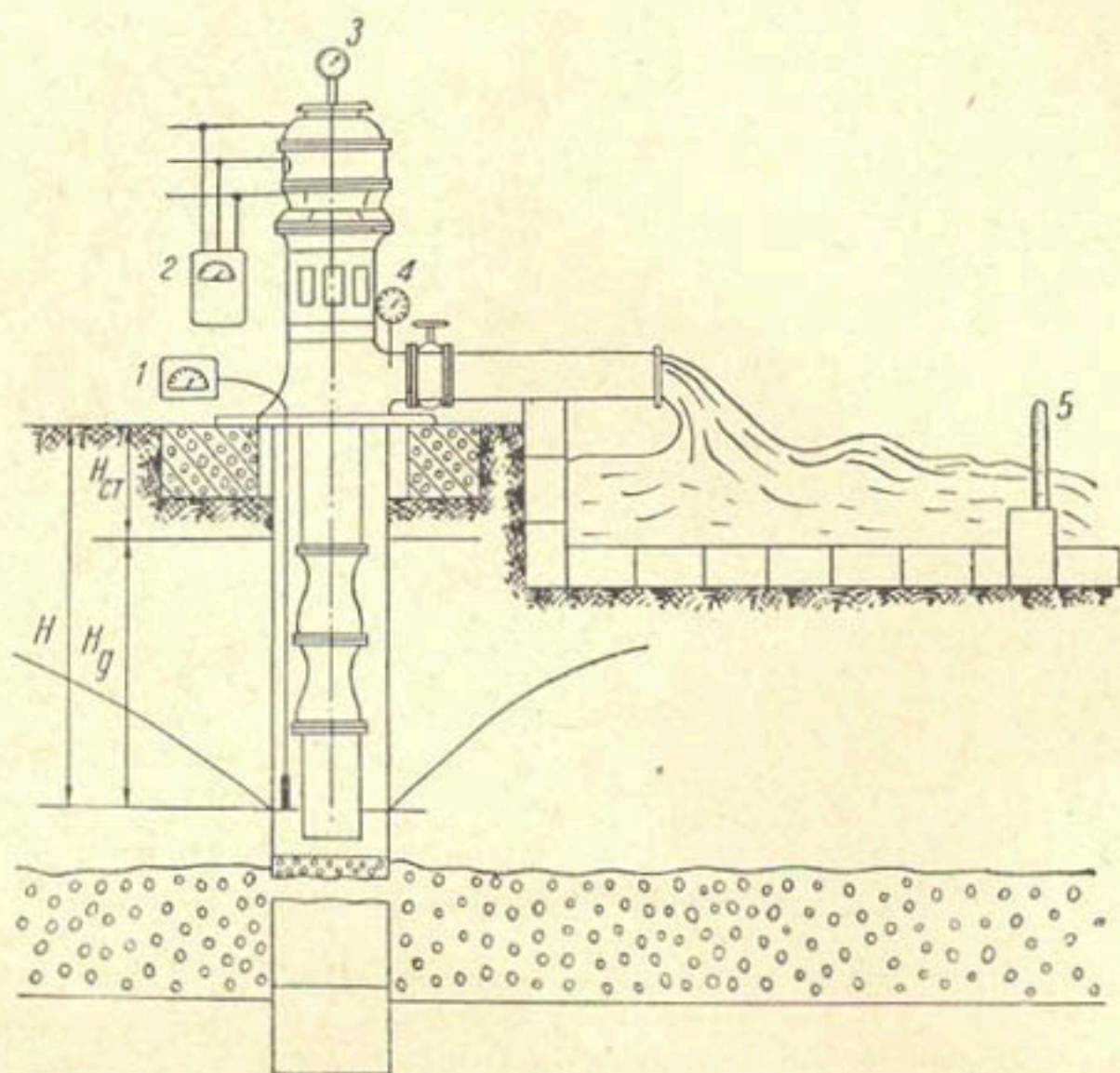


Рис. 5. Схема подключения измерительных приборов при испытаниях насосных установок.

с таким расчетом, чтобы до полного ее открытия сделать не менее 8—10 замеров. Спустя 15—20 мин. после первого открытия задвижки делается следующий замер в такой последовательности: сначала снимаются показания тахометра и ваттметра, затем манометра, расходомера и уровнемера.

Выдержка времени между открытием задвижки и замерами (не менее 15 мин.) необходима для стабилизации режима работы насосной установки и скважины.

В такой же последовательности производятся следующие замеры (до полного открытия задвижки на напорной линии, если нет ограничения по дебиту скважины).

Затем замеры выполняются при закрытии задвижки, т. е. при уменьшении производительности насосной установки. Каждый замер производится не ранее чем через 15 мин. после изменения положения задвижки. Порядок замеров тот же, что и при закрытии задвижки.

Необходимо отметить, что измерения динамического уровня, производимые при закрытии и открытии задвижки, дадут разные значения. Эти расхождения наблюдаются ввиду того, что в первом случае насосная установка не успевает полностью сработать статические запасы воды у скважин, а во втором приток воды к скважине идет на пополнение статических запасов и на подачу насосной установкой.

В результате отклонения, наблюдаемые при построении характеристики скважины, компенсируются (разница в замерах не превышает 1 м).

При установке на скважину насоса, не допускающего пуска с закрытой задвижкой, опыты начинают проводить с открытой задвижкой. Первый замер производится после непрерывной работы установки в течение длительного времени (до 2 час.). Последним замером считается тот, при котором электродвигатель работает с предельно допустимой нагрузкой, определяемой по ваттметру (при отсутствии ограничений по дебиту скважины). Данные, полученные в результате испытаний, позволяют построить следующие зависимости:

- а) характеристику скважины;
- б) кривую напоров у выходного патрубка головки насоса;
- в) суммарную кривую напоров (см. рис. 4).

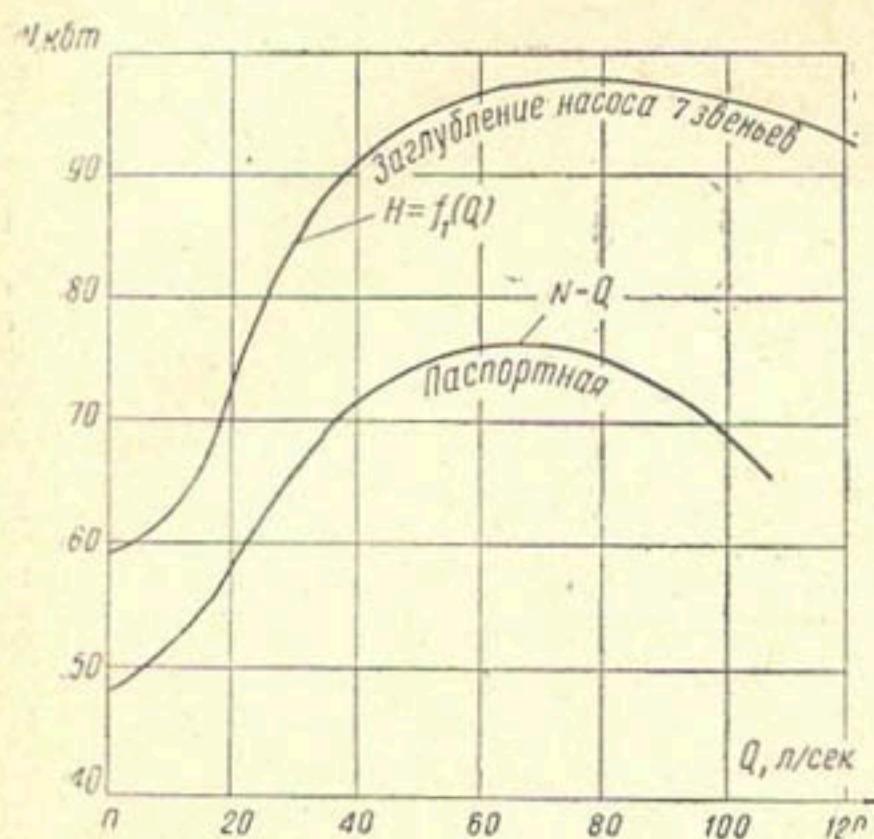


Рис. 6. Различие паспортной и действительной характеристик мощности у насосов АТН-14-1-6.

Суммарная кривая является дроссельной характеристикой насоса, так как она отличается от паспортной на величину потерь в водоподъемных трубах. В зависимости от длины водоподъемных труб дроссельная кривая будет отличаться от паспортной на большую или меньшую величину;

г) характеристику водоподъемных труб (потери напора в водоподъемных трубах) как разность между паспортной и дроссельной характеристиками насоса. Это возможно лишь в тех случаях, когда напорная характеристика насоса соответствует его паспортной характеристике;

д) мощностную характеристику насоса.

Исследования работы глубинных насосов показали, что:

1) потери напора в водоподъемных трубах значительно искажают характеристику насоса; при построениях вместо паспортной кривой $H-Q$ приходится либо пользоваться дроссельной кривой, либо учитывать потери напора в водоподъемных трубах;

2) потери напора в водоподъемных трубах значительно снижают общий к. п. д. установки; чем больше эти потери, тем меньше к. п. д. установки.

II. Мощность насоса. Мощностные характеристики насоса, приведенные в паспорте $N-Q$ и полученные в результате производственных испытаний $N=f_1(Q)$, не совпадают. Это объясняется тем, что в первом случае насос испытывается без водоподъемных труб, а во втором — с водоподъемными. В водоподъемных трубах проходят трансмиссионные валы, которые во время работы насоса трутся в подшипниках, вовлекая во вращение жидкость и т. д., на что расходуется дополнительная мощность. Чем длиннее колонна водоподъемных труб, тем больше разнятся паспортные и действительные мощностные характеристики. В качестве примера на рис. 6 приведены

паспортная и действительная мощностные характеристики насоса АТН-14-1-6. Из рис. 6 следует, что они значительно отличаются друг от друга. Для этого насоса правильнее было бы применить электродвигатель мощностью не менее 100 *квт*. То же самое можно сказать и о других артезианских насосах.

Таким образом, водоподъемные трубы увеличивают мощность, потребляемую электродвигателем, и снижают к. п. д. насосной установки.

III. Коэффициент полезного действия. При сравнении данных заводских испытаний глубинных насосов (без водоподъемных труб) с производственными испытаниями (с водоподъемными трубами) можно видеть значительную разницу в зависимости к. п. д. от производительности, т. е. $\eta - Q$ и $\eta = f_2(Q)$.

Если к. п. д. насоса определяется по известной формуле

$$\eta = \frac{\gamma Q H}{\eta_{\text{эдв}} \cdot N_{\text{эдв}}} \quad (9)$$

то к. п. д. установки, работающей на излив с этим же насосом на скважине, необходимо подсчитывать по уравнению

$$\eta_y = \frac{\gamma Q (H - \Sigma h_w)}{N_{\text{эдв}_2}} \quad (10)$$

Сравнение значений к. п. д. насоса и установки показывает, что к. п. д. насоса больше, чем установки по следующим причинам:

- а) полезная работа насосной установки меньше полезной работы насоса на величину потерь в водоподъемных трубах;
- б) мощность на валу насоса меньше мощности, потребляемой электродвигателем на величину к. п. д. электродвигателя;
- в) мощности, развиваемые электродвигателем при наличии и отсутствии водоподъемных труб, значительно разнятся:

$$N_{\text{эдв}_2} > N_{\text{эдв}_1}.$$

Анализ формулы (10) позволяет наметить следующие пути увеличения к. п. д. насосной установки с артезианским насосом:

- 1) уменьшение потерь напора в водоподъемных трубах;
- 2) применение электродвигателей с высоким к. п. д.;
- 3) уменьшение механических потерь мощности в водоподъемных трубах.

Формула для к. п. д. насосной установки с погружным насосом имеет тот же вид, что и формула (10).

Однако потери напора в водоподъемных трубах погружного насоса малы, и поэтому к. п. д. установки понижается незначительно. На к. п. д. установки с погружным насосом основное влияние оказывает низкий к. п. д. погружного электродвигателя.

Сравнение к. п. д. установок с погружными и артезианскими насосами. Балансы напоров, полученные при подборе насосов по параметрам скважин, могут быть легко перестроены на балансы мощности для выбранных установок.

