П-11

П.А.ПОЛАД-ЗАДЕ, Н.С.ГРИШЕНКО,
П.П.ЧАТАЛБАШЕВ

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА КРУПНЫХ КАНАЛОВ

ТС-72
626.82

П. А. ПОЛАД-ЗАДЕ, Н. С. ГРИШЕНКО,
П. П. ЧАТАЛБАШЕВ

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА КРУПНЫХ КАНАЛОВ

Под редакцией
П. А. ПОЛАД-ЗАДЕ

Уважаемому Виктору Абрамовичу с благодарностью за заботливое и уважительное к нам отношение!

17.03.83.

МОСКВА «КОЛОС» 1982

ББК 38.778
П49
УДК 631.67:626.82

Рецензенты: кандидаты технических наук *В. А. Духовный* (САНИИРИ) и *В. Г. Ясинецкий* (МГМИ).

Полад-заде П. А. и др.

П 49 Опыт строительства крупных каналов / П. А. Полад-заде, Н. С. Гришенко, П. П. Чаталбашев; Под ред. П. А. Полад-заде. — М.: Колос, 1982. — 208 с., ил.

В книге обобщен опыт строительства крупных каналов в различных климатических, топографических, инженерно-геологических и гидрогеологических условиях. Приведены технико-экономические показатели крупных мелиоративных каналов, даны рекомендации по снижению стоимости и трудоемкости их строительства.

Для специалистов проектных и строительных водохозяйственных организаций.

$П \frac{3802030000-310}{035(01)-82} 75-82$ ББК 38.778 6С7.5

ПОЛАД АДЖИЕВИЧ ПОЛАД-ЗАДЕ,
НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ ГРИШЕНКО,
ПЕТР ПЕТРОВИЧ ЧАТАЛБАШЕВ

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА КРУПНЫХ КАНАЛОВ

Заведующая редакцией В. П. Орлова
Редакторы Г. М. Попова, Г. П. Попова
Художник Р. Р. Вейлерт
Художественный редактор Н. М. Коровина
Технический редактор Л. А. Бычкова
Корректоры: Г. И. Чемерицкая, Н. В. Шиманя, С. А. Комаровская

ИБ № 3039

Сдано в набор 26.07.82. Подписано к печати 03.11.82. Т-19582. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага целлюлозная. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 13. Усл. кр.-отт. 31,25. Уч.-изд. л. 15,07. Изд. № 169. Тираж 2400 экз. Заказ. № 295. Цена 1 р. 80 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос»,
107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Белоцерковская книжная фабрика, 256400, г. Белая Церковь, ул. Карла Маркса, 4.

© Издательство «Колос», 1982

ПРЕДИСЛОВИЕ

Высокие темпы мелиоративных работ за последние годы, освоение новых массивов орошаемых земель потребовали строительства большого числа крупных каналов расходом воды более 500 м³/с и протяженностью свыше 1000 км.

Водохозяйственные прогнозы главных речных бассейнов Волги, Дона, Кубани, Днепра, Урала, Сырдарьи, Амударьи, Куры и др. свидетельствуют о необходимости существенного пополнения их водных ресурсов для дальнейшего развития народного хозяйства. Межбассейновые переброски речного стока потребуют строительства крупных каналов большой протяженности, рассчитанных на пропуск расходов воды более 100 м³/с. При строительстве их важное значение будет иметь оптимизация технологии земляных работ и выбор строительных машин. Между тем организация строительства крупных каналов, технология производства земляных работ, рекомендации по выбору землеройного оборудования, стоимостные показатели и другие вопросы по строительству крупных каналов в отечественной и зарубежной литературе освещены недостаточно широко. В целом же комплекс вопросов, связанных с обобщением опыта строительства крупных мелиоративных каналов, в современной технической литературе не освещен.

Авторы книги ставили цель обобщить опыт строительства наиболее крупных мелиоративных и некоторых других каналов (в основном комплексного назначения) с применением современной строительной техники и сложившихся в мелиоративном строительстве технологий работ, обратить внимание на трудности, с которыми встречались строители в процессе реализации проектов, наметить пути решения проблем строительства каналов в специфических условиях (безводная песчаная пустыня, глубокие выемки, высокий уровень грунтовых вод и т. п.) и предложить некоторые обобщенные рекомендации по применению различных технологий и землеройных машин в конкретных условиях.

В настоящее время установившегося критерия оценки понятия «крупный канал» в нормативной и технической

литературе не имеется, а существующие толкования этого термина разноречивы. За критерий оценки крупности канала чаще всего принимают его пропускную способность, иногда при этом дополнительно учитывают и длину его.

В настоящей книге авторы не ставили задачу классифицировать каналы по различным параметрам (расход, длина, объем работ, параметры поперечного профиля, климатические зоны и др.), а ограничились рассмотрением и обобщением опыта строительства их в наиболее сложных условиях.

Анализ опыта строительства охватывает каналы расходом от 50 ... 100 м³/с (Иртыш — Караганда — 75 м³/с, Верхне-Ширванский — 78 м³/с, Самур-Апшеронский — 55 м³/с и др.) до 300 м³/с и более (Каракумский — 510 м³/с, Главный Каховский — 530 м³/с, Большой Андижанский — 330 м³/с, Южно-Голодностепский — 300 м³/с).

Приведенные в книге анализ современного состояния и перспективы развития строительного оборудования, рекомендации по использованию различных землеройных и землеройно-транспортных машин и их технические характеристики помогут специалистам при выборе конкретных машин применительно к специфическим условиям проектируемых и строящихся каналов. Рассмотренные вопросы стоимости строительства каналов и рекомендации по ее снижению ориентируют проектировщиков и строителей на целенаправленный поиск наиболее экономичных технологий работ и применение прогрессивных решений.

ГЛАВА 1

ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАНАЛОВ

Строительство крупных каналов связано с выполнением весьма больших объемов земляных работ, исчисляемых десятками, а иногда и сотнями миллионов кубических метров. Технология и способы производства земляных работ, наличный парк строительных машин подрядчика и возможность его пополнения оказывают существенное влияние на трудоемкость, продолжительность и стоимость строительства каналов.

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

В практике строительства мелиоративных каналов сложились три способа производства земляных работ: механический, гидромеханизированный и взрывной, а также различные их комбинации. Кроме того, при строительстве некоторых каналов применяют саморазмыв грунта водным потоком.

Механический способ получил наиболее широкое применение на земляных работах при устройстве каналов. Преобладающая часть земляных работ при строительстве почти всех крупных отечественных каналов, кроме Каракумского, Днепр — Донбасс, Шерабадского и некоторых других, выполнена механическим способом различными землеройными и землеройно-транспортными машинами (скреперы, бульдозеры, экскаваторы).

Гидромеханизированный способ в соответствующих условиях находит довольно широкое применение. Основные условия, способствующие широкому и эффективному его применению,— наличие водоисточников с достаточным дебитом для безвозвратного отбора воды при работе средств гидромеханизации, возможность подачи электроэнергии для работы земснарядов, а также заболоченность, наличие озер на территории, строительство в пустынной местности и другие факторы, осложняющие применение механического способа. Опыт строительства Каракумского канала показал высокую эффективность применения гидромеханизированного способа в песчаных грунтах при ведении воды за собой. При таком способе в условиях безводной песчаной пустыни, кроме ряда позитивных факторов строительного характера, можно отметить, что уже в процессе производства работ песчаный грунт насыщался водой и значительно снижались фильтрационные потери в начальный период эксплуатации канала.

Взрывной способ с применением взрывания грунта на выброс обеспечивает интенсификацию работ при строительстве каналов на

участках глубоких выемок и большого сосредоточения объемов работ. К преимуществам этого способа относится значительное уменьшение сроков строительства, высокая производительность труда, устранение сезонности работ, резкое снижение потребности в землеройных машинах, топливно-смазочных материалах и рабочей силе.

В качестве примеров эффективного использования энергии взрыва в мягких грунтах можно назвать строительство Паллассовского, I очереди Амубухарского, Северо-Ташкентского, Сары-Курганского и Шуркульского каналов, Мургабского коллектора (III очередь), пионерной прорези IV очереди Каракумского канала, участков канала Иртыш — Караганда и др. (Азаркович, Чаталбашев, 1980).

Наряду с положительным опытом взрывного способа на ряде каналов наблюдались и негативные его последствия. При строительстве каналов массовыми взрывами на выброс в водонасыщенных грунтах с близко залегающими грунтовыми водами, а также в грунтах, обладающих плывунными свойствами, под действием взрывной волны происходили тиксотропные изменения грунта, и после образования выемки канал заполнялся разжиженным грунтом. Подобные факты наблюдались при строительстве коллекторно-дренажной сети в Голодной степи и Кура-Араксинской низменности, осушительных каналов в Краснодарском крае и т. д. (Шумаков, Миндели, 1975). Поэтому при проектировании каналов, строительство которых будет осуществляться взрывным способом, необходимо проведение детальных инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий для установления физико-механических свойств грунтов, подвергающихся действию взрыва.

Саморазмыв в практике гидротехнического строительства при устройстве каналов получил ограниченное распространение (Туркменская ССР, Узбекская ССР и др.). Наибольший практический интерес в этом отношении представляет опыт разработки пионерной траншеи при строительстве I очереди Каракумского канала. Опыт строительства канала показал, что при наличии воды разработка глубоких выемок в песчаных грунтах открытым потоком со складированием грунта в естественные понижения дает большой экономический эффект и ускоряет сроки выполнения работ.

КРУПНЕЙШИЕ МЕЛИОРАТИВНЫЕ КАНАЛЫ В СССР

Широкая география мелиоративных работ предопределяет то, что сегодня крупные мелиоративные каналы можно видеть во всех регионах страны. В Среднеазиатских республиках это Каракумский (Туркменская ССР), Большой Андижанский, Амубухарский, Каршинский, Джизакский, Шерабадский, Большой Наманганский и другие (Узбекская ССР), на территории РСФСР — это Большой Ставропольский, Саратовский, Куйбышевский, Донской магистральный и др., на Украине — Главный Каховский, Днепр — Донбасс, Северо-Крымский, Днепр — Кривой Рог и др., в Азербайджанской ССР — это Верхне-Ширванский, Верхне-Карабахский, Главный Мильский, Самур-Апшеронский и Главный Муганский каналы, Мильско-Карабахский, Главный Ширванский коллекторы и др.

Эти каналы построены за последние 15 ... 20 лет, в основном в 60 ... 70-е годы, с использованием, как правило, традиционных строительных машин, которые и в настоящее время широко применяются в мелиоративном строительстве. При строительстве крупных каналов для разработки грунтов выемки используют несколько типов машин с распределением между ними ярусов разработки или отдельных участков трассы, где по геологическим, гидрогеологическим и топографическим условиям экономически эффективно применение определенных машин.

Глубины открытых выемок подавляющего большинства крупных каналов и коллекторов не выходят за пределы 10 ... 15 м, лишь на отдельных из них наблюдались выемки до 35 ... 40 м (Главный Каховский — до 26 м, рабочая часть Каршинского — до 32 м, Амубухарский — до 18 м, Шерабадский — до 43 м, Большой Ставропольский — до 37 м, Главный Ширванский коллектор — до 32 м и др.).

При глубинах до 20 ... 25 м в нескальных грунтах наиболее рентабельно строительство каналов в открытых выемках, а при больших глубинах целесообразно проводить технико-экономические сравнения открытой и туннельной проходок канала.

Технико-экономические сравнения пересечения каналами возвышенностей должны охватывать варианты не только глубокой открытой и туннельной закрытой выемок, но и различной степени разуглубления каналов с устройством насосных станций подкачки перед участком глубокой выемки.

Если по геологическим условиям в припортальной выемке необходимо сооружение подпорных стен или закрепление откосов иным способом, то стоимость этих работ, отнесенную к одному метру выемки, следует добавить к стоимости туннеля.

Каракумский канал им. В. И. Ленина. Это крупнейший отечественный канал межбассейновой переброски стока, решающий комплекс задач: орошение и обводнение земель, водоснабжение промышленных и сельскохозяйственных районов, развитие перерабатывающей промышленности, создание нового водного тракта (рис. 1).

Наиболее ценным с точки зрения проведения работ при строительстве этого канала является приобретение опыта проектирования и строительства крупного канала в условиях сыпучих барханных песков.

Строительство Каракумского канала (рис. 2), начатое в 1954 г., велось по очередям строительными подразделениями Главкаракумстроя по проектам Туркменгипроводхоза.

Первая очередь строительства канала (Амударья-Мургаб) была сдана в эксплуатацию в 1962 г. Строительством канала с головным расходом воды 130 м³/с (объем перебрасываемого стока 3,5 км³