Для этого путем умножения ординат H на производительность Q получаются значения мощности. Кроме того, используются паспортные значения мощности. Эти построения выполняются в координатах $N - Q$ (рис. 7).

Анализируя балансы мощности, можно видеть, что:

1) величина полезно затраченной мощности у погружных насосов значительно выше, чем у артезианских. Это объясняется тем, что потери напора в водоподъемных трубах в обоих случаях вычитаются из полного напора насоса;

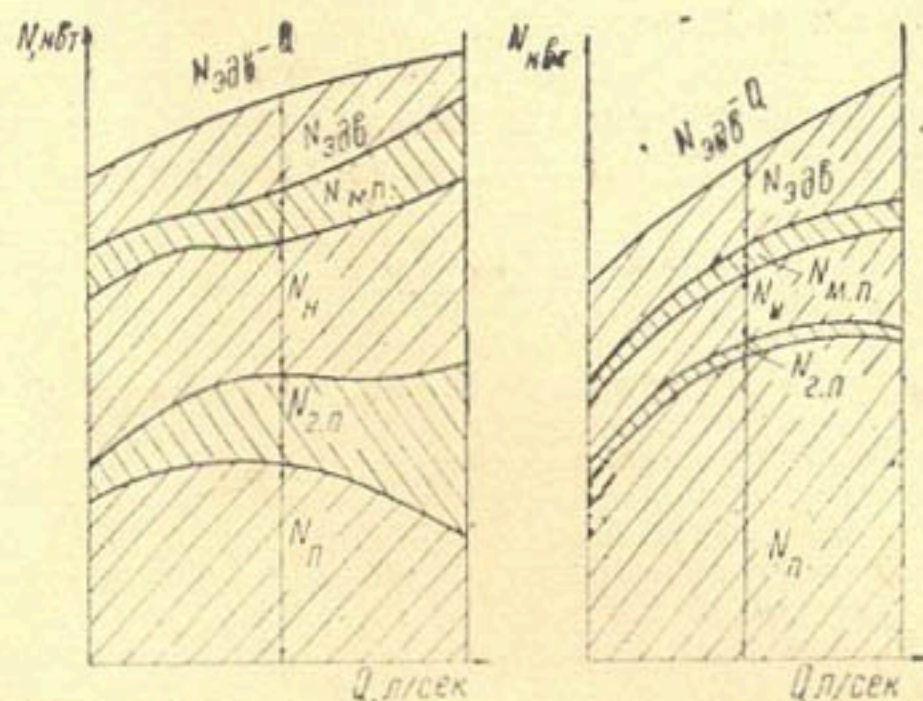


Рис. 7. Примерный баланс мощностей для артезианского (а) и погружного насосов (б).

2) к. п. д. установок с погружными насосами во всем рабочем диапазоне выше, чем у артезианских;

3) оптимальный к. п. д. погружного насоса почти совпадает с оптимальным к. п. д. установки с этим же насосом (см. рис. 8);

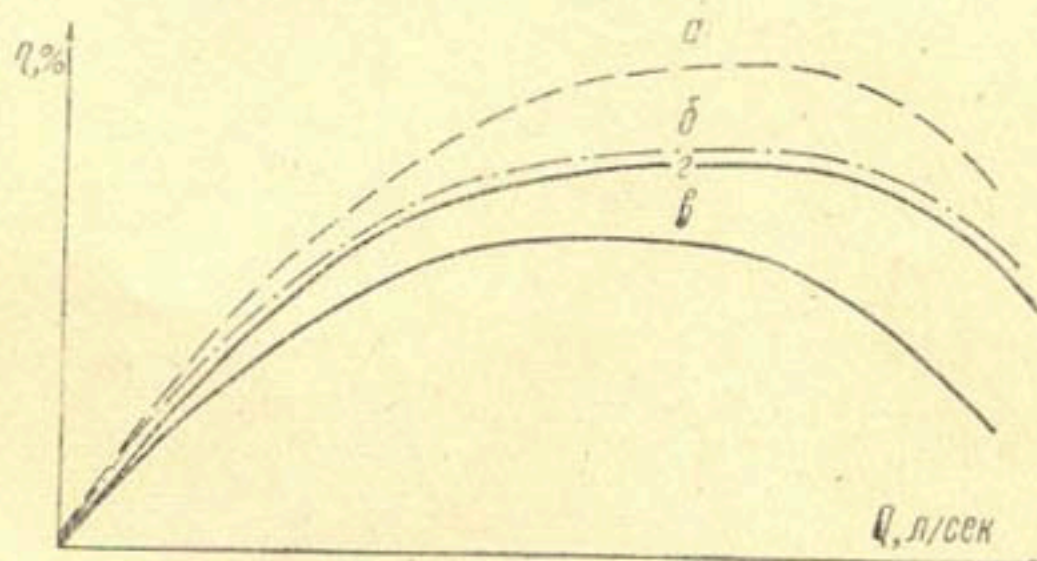


Рис. 8. Зависимости к. п. д. от производительности артезианского (а), погружного (б) насосов установки с артезианским (в) и погружным (г) насосами.

4) оптимальный к. п. д. артезианского насоса не совпадает с оптимальным к. п. д. установки с этим же насосом (см. рис. 8), причем оптимальный к. п. д. установки смещается в сторону низших расходов.

После сравнения установок с артезианскими насосами по их к. п. д. делается окончательный выбор насосной установки для данной скважины.

Таким образом, подбор насосного оборудования по параметрам скважины выполняется в такой последовательности:

1) ориентировочный выбор насосов для данной скважины;

2) графоаналитические построения для определения режимов работы насосов на данной скважине;

- 3) выбор погружного насоса для этой скважины;
- 4) построения балансов мощности и к. п. д. в зависимости от производительности установок;
- 5) окончательный выбор насосной установки для данной скважины. При окончательном выборе, как правило, основное внимание уделяется к. п. д. установки. Однако в некоторых случаях выбор может производиться по максимальной производительности насосной установки. Это особенно касается районов, мало обеспеченных поверхностными водами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробков Л. Н., Гаврилко В. М., Лобачев П. В., Шестаков В. М. Водопонижение в гидротехническом строительстве, Госиздат по строительству и архитектуре, М., 1960.
 2. Лопастные насосы (центробежные и осевые), Терминология и буквенные обозначения, М., АН СССР, 1961.
 3. Омелин Н. Н. Насосные установки вертикального дренажа, Труды САННИРИ, вып. 94, Ташкент, 1958.
 4. Омелин Н. Н. Стендовые испытания глубинных насосов, Труды САННИРИ, вып. 102, Ташкент, 1959.
 5. Шевелев Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных и асбестоцементных водопроводных труб, М., 1956.
-

Г. М. БЕЛИНСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕЛЕМЕХАНИЗИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ БУРОВЫХ СКВАЖИН НА ВОДУ

В Прикопетдагских районах Туркмении распространено орошение подземными водами. До 1954 г. основным методом подачи воды на поверхность являлся кяризный. В дальнейшем все более широкий размах начало приобретать строительство и эксплуатация буровых скважин на воду, оборудованных глубинными и погружными насосами. Так, в настоящее время на территории ТуркмССР действует несколько сот скважин с общим расходом воды 4000 л/сек. Однако стоимость 1 м³ воды, поданной на поверхность, довольно высока — в среднем 1,7 коп., а технология эксплуатации оставляет желать много лучшего.

Исследования вопросов автоматизации и телемеханизации буровых скважин на воду проводились нами с 1957 г. Изучались методы и структура существующей эксплуатации, разрабатывались требования к устройствам автоматики и телемеханики, а затем на базе этих требований был дан анализ некоторых существующих конструкций.

Ввиду разбросанности скважин на большой территории из перечня рассматриваемых устройств пришлось исключить аппаратуру, предназначенную для телемеханизации сосредоточенных объектов. Вследствие отсутствия надобности частых включений — выключений насосных агрегатов, мы рассматривали главным образом устройство телесигнализации, причем учитывали такие факторы, как простота, надежность эксплуатации и малая стоимость устройства. Одним из основных принципов, содействующих выполнению этих требований, является принцип максимальной автоматизации всех технологических процессов на скважине при минимально возможном объеме телемеханизации.

Исследование работы скважин в Туркмении показало, что при наличии аппаратуры автоматики, обеспечивающей необходимую защиту и самозапуск при появлении электроэнергии после перерывов, достаточно иметь телемеханический контроль за работой скважин, тем более, что ввиду большой потребности в воде во все времена года скважины работают без перерыва (исключая остановку их для производства планово-предупредительных ремонтов).

Мы считаем, что и в других условиях остановка и запуск насосного оборудования будут настолько редки (раз в три—десять дней), что могут без ущерба для дела осуществляться обслуживающим персоналом телемеханизированного участка. При этом одновременно должны производиться операции профилактического характера.

Результаты анализа принципиальных схем и конструкций рассмотренных устройств телемеханики свидетельствуют о том, что эти устрой-

Таблица 1

Характеристика рассмотренных устройств телемеханики

Тип устройства	Метод селекции	Емкость устройства (количество телеканалов с одного ИП)	Количество ИП	Наличие телефонной связи по общей линии	Вид линии связи	Дальность действия, км	Исполнение аппарата (общие цепи)	Изготовитель	Стоимость комплекта, руб.
Устройство на два сигнала УТС-3	Полярный	2	1	Есть	Двухпроводная с землей	25	Контактное	Собирается на месте	40**
	Временный	3	1	Нет	Двухпроводная	30	Бесконтактное	ПЛЭМ Мосэнерго	80**
	Амплитудный	4—10	1—5	Есть	Двухпроводная	30	Контактное	ПЛЭМ Мосэнерго	350**
	Фазовый	2	1	Нет	Двухпроводная с синхронной сетью питания	50	Контактное	Мосэнерго ОРГРЭС	80**
ДК-11Н11	Распределительный с полярным и амплитудным кодированием частотный	1	96	Нет	Однопроводная с землей	50	Контактное	Завод "Трансвязь"	2500**
БЧСТ-1		3	16 (и 3ТУ)*	Нет	Двухпроводная	80	Бесконтактное	Завод приборостроительного СНХ	9000**
СТ-3Кв	Полярно-комбинационный частотный	1 (и 2ТУ)*	12	Есть	Трехпроводная с землей	40	Контактное	КИП, г. Москва	2700***
ЧТП-1		3	192	Есть	Двухпроводная с землей	15	Бесконтактное	Завод им. Кабулина, г. Баку	
АТК-ТН11ИГ и М	Распределительный с полярным кодированием	1	100	Нет	Однопроводная с землей	50	Контактное	Управление Подземвод MBX СССР	1256

* Сигналы телеуправления.

** Без стоимости диспетчерского пульта.

*** Включая стоимость пульта.

ства, как правило, не отвечают поставленным требованиям. Пользуясь методикой сравнения, разработанной Отделом комплексной автоматизации гидромелиоративных систем Гипроводхоза МСХ СССР [1], мы рассмотрели некоторые устройства телемеханики, в том числе и конструкцию, разработанную автором настоящей статьи. Из табл. 1, 2 следует, что как по общей характеристике (табл. 1), так и по удельным показателям (табл. 2) предлагаемое устройство автоматического телеконтроля типа АТК-ТНИИГиМ выгодно отличается от других малой стоимостью и небольшим расходом элементов на один сигнал. В табл. 3 указаны рекомендуемые области применения устройства.

Разработке прибора АТК-ТНИИГиМ предшествовало конструирование трехпроводного устройства телеконтроля типа МТКСм-ТНИИГиМ, собранного в лаборатории и смонтированного на тридцать одной скважине, дающей воду районам Ашхабада, Геами и Аннау. Диспетчерский пункт, расположенный на территории Ашхабада, связан со скважинами трехпроводной линией протяженностью 36 км. Со дня сдачи телемеханизированного участка в эксплуатацию (октябрь 1961 г.) устройство работает вполне удовлетворительно. Наличие действующего телемеханизированного участка скважин дало возможность апробировать в производственных условиях предложенные методы и структуру эксплуатации, а также испытать отдельные элементы и все устройство в целом.

Однако ввиду того, что самой дорогой и трудоемкой статьей при внедрении телемеханики является строительство линии телемеханики, необходимо было создать устройство, работающее по таким проводам линии телемеханики, которые подвешены на опорах высоковольтной ЛЭП 6—10 кв. Для уменьшения количества линейных повреждений устройство должно работать по системе «провод — земля». Если в устройстве МТКСм-ТНИИГиМ в процессе циклического опроса происходило последовательное подсоединение участков линии и исполнительных пунктов, причем линейные реле удерживались в рабочем состоянии вследствие подпитывания их по одному из проводов, то в данном случае подпитывание исключалось. Вопрос удержания линейного реле в рабочем состоянии в течение определенного времени был бы решен, если бы схема обеспечивала необходимое замедление реле исполнительного пункта на отпускание. Структурные особенности схемы должны были также обеспечить высокую помехоустойчивость в условиях возникающих в линии телемеханики наводимых напряжений и токов.

Проанализировав все известные схемные методы замедления реле на отпускание, мы пришли к выводу, что они не обеспечивают необходимого замедления.

Так, результаты экспериментов показывают, что наиболее приемлемой с точки зрения надежности работы частотой пульс-пары, генерирующей импульсы в линию, является частота порядка двадцати импульсов в секунду. Учитывая, что на каждый исполнительный пункт посылаются последовательно проверочный импульс и импульс движения, благодаря которому к линии подключается следующий исполнительный пункт, можно определить время, потребное на отпускание первого исполнительного пункта:

$$T = K_3 T_a + T_{\lambda} / \Pi,$$

где

T — время замедления на отпускание для линейного реле первого исполнительного пункта;

K_3 — коэффициент запаса, принимаемый равным 1,3;

Удельные показатели устройств телемеханики (на один сигнал)

Тип устройства	Суммарная емкость (количество сигналов)		Удельное количество элементов* аппаратуры									
			полукомплект ИП				полукомплект ДП					
	на одном ИП	на ДП	<i>T</i>	<i>P</i>	МЭ, ПТ	<i>C, K, B</i>	<i>T</i>	<i>P</i>	МЭ, ПТ	<i>C, K, B</i>	<i>L</i>	КЛ
Устройство на два сигнала	2	2	1,0	—	—	1,0	0,5	1,0	—	2,0	1,5	0,5
УТС-3	3	3	0,3	—	1,3	1,0	0,7	1,7	3,0	5,0	1,3	0,3
ТСИ	4	20	0,5	1,0	—	3,0	0,1	0,25	—	1,3	0,5	0,6
											и один прибор	
ТФО-59	2	2	0,5	—	—	2,0	1,0	1,0	0,5	3,0	1,5	0,5
ДК-ЦНИИ	1	96	1,0	1,0	—	8,0	0,02	1,04	—	1,1	1,05	0,05
БЧСТ-1/16	6	81	4,0	0,5	3,0	18,0	0,7	0,42	1,0	4,7	0,22	0,56
СТ-ЗКв	3	36	—	1,0	—	2,3	0,03	0,45	—	0,5	0,1	0,4
АТК-ТНИИГиМ	1	100	—	1,0	—	5,0	—	0,93	—	0,11	0,3	—

- * *T* — трансформаторы, дроссели;
P — электромагнитные реле;
МЭ — магнитные элементы;
ПТ — полупроводниковые триоды;
C — сопротивления.

Тип устройства	Суммарное количество элементов** аппаратуры на один сигнал						Условная сумма	Примерная стоимость на 1 сигнал, руб.	Примечание
	<i>T</i>	<i>P</i>	МЭ, ПТ	<i>C, K, B</i>	<i>L</i>	КЛ			
Устройство на два сигнала	1,5	1,0	—	3,0	1,5	0,5	7,5	20	С учетом двух трансформаторов для телефонной связи
УТС-3	1,0	1,7	4,0	6,0	1,3	0,3	14,3	27	Без блока питания на ИП
ТСИ	0,6	1,25	—	4,3	0,5	0,6	7,05	17	Общий комплект ДП для ИП
ТФО-59	1,5	1,0	0,5	5,0	1,5	0,5	10	40	—
ДК-ЦНИИ	1,02	2,04	—	9,1	1,05	0,05	13,25	25	—
БЧСТ-1/16	4,7	0,92	4,0	22,7	0,22	0,56	33,1	11	—
СТ-ЗКв	0,03	1,45	—	2,8	0,1	0,4	4,8	75	Общий комплект ДП для 12 ИП
АТК-ТНИИГиМ	—	1,97	—	5,11	0,3	—	7,38	12,6	—

- ** *K* — конденсаторы;
B — вентили;
L — лампы сигнальные;
КЛ — ключи, кнопки, звонки и т. п.

T_n — величина проверочного импульса, составляющая 50 мсек;

T_d — величина импульса движения, равная 50 мсек;

P — количество исполнительных пунктов.

Величину импульсов определяли экспериментальным путем, количество исполнительных пунктов приняли равным 25—30; при этом учитывали, что к одному комплекту аппаратуры диспетчерского пункта

Таблица 3

Рекомендуемые области применения устройств телемеханики

Тип устройства	5—10 ИП		20—100 ИП	
	линия связи			
	радиаль- ная	транзит- ная и развет- вленная	радиаль- ная	транзит- ная и развет- вленная
Устройство на два сигнала	++	—	+M	—
УТС-3	++	—	+M	—
ТСИ (за исключением разветвленных линий)	+	+	++	—
ТФО-59	+	—	—	—
ДК-ЦНИИ (только для транзитной линии)	—	—	—	+
БЧСТ-1/16	+	++	1 K	+K
СТ-3Кв	+	++	—	—
ЧТП-1	—	—	+B	+B
Устройство ТЧР-61	—	—	+	+
Устройство БТФ при объеме не менее 6—12 сигналов на каждом ИП	+	+	+ K	+ K
АТК-ТНИИГиМ	2	++	—	++

Примечание: + — применение устройств возможно;

++ — применение предпочтительно;

— — применение невозможно или нецелесообразно;

M — для меньшего количества ИП;

B — для большего количества ИП;

K — с установкой соответствующего числа комплектов ДП.

можно подключить несколько плеч принятой емкости. Ограничений по емкости устройство практически не имеет. Общее потребное время составит

$$T = 1,3 (50 + 50) 30 = 3900 \text{ мсек.}$$

Известные схемные методы обеспечивают лишь 10—15-кратное замедление от паспортного (т. е. 150 мсек), поэтому мы предложили принципиально новый метод замедления, обеспечивающий 600—700-кратное замедление. На рис. 1 приведены кривые, отражающие результаты эксперимента при различных параметрах емкости и сопротивлений. Особенность предлагаемой схемы заключается в том, что при посылке импульса конденсатор за время срабатывания реле полностью заряжается и через сопротивление, ограничивающее величину разрядного тока, отдает накопленную энергию, необходимую для удержания реле в рабочем состоянии. Все это обеспечивает длительный процесс разряда. Анализ данных опыта позволил установить оптимальную величину сопротивлений (20 ком).

Мы провели еще две серии экспериментов, которые позволили определить зависимость времени замедления при оптимальной величине

сопротивления от величины напряжения импульса. С увеличением напряжения время замедления растет. Возрастание времени замедления на отпускание при оптимальных значениях напряжения и сопротивления в зависимости от емкости конденсатора носит линейный характер. В результате экспериментов удалось окончательно скомпоновать схему

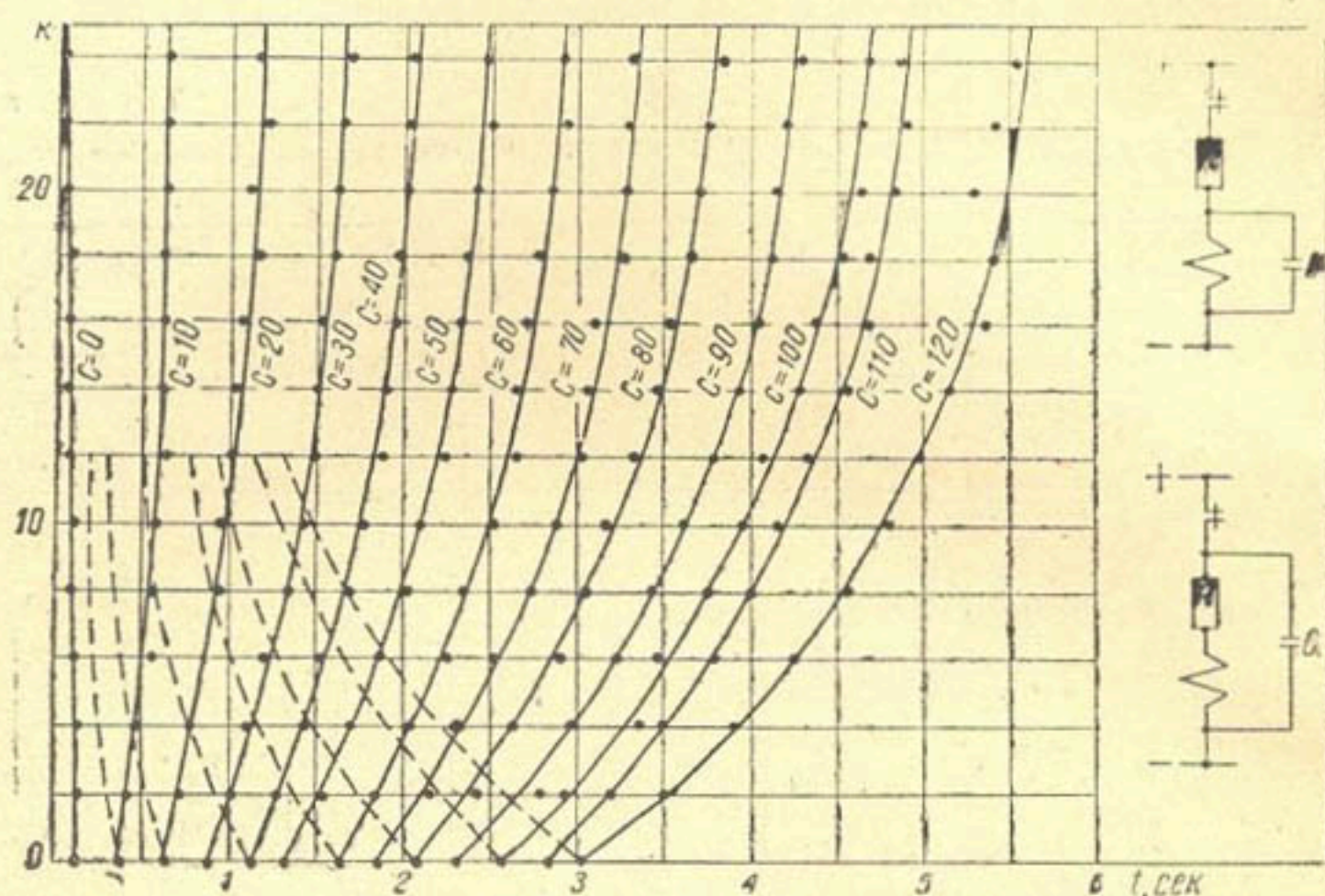


Рис. 1. Данные экспериментальной проверки предложенного схемного метода замедления реле на отпускание:

устройства. Рассмотрим основные принципиальные положения работы этого устройства.

Диспетчерский пункт посылает в линию первый проверочный импульс минусовой полярности. На исполнительный пункт он приходит в случае замкнутого блок-контакта пускателя. Тогда на диспетчерском пункте срабатывает приемное реле, которое через систему реле счетчиков и фиксирующее реле зажигает соответствующую сигнальную лампочку, что свидетельствует о рабочем состоянии объекта. При разомкнутом блок-контакте сигнальная цепь также окажется разомкнутой, и импульс не пройдет. Затем в линию посылается импульс движения плюсовой полярности. От него срабатывает единственное реле исполнительного пункта и заряжается конденсатор. Реле, срабатывая, подсоединяет к диспетчерскому пункту линию, идущую на следующий исполнительный пункт, и отсоединяет свой пункт. Затем в линию посылается следующий проверочный импульс плюсовой полярности, который проходит через сигнальную цепь второго исполнительного пункта. Дальнейшие операции повторяются. Благодаря большому замедлению реле на отпускание линия оказывается соединенной контактами реле на каждом исполнительном пункте на величину времени, большую времени всего цикла проверки 30 исполнительных пунктов. Такая структура устройства позволяет максимально упростить конструкцию исполнительных пунктов, состоящих из одного реле, одного конденсатора, двух вентилях и двух сопротивлений. Внешний вид исполнительного пункта, смонтированного на присквальной опоре, показан на рис. 2. Аппаратура диспетчерского пункта также несложна и малогабаритна (рис. 3).