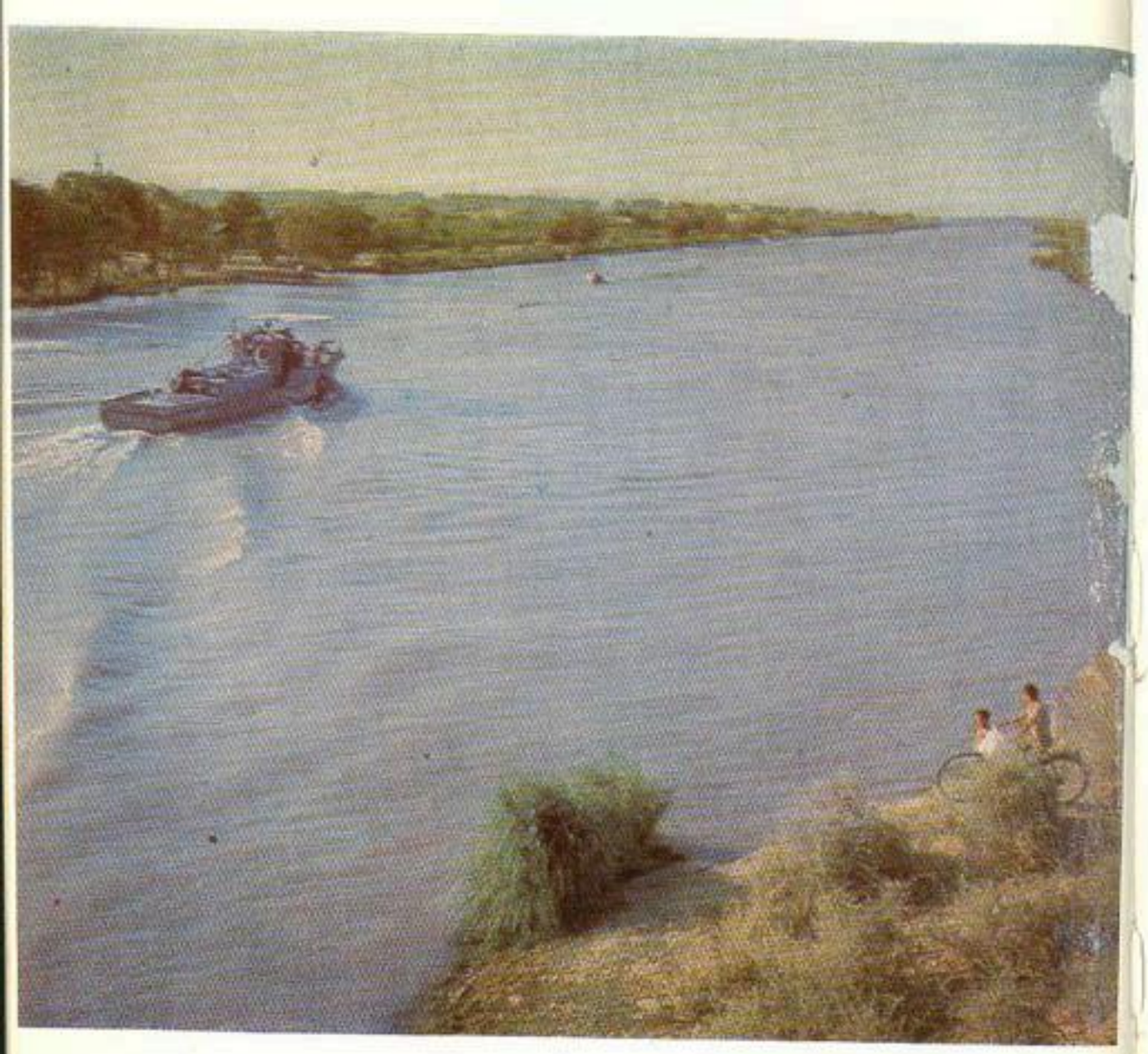

Рис. 1. Каракумский канал им. В. И. Ленина.

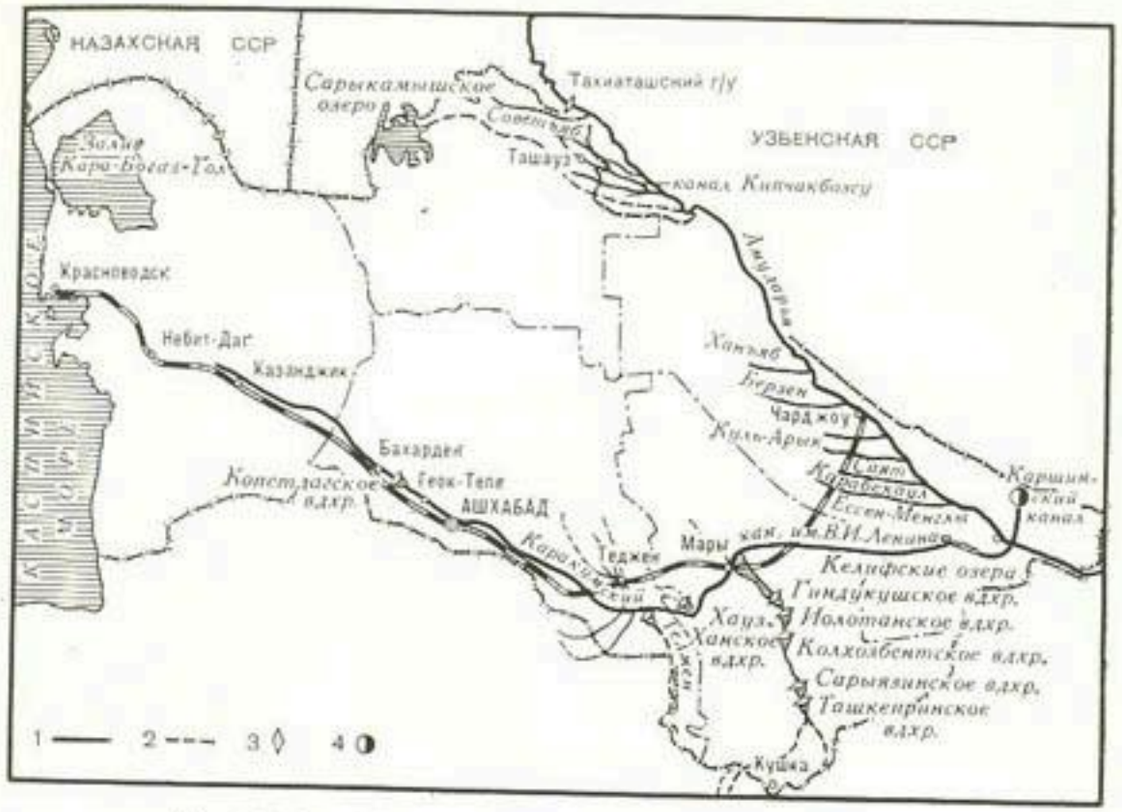

Рис. 2. Схема Каракумского канала им. В. И. Ленина:
1 — каналы; *2* — коллекторы; *3* — гидроузлы; *4* — насосная станция.

в год) и протяженностью 397 км предусматривался ввод дополнительных 88 тыс. га орошаемых земель в Мургабском бассейне и повышение водообеспеченности существующих площадей орошения.

Сложность проектирования и строительства канала заключалась в преодолении почти трехсоткилометрового участка пустыни с холмистым рельефом и сложными инженерно-геологическими, гидрогеологическими и климатическими условиями. По инженерно-геологическим и топографическим условиям на трассе канала можно выделить пять участков (Гринберг, 1963).

Первый участок (от головного водозабора до 30-го километра) протрассирован с использованием русла магистрального Бассага-Керкинского канала и далее до 52-го километра по руслу Келифского сброса. Преобладающие грунты — суглинки, супеси и мелкозернистые пески. Уровень грунтовых вод в период строительства залегал на глубине от 1,5 до 5 м от поверхности земли.

На втором (озерном) участке (52 . . . 100-й километр) канал протрассирован по шоровым впадинам и протокам Келифского Узбоя, при этом цепь озер была использована в качестве естественного отстойника. К 1983 г. ожидается естественное заиление озерных отстойников и в них будет образовано русло канала. На участке преобладают лёссовидные, пылеватые суглинки, грунтовые воды вскрыты на глубине от 0 до 4 м от поверхности.

Третий участок (100 ... 192-й километр) канала проходит по песчаной пустыне Обручевской степи со сравнительно спокойным рельефом, в конце участка (примерно со 180-го километра) трасса проложена в наиболее тяжелых рельефных условиях пустыни с бугристо-котловинным и бугристо-грядовым характером при разности отметок 25 м и более. Грунты по трассе — тонкозернистые пески и супеси с прослоями глин и суглинков. Грунтовые воды в период строительства залегали на глубине 11 ... 21 м.

На четвертом участке (192 ... 307-й километр) канал протрассирован по бугристо-грядовой песчаной пустыне в мелкозернистых песках. Здесь глубины выемок достигают 16 ... 17 м, а высоты насыпей — до 10 м. Грунтовые воды в период строительства вскрывали на глубине 16 ... 36 м.

Пятый участок (307 ... 397-й километр) канала проходит по аллювиальным отложениям древней дельты р. Мургаба в легких супесчаных и суглинистых грунтах. Грунтовые воды здесь вскрыты на глубине 15 ... 30 м.

Строительство канала I очереди велось одновременно со стороны рек Амударьи (восточный участок) и Мургаба (западный участок). На восточном участке строители вели за собой амударьинскую воду, используя ее для работы земснарядов, а также для производственных и бытовых нужд. Такая организация работ позволила осуществить замочку канала и насыщение подстилающих грунтов уже в период строительства и улучшить гидрогеологические условия трассы, что более чем в 4 раза снизило фильтрационные потери в период пуска воды в канал.

На западном участке канала земляные работы выполняли в основном экскаваторами с перемещением отвалов бульдозерами.

На восточном участке наибольший интерес представляет строительство пионерной траншеи канала с помощью скреперов и бульдозеров. В связных грунтах пионерную траншею устраивали скреперами участками в 4 ... 8 км в водопроницаемых грунтах и 12 ... 15 км в маловодопроницаемых грунтах с недоборами до проектных отметок дна канала на 2,5 м. Размеры пионерной траншеи назначали из условия пропуска расхода воды примерно 16 м³/с, обеспечивающего работу земснарядов, которые расширяли канал до проектного профиля.