Важной частью всего комплекса исследований является организация каналов телемеханики по проводам, подвешенным на опорах высоковольтных ЛЭП 6—10 кВ. Определенные результаты по этому вопросу дали предварительные расчеты и проработки, выполненные на основании некоторых теоретических положений. Экспериментальную проверку процесса влияния наводимых токов и напряжений на аппаратуру телемеханики проводили в производственных условиях на телемеханизированном участке, построенном в районе Безмеина. Выполненный по проекту института Туркменгипроводхоз участок включал 29 скважин и имел линию телеконтроля, подвешенную на опорах ЛЭП 6 кВ протяженностью более

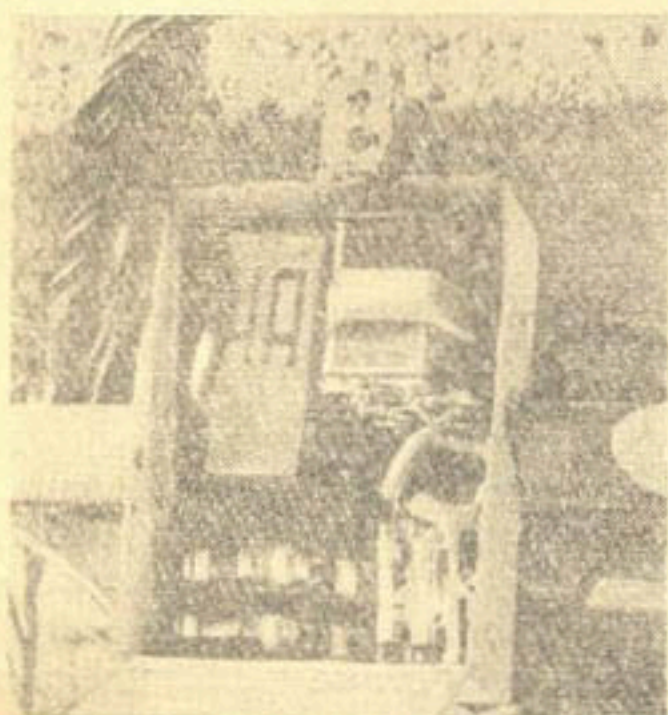


Рис. 2. Аппаратура исполнительного пункта устройства АТКТНИИГиМ, укрепленная на прискважинной опоре.

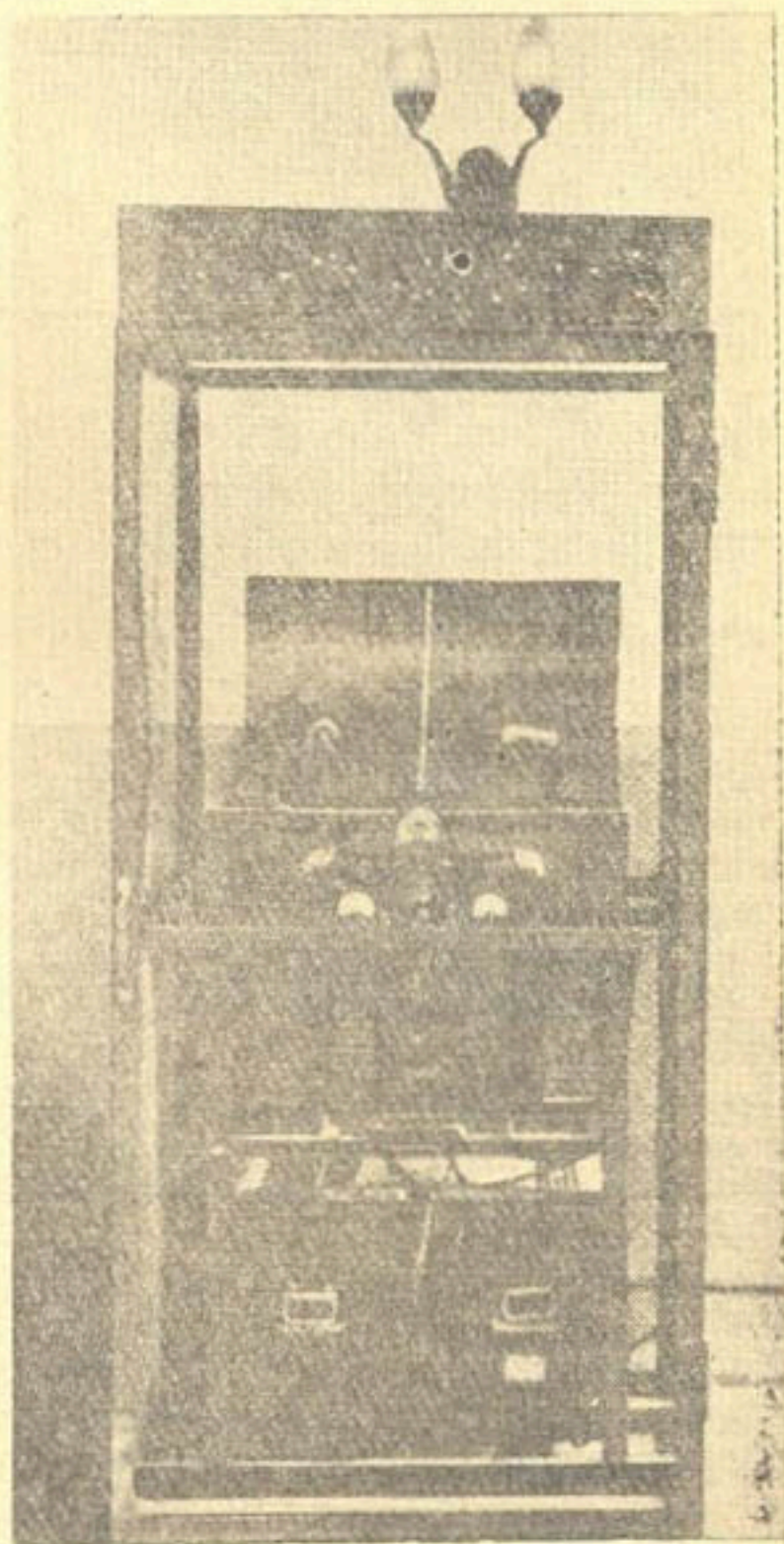


Рис. 3. Аппаратура диспетчерского пункта устройства АТКТНИИГиМ.

24 км. Наводимые в линии телеконтроля напряжения несколько превышали расчетные и достигали величин 170—180 в.

Действующими правилами запрещается подвеска проводов линии телемеханики на опорах высоковольтной ЛЭП ввиду отсутствия надежной аппаратуры защиты. Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала, а также целостности аппаратуры телемеханики мы разработали комплекс защитной аппаратуры и специальные правила эксплуатации. Эти мероприятия исключают возможность контакта персонала с линией телемеханики, в которой могут появиться опасные напряжения в аварийных случаях (обрыв и касание проводов высокого напряжения, замыкание на землю одной или нескольких фаз). Чтобы избежать аварии, на прискважинной опоре смонтировали двухполюсный

разъединитель типа РЛНД-10, с помощью которого в случае необходимости аппаратура телемеханики отсоединяется от линии. На этой

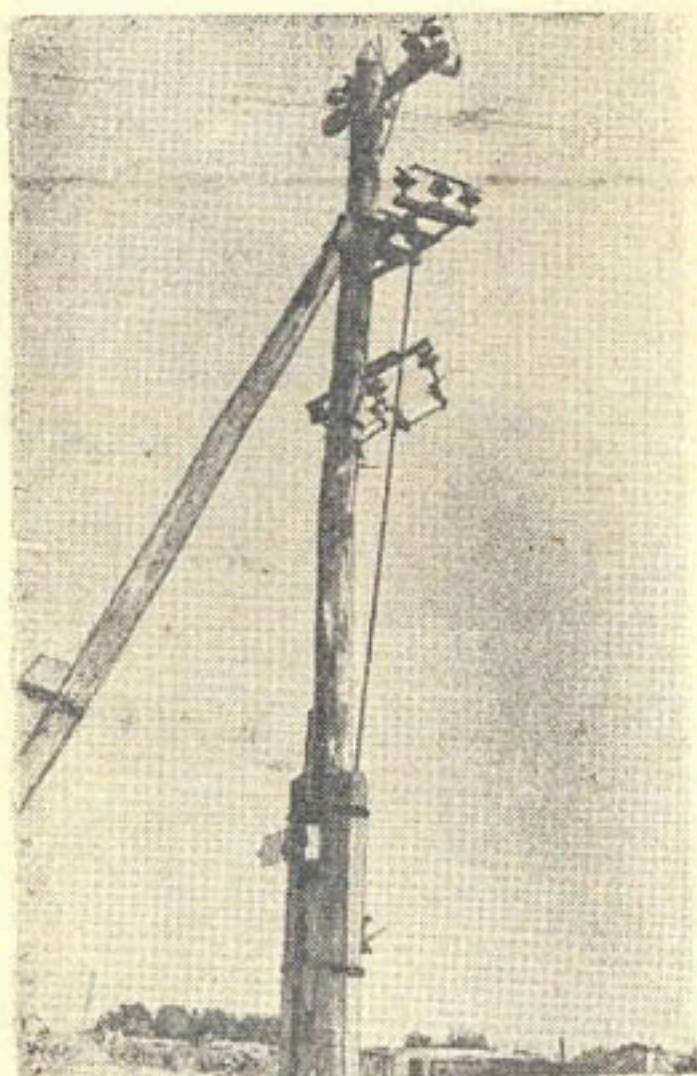


Рис. 4. Прискважинная опора со смонтированной на ней аппаратурой защиты и аппаратурой исполнительного пункта.

же опоре устроены спецпредохранители, срабатывающие в момент появления на линии телемеханики опасных напряжений. На плате исполнительного пункта для предохранения аппаратуры в случае возникновения коротких замыканий смонтированы вилитовые или газоразрядные разрядники и предохранители типа СН-1,0. Прискважинная опора показана на рис. 4, разрядники и предохранители, смонтированные на плате исполнительного пункта, — на рис. 2. Аппаратура диспетчерского пункта ограждена металлической сеткой согласно правилам ограждения высоковольтной аппаратуры.

Для определения надежности аппаратуры защиты мы провели производственные испытания. Провод высоковольтной ЛЭП соединяли с проводом линии телемеханики, после чего включали высокое напряжение. Комиссия зафиксировала отсутствие повреждений в аппаратуре и срабатывание защиты.

Документация, отражающая результаты исследований работы совмещенных линий и испытаний аппаратуры защиты, была представлена

в Государственную инспекцию по промэнергетике и энергонадзору Союзглавэнерго, в результате чего мы получили разрешение на эксплуатацию Безменского телемеханизированного участка скважин и на проектирование, строительство и эксплуатацию еще трех подобных участков. В настоящее время закончены проектные работы по двум участкам.

Одновременно мы разработали новую структуру управления, взяли, новые методы эксплуатации телемеханизированных участков скважин. Структура получила апробацию на Безменском участке. Если до введения телемеханизации основным эксплуатационным персоналом являлись мотористы, то при наличии аппаратуры телеконтроля эксплуатация нескольких десятков скважин осуществляется бригадиром участка, техником-телемехаником и мотористом. Организацию эксплуатации рекомендуется проводить по следующему принципу: обслуживающий персонал участка состоит из трех человек — бригадира, техника-телемеханика и моториста. При получении аварийного сигнала двое из них выезжают на скважину и в зависимости от характера повреждения слабо исправляют его, либо вызывают по телефону аварийную бригаду района. При такой организации эксплуатации нет необходимости строить специальное здание диспетчерского пункта. Аппаратура может быть установлена в небольшом шкафу у стены жилого дома бригадира, а световое табло выносится на одну из внутренних стен. Одно из обязательных условий — наличие телефонной связи между домом бригадира и организацией, занимающейся эксплуатацией скважин.