Со 160-го километра на трассе канала появились сухие барханные пески, наполнение ковшей прицепных скреперов резко ухудшилось (3 вместо 6 м³, а в отвал доставлялось только 1 ... 1,2 м³ грунта). Сухой, тонкозернистый барханный песок «вытекал» через неплотности между заслонкой и дном скрепера.

В связи с резким падением выработки скреперного парка в барханных песках строители на этих участках перешли к работе бульдозерами. На участках, где имелись прослои влажных глин и суглинков, продолжали использовать скреперы. В этом случае скрепер, набирая грунт сверху вниз, выбирал нижний слой влажного грунта, служивший пробкой, которая препятствовала вытеканию песка из скреперного ковша (Гринберг, 1963).

Пионерную траншею восточного участка Каракумского канала в барханных песках бульдозерами строили двумя способами — траншейным и траншейно-комбинированным.

При траншейном способе бульдозер на тракторе мощностью 74 кВт на участке длиной 50 ... 60 м перпендикулярно к оси канала нарезал траншеи глубиной, не превышающей высоту трактора. После нарезки траншей первого яруса перемычки обрушались бульдозером при движении его перпендикулярно к оси канала, и грунт вывозился в отвал. Затем весь процесс возобновлялся на втором и последующих ярусах разработки.

Наиболее экономичные результаты были получены при разработке бульдозерами профиля канала со следующими откосами: в выемке глубиной до 3 м — 1 : 3, глубиной от 3 до 8 м — не менее 1 : 4 и глубиной более 8 м — 1 : 5.

Уположение откосов выемки с увеличением ее глубины в некоторой степени сдерживало снижение производительности бульдозеров, наблюдавшееся по мере заглубления канала.

Траншейный способ был заменен более усовершенствованным траншейно-комбинированным, при котором перемычки между траншеями разрушались бульдозерами при движении их вдоль оси канала.

Грунт перемычек нижнего яруса не вывозили в отвал, а оставляли в канале, так как последнюю траншею устраивали ниже дна канала с расчетом заполнения переборов грунтом перемычек. При траншейно-комбинированном способе выработка бульдозеров была повышена на 25 ... 30% по сравнению с траншейным (Гринберг, 1963).

Значительный интерес представляет использование бульдозеров на разработке выемок канала глубиной более 10 м в барханных песках. Строители сомневались в целесообразности перемещения песчаного грунта бульдозерами сразу на полную высоту, которая с учетом отвалов достигла 22 м. Поэтому в первый период строительства глубокие выемки в барханных песках разрабатывали в два приема: вначале на глубину 5 ... 6 м, причем заранее готовили боковую пазуху, в которую затем укладывали весь грунт из нижней части выемки.

Впоследствии была установлена возможность транспортирования грунта по откосу бульдозером на полную высоту (до 22 м), после чего все глубокие выемки разрабатывали без устройства пазух, но с более пологим, чем было предусмотрено проектом, откосом в верхней части канала.

Несмотря на то, что проектом I очереди бульдозерам отводилась вспомогательная роль, опыт строительства расширил область их применения и сделал бульдозеры ведущими землеройными машинами в условиях барханных песков.

Если по проекту доля бульдозерных работ в общем объеме земляных работ составляла 9,6%, то фактически ими было выполнено 36%. Это было учтено при составлении проектов последующих очередей.

На западном участке канала работы выполняли главным образом экскаваторами драглайн с перемещением отвалов грунта в постоянные кавальеры бульдозерами. Опыт строительства показал, что экскаваторы в барханных песках имеют низкую производительность главным образом из-за «вытекания» сухого сыпучего песка из стандартного ковша. Исследования, проведенные на строительстве канала и в лабораторных условиях САНИИРИ (В. В. Федоров), позволили создать специальный ковш для работы в сухих песчаных грунтах. Вместимость такого ковша по сравнению со стандартным была повышена в среднем на 50%, форма его была изменена за счет увеличения отношения длины к высоте с 2 (стандартный ковш) до 3 (Гринберг, 1963).

На строительстве I очереди Каракумского канала в широких масштабах был применен саморазмыв песчаного грунта при разработке пионерной траншеи на участке 193 ... 244-й километр.

По трассе предполагаемого размыва выбирали глубокие понижения с разностью отметок 3 ... 12 м относительно отметок дна канала, расположенные как по оси канала, так и на расстоянии до 50 ... 60 м с обеих сторон от оси. Таким образом, за счет разности высот местности создавались искусственные перепады. Бульдозерами строили небольшой пионерный канал с недобором дна на 2 ... 3 м, по которому пропускался расход 2 ... 3 м³/с. Водный поток скоростью 3 ... 5 м/с уносил с собой массу сработанного грунта до тех пор, пока уровень воды в понижении не сравнивался с уровнем воды в пионерной траншее, размеры которой увеличивались за счет смыва грунта. При этом была установлена высокая эффективность работы перепадов, заключавшаяся в том, что небольшими расходами воды смывались значительные объемы грунта. По мере продвижения перепада вверх образовывалась глубокая, но сравнительно узкая траншея — быстроток (уклон дна в песчаных грунтах 0,002), уширявшаяся потоком воды. Затем пионерную траншею выше образовавшегося быстротока перекрывали перемычкой, вода из понижения либо фильтровалась через дно, либо сбрасывалась в ближайшее понижение, и этот процесс повторялся до превращения пионерной траншеи в канал, близкий по параметрам к проектному.

Кроме механического способа и саморазмыва, на строительстве широкое применение получили средства гидромеханизации. Земснарядами было разработано около 30% всего объема выемки при строительстве головных подводящих каналов на участках с высоким уровнем грунтовых вод, где применение землеройных машин требовало специальных мероприятий по осушению забоя и дамб Келифских озер, а также при доведении до проектных размеров пионерных траншей.

Вторая очередь строительства (Амударья-Теджен) канала с головным расходом 198 м³/с и протяженностью 535 км (в том числе расширение действующего канала I очереди на всей его длине) была начата в 1960 г., и в этом же году амударьинская вода пионерным каналом была доведена до Тедженского оазиса. После завершения в 1966 г. строительства канала II очереди с головным водозабором до 4,7 км³ в год дополнительные площади орошаемых земель в Тедженском бассейне составили 72 тыс. га, а на 27 тыс. га земель существующего орошения была повышена водообеспеченность. Для регулирования стока в зоне 460-го километра канала построено наливное Хауз-Ханское водохранилище объемом 460 млн. м³, а в конце канала (в бассейне р. Теджена) — русловое Тедженское водохранилище.

Накопленный опыт при сооружении канала I очереди в тяжелых условиях пустыни был использован при проектировании и строительстве II очереди, что позволило построить пионерный канал длиной 138 км, в том числе более 60 км по безводному песчаному участку, в исключительно короткие сроки — за семь месяцев.

На участке от р. Амударьи до р. Мургаба трасса проходит по каналу I очереди (с расширением и углублением его на всем протяжении на увеличивающийся расход), на участке Мургаб-Теджен длиной 138 км канал строился заново.

Грунты по трассе канала II очереди на участке Амударья-Теджен представлены песками — 69%, легкими и тяжелыми супесями — 19%, легкими и тяжелыми суглинками — 7% и глинами — 5%.

Расширение и углубление канала на участках легких грунтов проводились земснарядами подачей по грунту 70 и 100 м³/ч, а на участках тяжелых грунтов (в основном 314...395-й километр) — экскаваторами драглайн из-под воды. Перемещение экскаваторных отвалов в постоянные кавальеры выполнялось бульдозерами на тракторах мощностью 74 кВт.

От Мургабского до Тедженского бассейнов магистральный канал запроектирован несудоходным, в выемке, полувыемке и на некоторых участках в насыпи. По инженерно-геологическим условиям на трассе канала II очереди на участке Мургаб-Теджен можно выделить четыре участка (Туркменгипроводхоз).

Первый участок длиной около 10 км расположен в левобережной дельте р. Мургаба. Здесь грунты выемки представлены тяжелыми супесями, линзами глин и тяжелых суглинков, грунтовые воды залегают на глубине 1 ... 2,5 м от поверхности земли. Разработку сечения канала проводили скреперами и бульдозерами до отметок, превышающих уровень грунтовых вод на 0,5...0,8 м. Остальную часть выемки канала разрабатывали экскаваторами драглайн с перемещением отвалов в постоянные кавальеры бульдозерами.

Второй участок (405...415-й километр) представляет переходную зону от дельты р. Мургаба к междуречью Мургаб-Теджен. Грунты — тонкозернистые пески с прослоями и линзами тяжелого суглинка, глин и легкой супеси. Выемка канала была устроена скреперами вместимостью ковша 6 м³ и бульдозерами мощностью 74 кВт (рис. 3).

Третий участок протяженностью более 40 км (415...456-й километр) до Хауз-Ханского водохранилища сложен мелко- и тонкозернистыми песками эолового происхождения, местами сыпучими. Глубина залегания уровня грунтовых вод здесь доходила до 25 м.

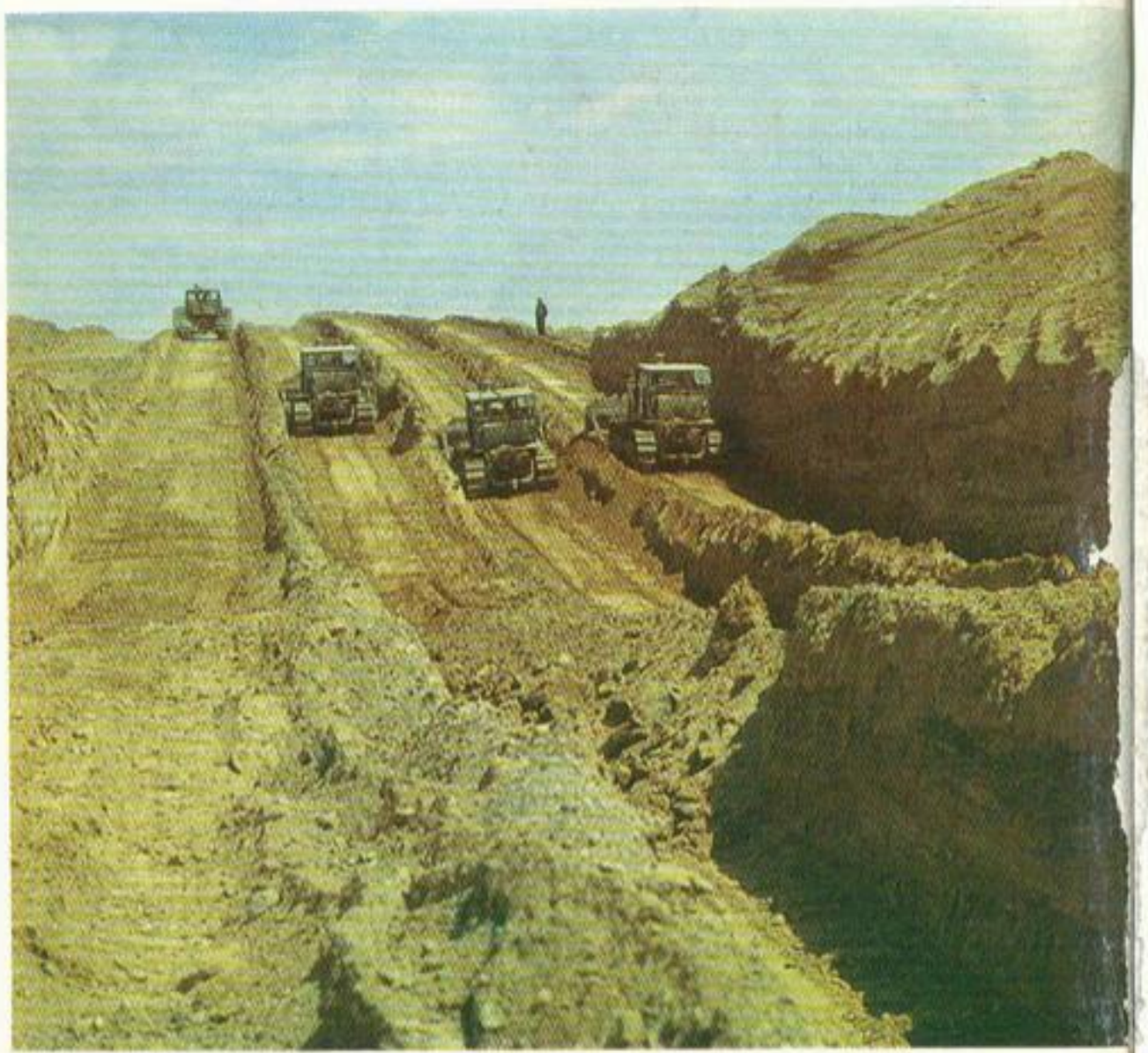

Рис. 3. Разработка выемки Каракумского канала бульдозерами.

Основными землеройными машинами на этом участке явились бульдозеры на тракторах мощностью 74 кВт, которыми было устроено сечение канала полного профиля. Разработку сечения канала проводили в поперечном направлении с размещением отвалов по обе стороны канала.

Четвертый участок от Хауз-Ханского водохранилища до конца сложен супесями и песками с включением суглинков и глин. Грунтовые воды здесь залегали на глубине 10...15 м. Этот участок построен на полный профиль экскаваторами драглайн и бульдозерами на тракторах мощностью 74 кВт.

Бульдозеры, работающие траншейным и траншейно-комбинированным способами, были оборудованы открылками и козырьками на ножах отвалов. Применение открылков увеличило производительность бульдозеров при перемещении песчаного грунта на расстояние от 15 до 50 м на 5...7%.

Третья очередь строительства (Амударья — г. Геок-Тепе) канала (1961...1966 гг.) позволила довести головной расход воды до 317 м³/с. Канал был продолжен до районного центра Геок-Тепе (837-й километр), расширен на всем протяжении построенной части канала, объем Хауз-Ханского водохранилища был доведен до 875 млн. м³. В конце канала построено Копетдагское водохранилище объемом 190 млн. м³. Строительством канала III очереди с увеличением головного водозабора до 8,3 км³ в год был достигнут прирост 50 тыс. га орошаемых земель, улучшена водообеспеченность 147 тыс. га площадей, орошаемых водами рек Мургаба, Теджена и мелкими водотоками. Кроме того, строительство канала позволило обводнить пастбища, снабдить водой населенные пункты и промышленные предприятия в зоне канала и выделить более 700 млн. м³ воды для западных промышленных районов Туркменской ССР.

Способы производства работ при строительстве канала выбирали с учетом следующих основных положений: расширение канала намечено в левую сторону, правый борт канала при расширении не затрагивать; отвалы гидромеханизированной разработки размещать, как правило, с правой, более низкой стороны стабильного борта канала для увеличения его устойчивости; постоянные дамбы левого борта канала устраивать в контурах последующей очереди.

Ниже приведено описание технологии производства работ по четырем участкам канала (Туркменгипроводхоз).

На всем протяжении участка от р. Амударьи до р. Мургаба (0...397-й километр) расширение канала выполняли влево земснарядами производительностью 70 и 100 м³/ч (рис. 4). На участке 178...336-й километр при расширении канала и устройстве выемки в песчаных грунтах правосторонние отвалы устраивали со свободным (пляжным) откосом 1:35. На участках, где канал проходил в насыпях, а также в выемке при наличии вблизи орошаемых и других окультуренных земель, отвалы грунта были размещены в организованных кавальерах шириной поверху 30...70 м.