Техническая эксплуатация устройства организовывается по централизованному принципу на основе взаимозаменяемости отдельных блоков. Для этой цели на участке имеется запас исполнительных пунктов в размере 10—15% от их общего числа. Ревизии, профилактические осмотры, капитальные ремонты аппаратуры, исследование причин неисправностей — все это проводится специальной группой работников, входящих в состав службы автоматики.

Экономические показатели телемеханизации скважин позволяют утверждать, что затраты на внедрение телемеханики окупаются в сроки, ниже нормативных. Так, затраты на телемеханизацию Безмеинского куста составили 8734 руб., а экономия по фонду заработной платы — 6324 руб. т. е. срок окупаемости составил 1 год 5 мес.

Как уже говорилось выше, значительного удешевления и ускорения работ по внедрению телемеханики можно достичь в результате подвески проводов линии телемеханики на опорах высоковольтной ЛЭП. Линия телемеханики в Безмеине оказалась на 3649 руб. дешевле самостоятельной линии, причем в ее стоимость была включена стоимость защитной аппаратуры.

Важно отметить, что простота конструкции устройства, надежность его работы позволят в сжатые сроки обеспечить подготовку кадров для обслуживания телемеханизированных участков скважин.

Аппаратура и методы эксплуатации, рекомендованные нами для телемеханизации скважин, могут быть в известной степени рекомендованы и при телемеханизации таких объектов, как скважины вертикального дренажа и водоотлива, автоматизированные насосные станции различного назначения и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганкин М. З., Расовская С. Э., Разгон В. Н. Устройство теле-сигнализации для электрифицированных осушительных насосных станций, М., Гипроводхоз, 1962.
 2. Михайлов И. М. Влияние внешних электромагнитных полей на цепи проводной связи и защитные мероприятия, М., Госиздат по связи и радио, 1959.
-

А. А. ГАРТУНГ, И. Б. ХАМАДОВ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕГМЕНТНЫХ ЗАТВОРОВ-АВТОМАТОВ НИЖНЕГО БЬЕФА

Регулирование и распределение воды на ирригационных системах различными щитовыми устройствами — процесс крайне трудоемкий, если не автоматизирован при помощи электрической и гидравлической систем управления или если сами щитовые устройства не являются автоматами, поддерживающими заданный режим работы сооружения. В этом отношении большие преимущества имеют затворы-автоматы гидравлического действия, предназначенные для поддержания постоянных горизонтов в верхнем или нижнем бьефах сооружения.

В настоящее время проектируются каналы, полностью оснащенные подобными типами затворов. В этом случае на ирригационной сети могут применяться системы регулирования подачи воды и горизонтов в каналах, построенных по принципу автоматического регулирования с верхнего бьефа, нижнего бьефа, а также смешанного регулирования.

Особое внимание следует уделить регулированию горизонтов и расходов в каналах, оснащенных затворами-автоматами гидравлического действия, предназначенными для поддержания постоянных горизонтов воды непосредственно за сооружением.

В распределительной системе, построенной по принципу регулирования с нижнего бьефа, расход регулируется самими потребителями в соответствии с их действительной потребностью в оросительной воде.

Затворы постоянного горизонта нижнего бьефа, правильно расставленные по всей длине ирригационного канала, гарантируют подачу требующихся расходов по ступеням. При заборе воды на участке канала затвор, установленный вверху участка, открывается и компенсирует падение горизонта. В результате вышерасположенный отрезок канала опоражнивается, что вызывает открытие следующего затвора и т. д. Этот процесс протекает по всей длине канала, вплоть до головного сооружения. Уменьшение забора воды приводит к обратному действию, все затворы прикрываются один за другим от нижнего участка к верхнему. Открытия любого водовыпуска достаточно для того, чтобы необходимое количество воды прошло через всю систему к точке забора.

Способ регулирования с нижнего бьефа отличается полной автоматизацией водораспределения, точным и немедленным реагированием на все разборы воды и дает возможность распределять ее без сброса. Сброса не происходит даже при прекращении полива, так как система регулирования с нижнего бьефа просто прекратит пропуск воды, удержав ее в бьефах в качестве резерва.

Учитывая положительные качества системы регулирования с нижнего бьефа, институт «Средазгипроводхлопок» в 1961 г. в стадии про-

ектного задания разработал экспериментальные проекты сооружений с автоматами нижнего бьефа на расход до $5 \text{ м}^3/\text{сек}$. Автоматы нижнего бьефа запроектированы гидравлического действия с поплавком в камере, помещенной непосредственно за затвором в русле. Связь между затвором и поплавком, управляющим движением затвора, предусмотрена жесткой.

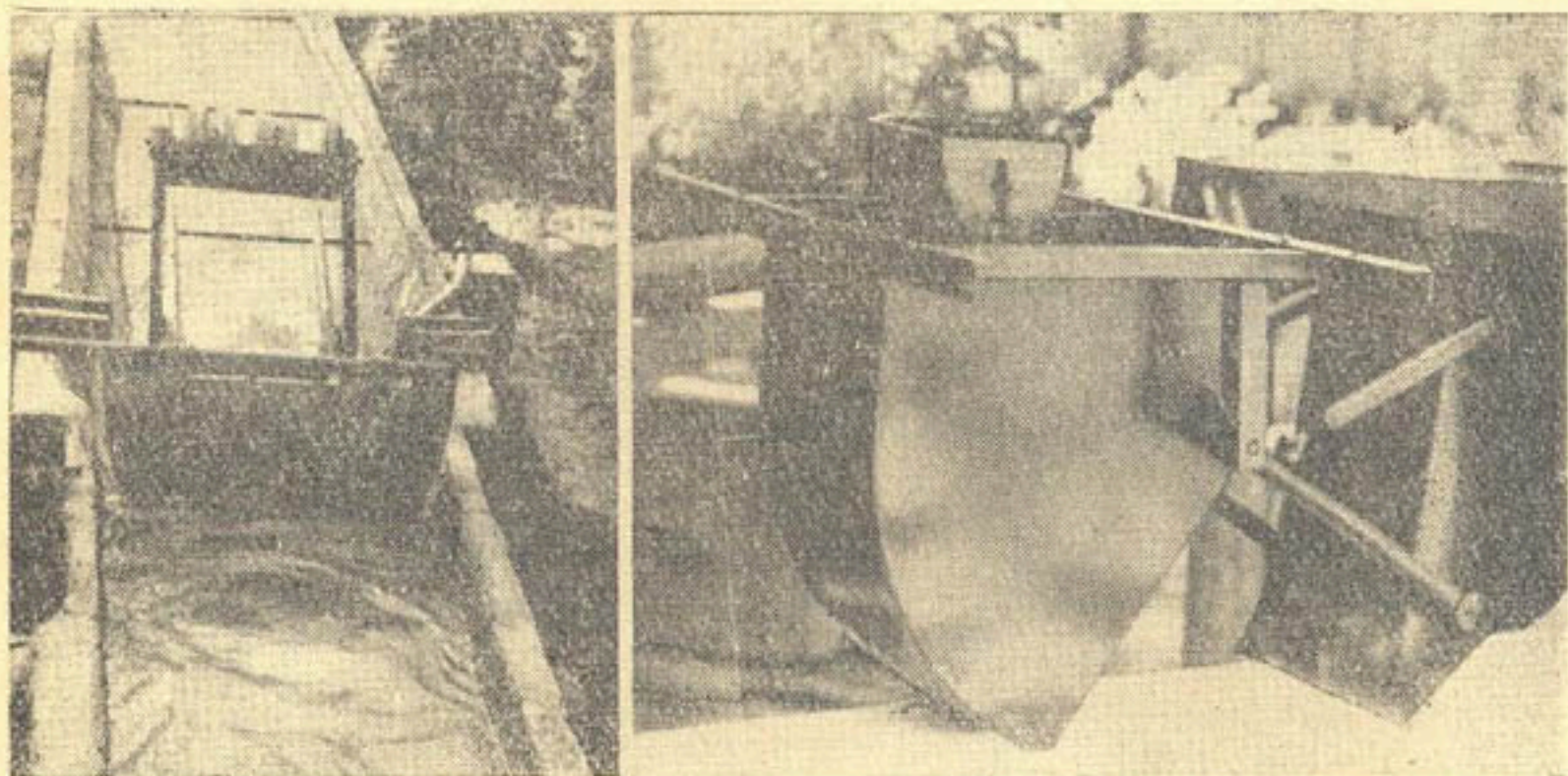


Рис. 1. Затвор-автомат нижнего бьефа с поплавком в колодце и затвор-автомат нижнего бьефа с поплавком в русле (тип «Нейрпик»).

Для получения данных о качестве работы подобных типов затворов была необходима экспериментальная проверка отдельного образца на испытательном стенде. В лаборатории автоматизации СредазИВПиГ были проведены исследования затвора-автомата нижнего бьефа с поплавком в русле (типа «Нейрпик») и, кроме этого, натурной модели автомата нижнего бьефа с поплавком, помещенным в отдельный колодец, сообщающийся трубой с нижним бьефом (рис. 1). Конструкция последнего автомата (рис. 2) разработана нами на базе затвора-автомата верхнего бьефа с поплавком в отдельном колодце, исследования которого были закончены в 1962 г.

Натурные модели автоматов нижнего бьефа рассчитаны на пропуск расходов до 200 л/сек .

СЕГМЕНТНЫЙ ЗАТВОР-АВТОМАТ НИЖНЕГО БЬЕФА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ С ПОПЛАВКОМ В РУСЛЕ (тип «НЕИРПИК»)

Автомат горизонта нижнего бьефа с поплавком в русле (рис. 2) состоит из сегментного щита с радиусом, очерченным из центра вращения. На низовой стороне автомата закреплен поплавок, помещенный в камеру, сообщающуюся щелью с нижним бьефом сооружения. Благодаря этому в камере устанавливается осредненный горизонт нижнего бьефа. Выталкивающие моменты поплавка уравниваются контргрузом, укрепленным на передвижных стойках, дающих возможность перемещать груз в горизонтальном и вертикальном направлениях. Очертание обшивки щита сделано по радиусу из центра оси вращения, и поэтому динамические и гидростатические силы не производят работы, будучи направлены к центру вращения затвора.