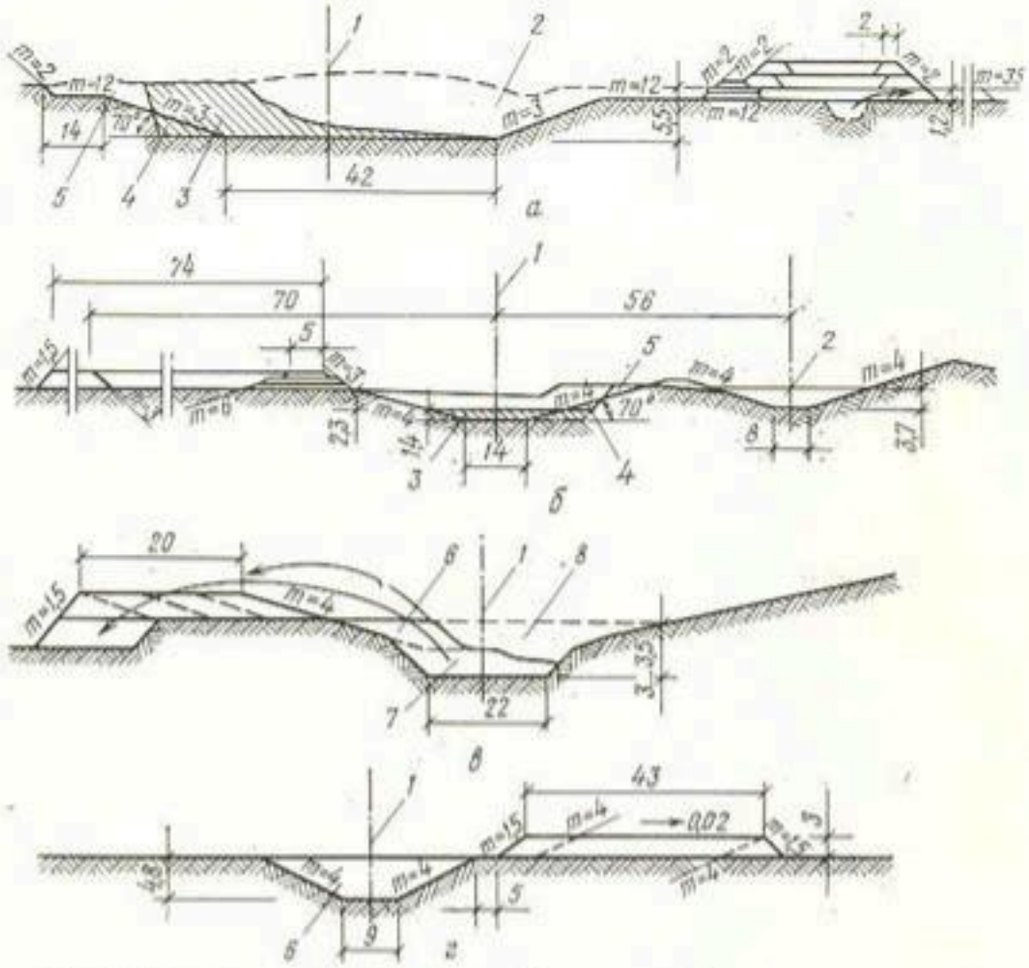

Рис. 4. Технология строительства III очереди Каракумского канала:

а — участок Амударья-Мургаб; *б* — участок Мургаб-Теджен (параллельный канал); *в* — участок Теджен — Ашхабад; *г* — участок Ашхабад — Геок-Тепе; *1* — ось канала III очереди; *2* — сечение канала II очереди; *3* — выемка канала III очереди (разработана земснарядами); *4, 5* — переборы и недоборы грунта при гидромеханизации; *6, 7* — грунт, разработанный соответственно бульдозерами и экскаваторами; *8* — пионерный канал. (Размеры в м.)

На участке от 397 до 474-го километра канала работы выполнялись земснарядами. От 474-го километра до автомобильной дороги Теджен — Серахс был устроен параллельный канал в пределах будущего расширения на расстоянии 50...60 м от оси существующего канала. На строительстве параллельного канала эффективно использовали бульдозеры. При расширении канала в последующих очередях перемычка между каналами была разработана гидромеханизированным способом.

Грунты по трассе на участке 535...660-й километр в основном тяжелые и легкие суглинки, супеси, барханные пески, рельеф от равнинного до холмистого, местами встречаются такыры.

Для ускорения решения проблемы подачи воды к г. Ашхабаду в составе III очереди строительства был построен пионерный канал Теджен — Ашхабад протяженностью 258 км с головным расходом воды 13,7 м³/с (объем выемки 12,7 млн. м³, насыпи 0,28 млн. м³).

Строительство этого канала проводилось землеройными машинами, в основном эскаваторами. Пионерный канал Теджен—Ашхабад был расширен и доведен до проектных размеров.

При уширении пионерного канала можно выделить следующие участки:

от 660 до 670-го километра трасса канала проходила по солончакам с высоким уровнем грунтовых вод, грунты были представлены песками и супесями с прослоями легких и тяжелых суглинков. Уширение канала проводилось гидромеханизированным способом;

от 670 до 690-го километра залегали в основном связные грунты, легкие и тяжелые суглинки и глины. Уширение канала проводили экскаваторами драглайн вместимостью ковша 1 м³ в отвал, формирование кавальеров — бульдозерами;

от 700 до 722-го километра трасса канала проходила по сильно пересеченной местности. На участке 700...702-й километр залегали загипсованные глины и суглинки, от 707 до 714-го километра — сильно загипсованные тяжелые супеси с прослоями гравия и связных грунтов. Кроме того, на участке от 711 до 718-го километра отмечалось значительное число валунов (в среднем до 30% общего объема). На участке 702...707-й километр устройство выемки проводилось гидромеханизированным способом с одновременным усилением существующих дамб.

На остальных участках грунт выемки был разработан бульдозерами на тракторах мощностью 74 кВт (верхний слой) и экскаваторами (нижний слой). Участки скопления валунов перед экскавацией рыхлили взрывами накладных и шпуровых зарядов.

На участках песчаных грунтов (756...783 и 791...796-й километры) часть существующих отвалов пионерного канала и верхний слой выемки в пределах профиля канала были разработаны бульдозерами, остальная часть — гидромеханизированным способом.

Участок канала в пределах г. Ашхабада (783...791-й километр) запроектирован на перспективный расход воды 187 м³/с. Земляные работы здесь выполнены экскаваторами драглайн вместимостью ковша 1 м³ с частичным вывозом отвалов в выработанные карьеры.

На преобладающей части трассы нового участка от г. Ашхабада до г. Геок-Тепе (796...837-й километр) работы выполняли бульдозерами; отвалы размещали на правой стабильной стороне канала с учетом того, что последующее расширение будет проводиться влево. На участках с грунтовыми водами в пределах сечения выемки (811...827-й километр) грунт разработан экскаваторами драглайн.

Четвертая очередь строительства (Амударья — Геок-Тепе) канала предусматривает уширение и углубление канала на всем его протяжении от р. Амударьи до Геок-Тепе (0...837-й километр) на пропуск увеличенного (до 510 м³/с) расхода воды для освоения новых площадей (Туркменгипроводхоз). Канал обеспечивает орошение на всей территории от Мургаба до Атрека примерно 500 тыс. га, в том числе более 90 тыс. га составляют новые орошаемые земли. Объем Копетдагского водохранилища будет доведен до 550 млн. м³. Строительство канала начато в 1976 г.

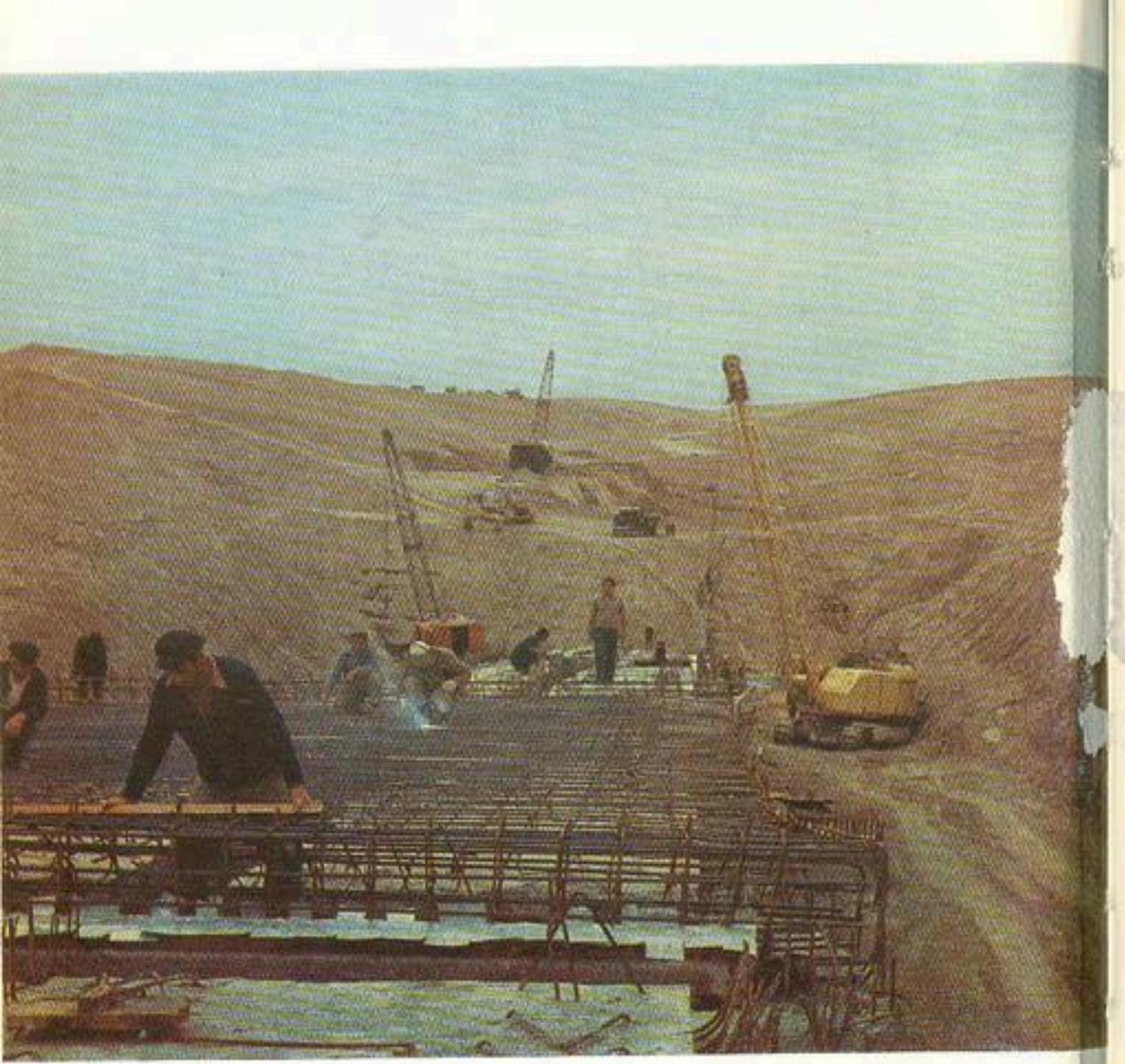

Рис. 5. Строительство дюкера на Каракумском канале.

При расширении канала использовали земснаряды подачей 70 и 100 м³/ч. На участках, где трасса канала проходила по территории населенных пунктов, развившихся в зоне канала, грунт выемки разрабатывали экскаваторами драглайн вместимостью ковша 1 м³ и вывозили на расстояние до двух километров.

При строительстве всех очередей Каракумского канала для уменьшения заносов его песком внешним откосам постоянных кавальеров на участках барханных песков придавали уклон 1:6, а высоту кавальеров ограничивали пятью метрами.

Пионерный канал четвертой очереди строительства (Геок-Тепе—Казанджик) протяженностью 250 км (850...1 100-й километр) берет начало от Копетдагского водохранилища и имеет головной расход воды около 44 м³/ч. Строительство его начато в 1971 г. После завершения строительства пионерного канала площади орошаемых земель возросли на 36 тыс. га.

На всем протяжении от Копетдагского водохранилища до г. Казанджик трасса канала проходит по пустынной территории с равнинным рельефом, изрезанным мелкими руслами селевых потоков.

В пределах выемки канала встречались глины, тяжелые суглинки, пески с прослоями супесей; на отдельных участках верхние слои грунта представлены эоловыми тонкозернистыми песками. Грунтовые воды вскрывались на глубинах от 3...5 до 10...15 м.

Разработку грунта на участках канала, проходящих в выемках, проводили комбинированным способом: верхние слои до отметок бермы канала — бульдозерами на тракторах мощностью 74 кВт с перемещением грунта в двухсторонние кавальеры; нижние слои (сечение канала ниже берм) — драглайнами вместимостью ковша 0,65 и 1 м³ в отвал на берму и откосы, затем этот грунт бульдозерами мощностью 74 кВт перемещали по откосу в постоянные кавальеры с двух сторон пионерного канала; на участках полувыемок насыпи устраивали бульдозерами мощностью 74 кВт с увлажнением и последующим уплотнением грунта прицепными катками. При возведении насыпей использовали грунт выемки.

На объектах Каракумского канала проводили экспериментально-производственные исследования по внедрению технологии взрыва в строительстве. В 1973 г. методом взрыва на выброс был устроен участок пионерного канала протяженностью около 16 км с объемом выемки около 1 млн. м³ в тяжелых глинистых грунтах.

В среднем стоимость 1 м³ грунта выемки, устроенной взрывом на выброс, составила 0,67 р. Применение списанных боеприпасов при тех же параметрах канала снизило среднюю стоимость 1 м³ грунта выемки до 0,32 р., то есть сделало ее сопоставимой с механическим способом (Саркисов, 1976).

Опыт производства земляных работ на строительстве всех очередей Каракумского канала и пионерного канала IV очереди позволяет сделать следующие выводы:

при строительстве крупных каналов в соответствующих условиях чрезвычайно эффективно применение средств гидромеханизации с ведением воды за собой (рис. 6);

метод поэтапного строительства каждой очереди Каракумского канала с опережающим устройством пионерных каналов и ведением воды за собой позволил обеспечить в песчаной пустыне хозяйственно-бытовое и техническое водоснабжение, образовать транспортную магистраль для доставки части строительных грузов по воде и провести опережающую замочку канала;

при строительстве канала большой протяженности целесообразно ведение работ на нескольких участках при движении строительных потоков навстречу один другому;

при проведении земляных работ в сухих барханных сыпучих песках бульдозеры являются наиболее высокоэффективными машинами при дальности перемещения грунтов до 100 м. Экскаваторы драглайн в подобных условиях применять нецелесообразно;

причины отказа строителей Каракумского канала в 50-х годах от использования скреперов при разработке сухих песчаных грунтов, вызванные несовершенством их конструкции, не могут служить достаточным основанием для отказа от применения современных самоходных скреперов, имеющих плотный запор ковша и оборудованных широкопрофильными шинами низкого давления;

при разработке мелкозернистых барханных песков и других несвязных грунтов и наличии соответствующих условий (достаточное количество воды, естественные понижения для складирования смываемого грунта и аккумулирования воды) целесообразно применение способа саморазмыва;

при строительстве крупных каналов в условиях безводной пустыни при ограниченных трудовых ресурсах и в соответствующих инженерно-геологических условиях не следует забывать о возможности применения взрывного способа;

при широком фронте работ оправдал себя вахтовый способ с использованием плавучих брандвахт и передвижных вагончиков, которые вместе с пионерными отрядами строителей перемещались в самые глубины пустыни. Постоянные поселки строители совмещали с эксплуатационными, которые были размещены на трассе через 70...140 км.