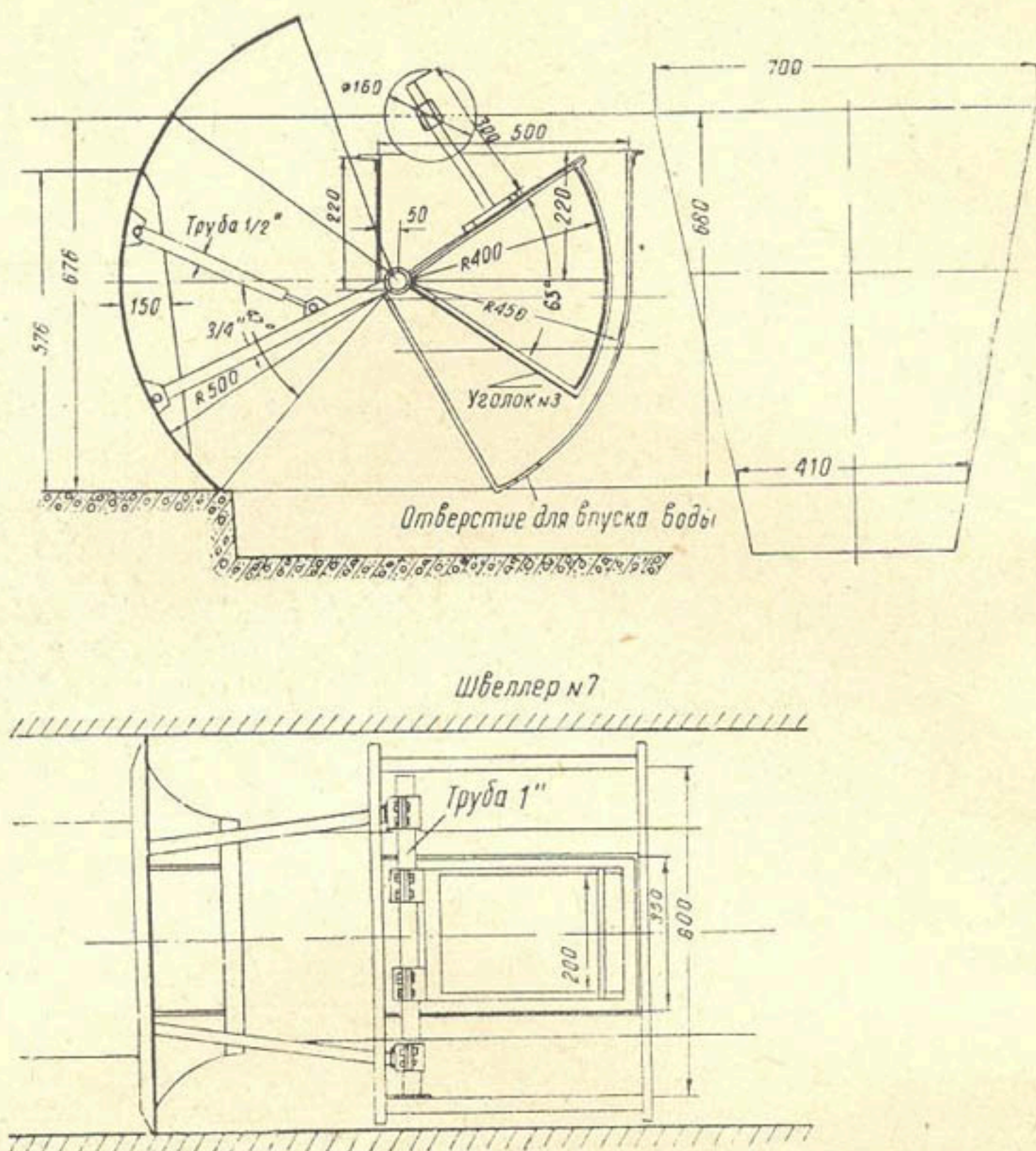


Рис. 2. Схема затвора-автомата нижнего бьефа с поплавком в русле (тип „Нейрпик“). Поплавок, полотнище затвора, корыто изготовить из листового железа $\delta=1$ мм.

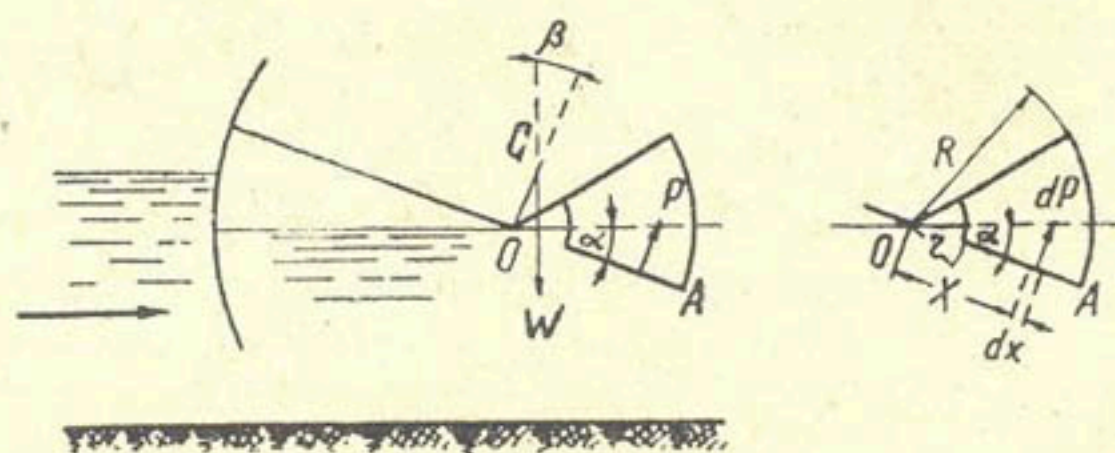


Рис. 3. Силы, действующие на затвор-автомат нижнего бьефа с поплавком в русле (тип „Нейрпик“).

Щит находится в равновесии под действием собственного веса и веса контргруза, с одной стороны, и давления воды на нижнюю поверхность поплавка, с другой.

Таким образом, при правильном регулировании и расчетном горизонте моменты сил тяжести и гидростатического давления на поплавок равны между собой при любом открытии затвора.

РАСЧЕТ ЗАТВОРА С ПОПЛАВКОМ В РУСЛЕ КАНАЛА

Схема затвора и действующие на него силы показаны на рис. 3. Принципиально расчет затвора нижнего бьефа с поплавком в русле не отличается от расчета автомата верхнего бьефа с поплавком, установленным на обшивке.

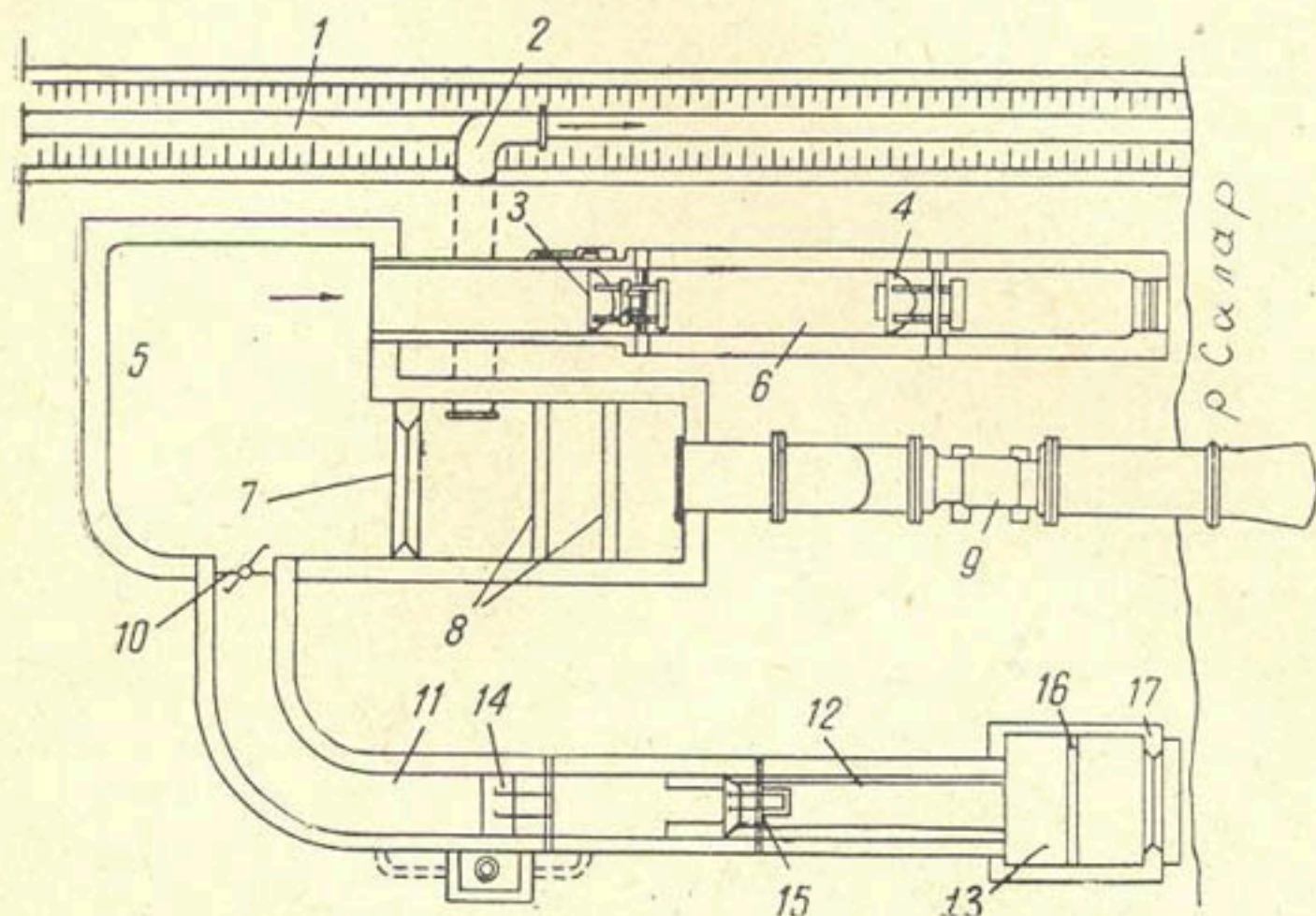


Рис. 4. Схема испытательного стенда для проведения исследований натурных образцов затворов-автоматов верхнего или нижнего бьефов:

1—сбросной канал; 2—сброс из стенда; 3—затвор с поплавком в колодце; 4—затвор „Нейрик“; 5—бассейн; 6—параболический лоток $H=60$ см; 7—водослив; 8—стенки гасителя; 9—насос ПГ-35М; 10—плоский затвор; 11—прямоугольный лоток; 12—трапециевидальный лоток; 13—успокоительный бассейн; 14—затвор конструкции Э. Э. Пенлова; 15—затвор нижнего бьефа с поплавком в русле; 16—решетка гасителя; 17—водослив.

Если горизонт воды в нижнем бьефе находится на уровне центра шарнира, гидростатическая выталкивающая сила может быть найдена из уравнения

$$P = \int_{R_1}^{R_2} B \gamma x \sin \alpha \cdot dx = B \gamma \sin \alpha \frac{R_2^2 - R_1^2}{2}, \quad (1)$$

где B — ширина поплавка;

γ — удельный вес воды;

α — угол между горизонтом воды в нижнем бьефе и нижней плоскостью поплавка, град.;

β — угол между центром тяжести затвора и вертикалью, град.

Величину статического выталкивающего момента, действующего на поплавок, получим из выражения

$$M_1 = \int_{R_1}^{R_2} B \gamma x \sin \alpha \cdot dx \cdot x = B \gamma \sin \alpha \frac{R_2^3 - R_1^3}{3}. \quad (2)$$

Момент от веса металлоконструкции и контргруза, приведенный к центру тяжести системы затвор — противовес, составит

$$M_2 = W \cdot OC \cdot \sin \beta; \quad (3)$$

здесь C — центр тяжести подвижной системы;

W — вес подвижной системы.

Затвор находится в равновесии, если момент от веса металлоконструкции затвора равен статическому выталкивающему моменту поплавок независимо от изменений угла α или β , т. е. сохранится условие равенства $M_1 = M_2$, тогда

$$B \gamma \sin \alpha \frac{R_2^3 - R_1^3}{3} = W \cdot OC \cdot \sin \beta \quad (4)$$

и

$$OC = \frac{B \gamma}{W} \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3}. \quad (5)$$

По уравнению (5) определяют положение центра тяжести системы, находящегося в определенной точке на перпендикуляре к нижней плоскости поплавок.

МЕТОДИКА И СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований по затворам-автоматам был запроектирован и построен насосный стенд на открытой площадке (рис. 4).

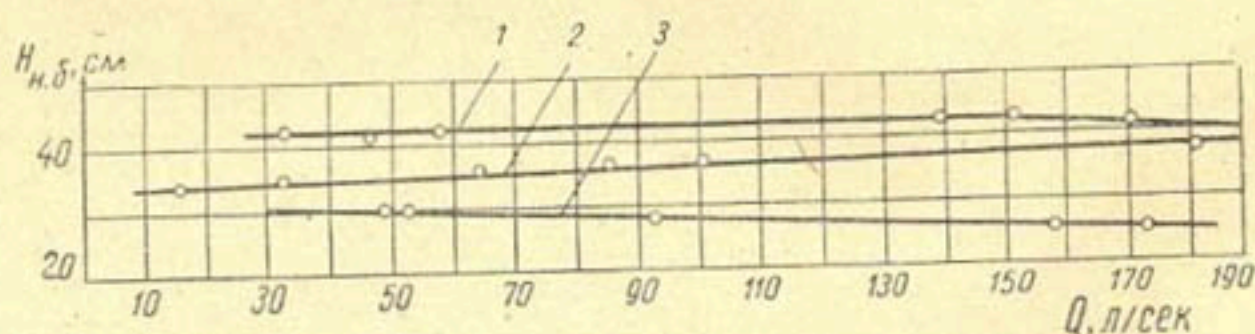


Рис. 5. График поддержания постоянного горизонта в нижнем бьефе для автомата с поплавком в русле (тип „Нейрпик“):

1 — $H_1 = 43$ см; 2 — $H_1 = 34$ см; 3 — $H_2 = 25$ см.

Вода из р. Салар забирается насосом ПГ-35М и подается в первый отсек бассейна, отсюда через решетки гасителей и мерный трапецидальный водослив она попадает в лоток. Лоток имеет два профиля: первая половина прямоугольная с отношением $H/B_1 = \frac{80}{40}$ см, вторая — трапецидальная. Затвор-автомат нижнего бьефа с поплавком в русле устанавливали на трапецидальной части лотка.

Перед началом опытов затвор балансировался в лотке без воды так, чтобы он находился в безразличном равновесии при всех углах поворота. Для уравнивания выталкивающих моментов поплавок на его верхней крышке был установлен передвижной противовес.

Горизонты воды в верхнем и нижнем бьефах замерялись с помощью мерных линеек. Расходы, пропускаемые через подщитовое отверстие, фиксировались по трапецеидальному водосливу, установленному на выходе успокоительного бассейна в конце лотка. Для изменения горизонтов в нижнем бьефе в конце лотка имелись пазы для закладки шандор. Углы поворота затвора в процессе опытов фиксировались по угломеру. Расходы по лотку пропускались от минимально возможной величины до максимума, который мог дать насос ПГ-35М. В опытах он достигал 175 л/сек . Проверка затвора-автомата по поддержанию нижнего бьефа проводилась при постоянных горизонтах в верхнем бьефе. Горизонты в нижнем бьефе в опытах брались с отметкой на уровне оси вращения затвора, равной 34 см , а также на 9 см ниже и на 10 см выше ее. Горизонты верхнего бьефа принимались следующие: для $H_{н.б.} = 25 \text{ см}$ они составляли $35, 45, 55$ и 65 см ; при $H_{н.б.} = 34 \text{ см} — H_{в.б.} = 40, 50, 60 \text{ см}$ и для $H_{н.б.} = 43 \text{ см} — H_{в.б.} = 54$ и 64 см .

Установка контргруза для сбалансированного затвора на поддержание постоянного горизонта в нижнем бьефе производилась в лотке, заполненном водой до нужной отметки при $Q = 0$ таким образом, чтобы затвор находился в безразличном равновесии при различных углах поворота. В процессе опытов установлены следующие веса грузов для уравнивания затвора: для $H_{н.б.} = 25 \text{ см} — G = 4,42 \text{ кг}$, для $H_{н.б.} = 34 \text{ см} — G = 8,00 \text{ кг}$, для $H_{н.б.} = 43 \text{ см} — G = 10,9 \text{ кг}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОМАТА НИЖНЕГО БЬЕФА С ПОПЛАВКОМ В РУСЛЕ

Основным показателем качества работы затвора является способность автомата поддерживать горизонт нижнего бьефа с минимальной погрешностью. С целью проверки, после окончания статической регулировки затвора, в бьефе расходы изменялись от 0 до максимально возможных, фиксировались углы поворота затвора и замерялись горизонты нижнего бьефа.

Результаты работы затвора-автомата представлены на рис. 5 для различных горизонтов верхнего бьефа, а также в сводной таблице погрешностей в поддержании горизонта нижнего бьефа автоматом с поплавком в русле.

Из анализа графика (рис. 5) видно, что наименьшая относительная погрешность в опытах наблюдалась при наибольших горизонтах нижнего бьефа, когда его отметка превышала высоту оси вращения на 10 см , и наибольшие величины погрешностей получены в случае, когда отметка горизонта нижнего бьефа ниже оси вращения на 9 см .

Первоначально щель для впуска воды в корыто поплавок была сделана в форме прямоугольника размером $100 \times 200 \text{ мм}$, но при таких размерах щели затвор работал неустойчиво, колебался. Когда размер щели уменьшили до $30 \times 150 \text{ мм}$, затвор стал работать устойчиво и быстро реагировал на изменение подаваемых расходов.

Испытания затвора-автомата нижнего бьефа с поплавком в русле (тип «Нейрпик»), проведенные на стенде лаборатории автоматизации гидромелиоративных систем, показали, что затвор обладает рядом положительных качеств:

1) простота конструкции, отсутствие электрических и механических приводов, небольшая стоимость, возможность массового промышленного изготовления;

2) возможность перерегулировки подобных затворов на поддержание других отметок горизонтов нижнего бьефа.

Сводная таблица погрешностей в поддержании горизонта нижнего бьефа автоматом с поплавком в русле

Постоянный горизонт нижнего бьефа	$H_{н.б}$	$Q, л/сек$	$\Delta, см$	$\Delta, \%$
$H_{н.б} = 34 см$	$H_{в.б} = 60 см$			
	34,9	15	+0,9	+ 0,65
	37,7	180	+3,7	+10,9
	$H_{в.б} = 50 см$			
	35,7	19	+1,7	+ 5
	36,5	159	+2,5	+ 7,35
	$H_{в.б} = 40 см$			
	34,1	17	+0,1	+ 0,29
	34,6	61	+0,6	+ 1,76
$H_{н.б} = 25 см$	$H_{в.б} = 35 см$			
	26,7	20	+1,7	+ 6,8
	23,4	155	-1,6	- 6,4
	$H_{в.б} = 45 см$			
	26,7	24	+1,7	+ 6,8
	25,7	143	+0,7	+ 2,8
	$H_{в.б} = 55 см$			
	29,7	26	4,7	+18,8
	25,7	163	+0,7	+ 2,8
$H_{н.б} = 43 см$	$H_{в.б} = 65 см$			
	29,7	49	+4,7	+18,8
	25,5	172	+0,5	+ 2,0
	$H_{в.б} = 54 см$			
	43,7	33	+0,7	+ 1,62
	42,6	170	-0,4	- 0,93
	$H_{в.б} = 64 см$			
	44,1	23	+1,1	+ 2,56
	42	159	-1,0	- 2,33

Следует отметить и отрицательные стороны конструкции автомата: во-первых, уменьшение пропускной способности сооружения вследст-

вие того, что камера, в которой помещен поплавок, уменьшает размер канала в свету; во-вторых, камера, отверстие и поплавок находятся в зоне бурного потока, образующегося при больших пропускных расходах и открытиях щита. В этих случаях горизонт в камере отличается от горизонта в зоне спокойного течения. Этим и объясняются сравнительно большие погрешности при малых горизонтах нижнего бьефа.

Мы предложили вынести поплавок в изолированный колодец, сообщаемый трубой с нижним бьефом, и провели соответствующие исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАТВОРА-АВТОМАТА НИЖНЕГО БЬЕФА С ПОПЛАВКОМ В ОТДЕЛЬНОМ КОЛОДЦЕ

Натурный образец затвора-автомата нижнего бьефа с поплавком в отдельном колодце (рис. 6) представляет собой сегментный затвор, обшивка которого очерчена по радиусу 730 мм из центра оси вращения затвора. Привод затвора осуществляется с помощью поплавка,

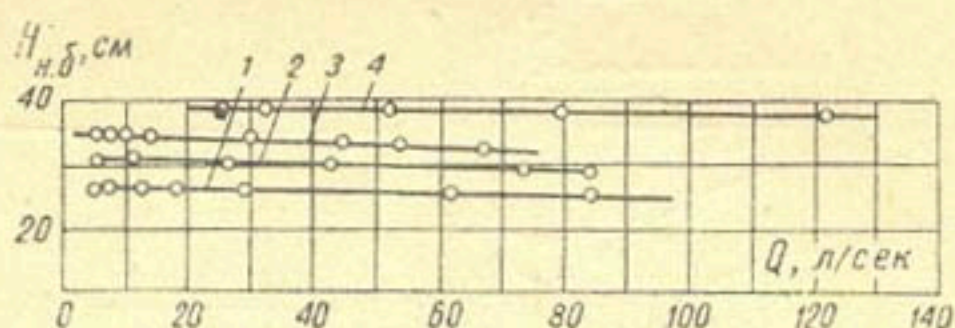


Рис. 7. График поддержания постоянного горизонта в нижнем бьефе для автомата с поплавком в колодце:

1— $H_1=25$ см; 2— $H_2=30$ см; 3— $H_3=35$ см; 4— $H_4=40$ см.

помещенного в изолированный колодец. Колодец с помощью трубы сообщается с нижним бьефом, выходной конец трубы помещается в месте, где по условиям эксплуатации необходимо поддерживать постоянный горизонт. В нашем случае он находился на расстоянии 3 м от торца обшивки затвора.

Металлоконструкция затвора и поплавок может быть сбалансирована с помощью передвижного противовеса. На вертикальных стойках помещен контргруз 23, уравнивающий выталкивающие моменты поплавка. Положение контргруза можно менять за счет его передвижения по стойкам и изменением наклона стоек относительно вертикали.

Методика исследования была принята такой же, какая применялась при исследовании автомата нижнего бьефа с поплавком в русле (тип «Нейрпик»).

Перед началом опытов затвор балансировался в лотке без воды с помощью противовеса 10. Горизонты воды верхнего и нижнего бьефов в лотке замерялись по пьезометрам, углы подъема затвора фиксировались по шкале угломера, расходы, которые пропускались в опытах, замерялись с помощью трапецеидального водослива. Горизонты нижнего бьефа изменяли клапанным щитком, установленным в конце лотка.

Балансировка затвора на поддержание расчетного горизонта проводилась в лотке, заполненном водой до нужной отметки, при $Q=0$ так, чтобы затвор находился в безразличном равновесии при всех углах открытия.

После регулировки затвора-автомата была проведена серия опытов по определению погрешностей при пропуске транзитных расходов

от 0 до максимально возможных и построен график $H_{н.б} = f(Q)$ для $H_{н.б} = 25, 30, 35, 40$ см (рис. 7). При этом получены следующие результаты:

$H_{н.б}$, см	Колебания $H_{н.б}$, см	Погрешность, см	Относительная погрешность, %
25	25,7—23,8	0,7—1,2	2,8—4,8
30	30,7—28,8	0,7—1,2	2,33—4,0
35	35,0—32,2	0,0—2,2	0,0—6,3
40	39,3—37,0	0,7—3,0	2,33—7,5

В результате проведенных опытов установлено, что конструкция автомата нижнего бьефа с поплавком в отдельном колодце обладает рядом положительных свойств:

1) простота конструкции, отсутствие лекал, улиток, шкивов и других приспособлений, усложняющих конструкцию и эксплуатацию затворов;

2) точное регулирование горизонтов;

3) возможность перерегулирования на другие горизонты;

4) неизменность пропускной способности сооружения;

5) полное открытие щитового отверстия в результате максимального угла подъема затвора;

6) устойчивая работа автомата, возможная благодаря выносу поплавка в отдельный колодец и ликвидации динамического воздействия потока воды при истечении из-под затвора;

7) возможность изготовления металлоконструкций автоматов в заводских условиях большими партиями;

8) универсальность конструкции и возможность ее применения в качестве автомата горизонта верхнего бьефа в результате простого переноса поплавка, управляющего движением затвора в колодец, сообщаящийся с верхним бьефом сооружения. Это особенно важно в условиях заводского изготовления больших партий автоматов.

У. Ю. ПУЛАТОВ, П. Я. САРУХАНОВ

МЕХАНИЧЕСКИЙ ГРУНТООТБОРНИК ДЛЯ ГЛУБИННОГО ОТБОРА ПРОБ ГРУНТА НЕНАРУШЕННОЙ СТРУКТУРЫ НА ОБЪЕМНЫЙ ВЕС

Один из основных показателей грунта — его объемный вес, величиной которого характеризуются фильтрационные, прочностные и другие свойства грунта. Поэтому поисковым, геологическим и строительным работам всегда предшествует или сопутствует операция, связанная с отбором проб грунта ненарушенной структуры на различной глубине.

Однако операция по отбору проб грунта на плотность, будучи массовой, трудоемка. Отсюда основная задача исследователей — разработать скоростные механизированные способы отбора проб на объемный вес.

Нам не известны приборы и оборудование, с помощью которых можно было бы механизировать процесс отбора проб. Единственный способ, применяемый по настоящий день, связан с отрывом шурфов на заданную глубину (обычно 4—5 м) и отбором проб со стенок шурфа (вручную) при помощи грунтоотборных гильз, например прибора Литвинова.

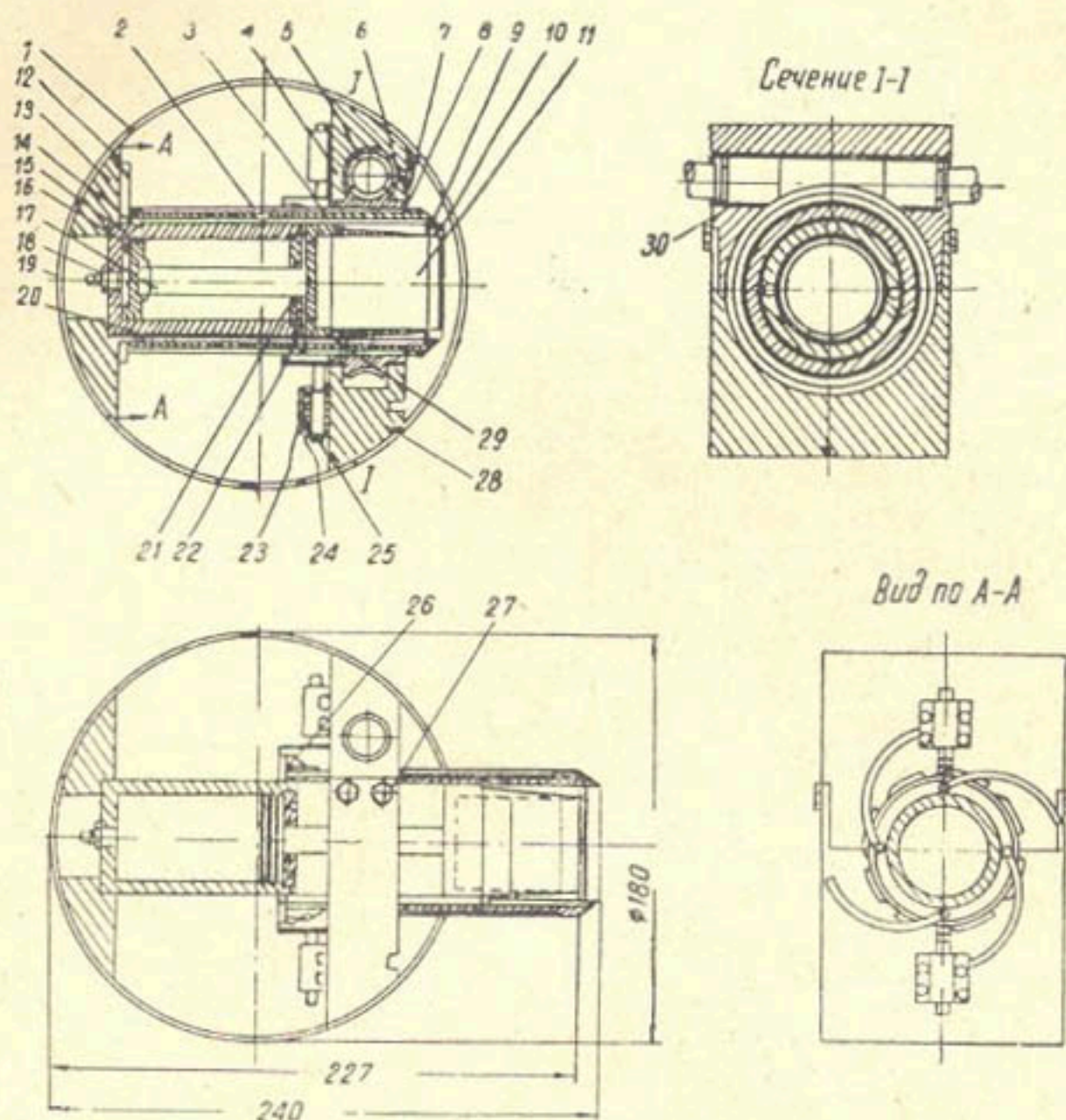
Сотрудниками отдела механизации Среднеазиатского научно-исследовательского института водных проблем и гидротехники (САНИИВ-ПиГ) была разработана конструкция механического грунтоотборника (МГ), позволяющего полностью механизировать процессы, связанные с глубинным отбором проб грунта ненарушенной структуры на объемный вес.

Механический грунтоотборник состоит из отдельных секций, собираемых в общий блок. Число секций определяется необходимым количеством проб, отбираемых в стандартные гильзы объемом 100 см³. Секция механического грунтоотборника (рисунок) представляет собой корпус-трубу (1) диаметром 180 мм и высотой 200 мм, внутри которой монтируется механизм отборника, состоящий из гидросистемы, червячного редуктора с винтовым цилиндром и отрезным механизмом.

Гидросистема включает гидроцилиндр (14), центрируемый на опоре (13), поршень (16), перемещающийся внутри гидроцилиндра (14), шток (17), передающий давление поршня коронке отборника (29). Гидроцилиндр (14) закрыт резьбовой крышкой (22), имеющей сальниковое уплотнение (21) в плоскости, сопрягаемой со штоком (17). В торцевой части находится отверстие для установки штуцера (18) трубы высокого давления.

Червячный редуктор состоит из трехзаходного червяка (5), червячного колеса (8), корпуса редуктора: верхнего (4) и нижнего (28), при-

крепленного к корпусу-трубе (1). На внутренней плоскости червячного колеса (8) имеется ленточная резьба, сопрягаемая с резьбой винтового цилиндра (2). Вдоль внешней плоскости винтового цилиндра нарезаны два паза на глубину резьбы шириной 4 мм, в которые входят



лапы фиксатора (25), установленные в корпусе червячного редуктора. В стенках винтового цилиндра (2) симметрично расположены четыре отверстия, через которые проходят оси (20). На внутренней плоскости винтового цилиндра нарезаны две канавки, в одной из которых располагаются ножи (9), а в другой упоры (3). В конце винтового цилиндра укреплен ограничитель (26), выполненный в виде храпового колеса. На осях (20) жестко закреплены ножи (9), упоры (3) и рычаги (12). Такое крепление деталей обеспечивает зависимость их положения друг от друга.

Технологический процесс отбора проб заключается в следующем: 1) отрыв скважины специальным буром на требуемую глубину; 2) установка в скважину прибора; 3) отбор проб грунта; 4) извлечение из скважины прибора; 5) снятие отобранных проб грунта из прибора.

Отрыв скважины буром со шнеком и обсадной трубой, навешиваемой на самоходное шасси ДВСШ-16, производится в такой последовательности.

Бур, удерживаемый в направляющих, устанавливается на месте предполагаемого отбора проб; от вала привода вращение передается буру, который врезается в грунт, срезает и перемещает его на шнек, находящийся на одном валу с ним. По мере заглубления бура шнек с обсадной трубой опускается в скважину. При заполнении грунтом обсадная труба вместе с буром и шнеком извлекается из скважины.

В скважину вставляется прибор для отбора проб грунта. Золотник гидросистемы ставится в рабочее положение; по трубке высокого давления жидкость с помощью насоса нагнетается в гидроцилиндр (14) и перемещает поршень (16), который через шток (17) давит на коронку отборника (29). При этом по показанию манометра, включенного в гидросистему, определяется суммарное сопротивление грунта резанию. Вместе с коронкой отборника (29) перемещается и гильза с передней насадкой, по мере движения поршня врезаясь в грунт. Так как диаметры корпуса прибора и обсадной трубы одинаковы, то прибор в скважине имеет относительно плотную посадку и при врезании гильзы в грунт упирается в противоположную стенку скважины.

Постоянное атмосферное давление внутри гильзы, заполняемой грунтом, сохраняется с помощью четырех симметрично расположенных по диаметру отверстий, находящихся в коронке отборника. Скользящая посадка коронки отборника в винтовом цилиндре исключает перекосы и обеспечивает строгое направление гильзы при врезании в грунт. По достижении поршнем (16) крайнего положения в гидроцилиндре коронка отборника, гильза и передняя насадка оказываются заполненными грунтом; давление в гидросистеме падает, подача жидкости в гидроцилиндр прекращается. Золотник устанавливается в холостое положение (система сообщается с атмосферой). После этого включается муфта привода червячного редуктора; вращение передается червячному колесу, которое благодаря винтовой нарезке на внутренней плоскости стремится увлечь за собой винтовой цилиндр. Однако наличие фиксаторов, находящихся в пазах, исключает возможность вращения винтового цилиндра. Он перемещается вперед, срезая грунт с внешней стороны гильзы. Скользящая посадка сопрягаемых плоскостей между гидроцилиндром и винтовым цилиндром обеспечивает требуемое направление движения винтового цилиндра. Дойдя до крайнего положения, ограничитель (26) конусной плоскостью поднимает фиксаторы (25), выводит их из пазов и упирается в червячное колесо; после этого винтовой цилиндр начинает вращаться, причем фиксаторы, скользя по скосам храповой части ограничителя (26), не препятствуют вращению. При вращении винтового цилиндра рычага (12) они попадают под удлиненную часть лап фиксаторов и прижимаются к ограничителю, выводя из пазов ножи (9), срезающие грунт, и упоры, прижимающиеся к коронке отборника. Таким образом, грунт, находящийся в гильзе, оказывается отрезанным от монолита.

После трех-четырех оборотов винтового цилиндра изменяется направление вращения червячного колеса; при этом лапы фиксаторов попадают на выступы храповой части ограничителя (26), останавливают винтовой цилиндр, и он начинает перемещаться назад в корпус. Упоры вместе с винтовым цилиндром увлекают за собой коронку отборника, а ножи поддерживают грунт у торца передней насадки гильзы.

Так как длина лапы фиксатора больше ширины ограничителя и выполнена удлиненной с разной высотой, то движение винтового цилиндра назад вследствие торможения на храповой части ограничителя продолжается до освобождения рычагов. Винтовой цилиндр проворачивается на некоторый угол до попадания лап фиксаторов в пазы, и дальнейшее торможение осуществляется за счет паза до полного скрытия винтового цилиндра вместе с гильзой в корпусе прибора.

По окончании описываемой операции прибор извлекается из скважины, из винтового цилиндра снимается коронка отборника с гильзой и насадкой. Последующие операции с отобранном грунтом производятся аналогично существующим способам анализа грунта.

Наличие передней насадки и коронки отборника обеспечивает удаление части грунта, который при бурении скважины и срезе ножами (9) может быть деформирован.

Таким образом, по грунту, находящемуся в гильзе-отборнике (11), определяется объемный вес грунта естественного залегания, а давлением, необходимым для врезания коронки отборника в монолит, — сопротивление грунта срезу.

В настоящее время изготавливается опытный образец прибора на три секции, испытание которого на различных грунтах позволит определить точность его показаний, конструктивные недостатки и сферу использования в производстве.

СОДЕРЖАНИЕ

1. У. Ю. Пулатов. Комплексная механизация работ в ирригации Средней Азии	5
2. Э. М. Островский. О механическом уплотнении грунтов в дренажных траншеях	22
3. Э. М. Островский. Исследование трамбовочного агрегата непрерывного действия для уплотнения внутрихозяйственных каналов	35
4. А. Абрарходжаев. К вопросу о механизации уплотнения грунтов в каналах	43
5. А. Г. Еременков. К вопросу о подъеме жидкости открытой лентой	51
6. Н. Н. Омелин. О подборе погружных и артезианских насосов для вертикального дренажа	54
7. Г. М. Белинский. Исследования организации и эксплуатации телемеханизированных участков буровых скважин на воду	67
8. А. А. Гартунг, И. Б. Хамадов. Результаты исследований сегментных затворов-автоматов нижнего бьефа	76
9. У. Ю. Пулатов, П. Я. Саруханов. Механический грунтоотборник для глубинного отбора проб грунта ненарушенной структуры на объемный вес	86