Большой Андижанский канал. Освоение новых земель в Ферганской долине, в частности в Центральной Фергане, начатое в 1953 г., потребовало решения вопроса о дополнительной подаче воды в эту зону, так как пропускная способность основной водной артерии зоны — Большого Ферганского канала им. У. Юсупова (БФК) — не удовлетворяла растущих водопотребителей. Общая подкомандная площадь Большого Андижанского канала 140 тыс. га, в том числе 80 тыс. га — земли существующего орошения и 60 тыс. га — новые. Перевод этих площадей на питание из Большого Андижанского канала (БАК) позволил повысить водообеспеченность более 160 тыс. га орошаемых земель в зоне БФК. Большой Андижанский канал был построен в 1966...1970 гг. Узглавводстроем по проекту Узгипроводхоза.

Канал протяженностью 109 км с головным форсированным расходом воды 330 м³/с начинается от Учкурганского гидроузла на

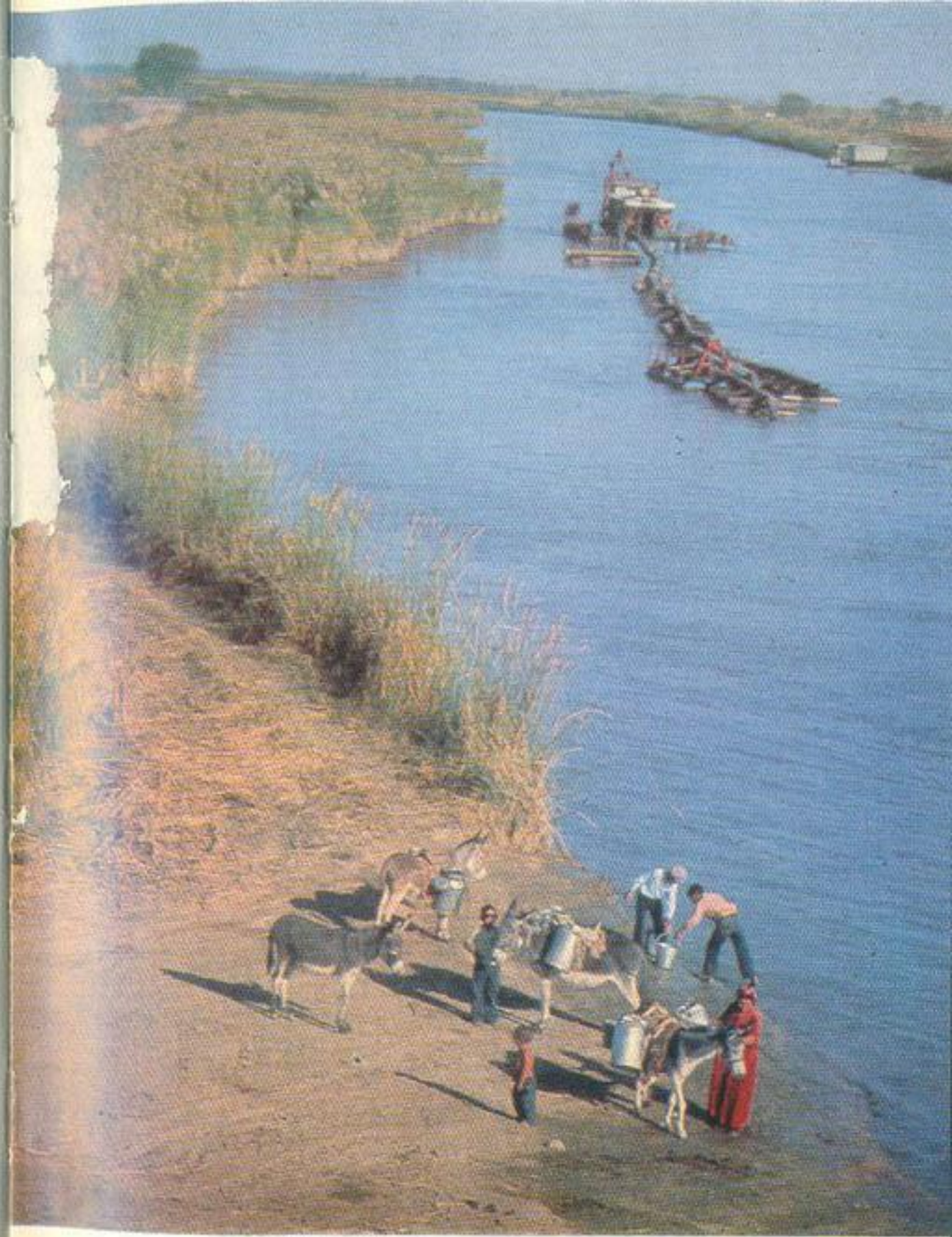

Рис. 6. Земснаряд на Каракумском канале.

р. Нарыне. Головной участок БАК на протяжении 6,6 км протрассирован по руслу подпитывающего канала БФК, который на этом участке реконструирован с уширением дна на 20 м для пропуска увеличенного расхода воды.

На пикете 66 подпитывающего канала БФК построен вододелитель (рис. 7), после которого начинается собственно трасса БАК, так называемый целинный участок. От вододелителя трасса канала резко поворачивает вправо, пересекая междуречье Нарына и Карадарьи (рис. 8). На этом участке (от 6,6 до 27,6 километра) канал выполнен быстроточным с полигональным (6,6...20-й километр) и трапецеидальным (20...27,6 километра) сечениями в бетонной облицовке. Полигональное сечение отличается малой шириной по дну, пологими откосами и вертикальными стенками высотой 2,6 м. Уклон дна канала на этом участке 0,0035, наполнение 3,3...4,1 м при скоростях потока 3...6 м/с. На 28-м километре трасса канала пересекает р. Карадарью шестиочковым дюкером, совмещенным с автодорожным мостом (рис. 9). Общий перепад отметок на начальном участке канала до дюкера составляет около 60 м. После дюкера канал, следуя в юго-западном направлении, проходит по поверхности третьей надпойменной террасы Карадарьи по землям Андижанской и Ферганской областей, доходит до Северного Багдадского коллектора, где на 109-м километре заканчивается концевым узлом сооружений (Ирригация Узбекистана, т. II, 1975; Шейченко, 1971).

Трасса БАК проходит по участкам с различными геологическими условиями (рис. 10). На участке Нарын-Карадарья русло его пролегает частично в лёссовидных суглинистых (1...2 м) и преимущественно в галечниковых грунтах. Грунтовые воды на начальной части этого участка (до 19-го километра) в процессе строительства канала не были вскрыты, а на участке от 19 до 28-го километра были обнаружены на глубинах 1,5...2,5 м от поверхности земли. За р. Карадарьей по трассе канала были вскрыты преимущественно суглинки с линзами песка, супесей и глин, грунтовые воды здесь залегали на глубинах от 1,3 до 3 м.

От 48 до 77-го километра трасса канала проходит по поверхности слегка волнистой равнины. Грунты здесь представлены пестро переслаивающейся толщей суглинков, супесей, песков и глин.

С 78 до 94-го километра трасса идет по зоне песчаного массива Тал-Кудук-Кум, выходя из которого канал до конца проходит по спокойному рельефу через земли Кзыл-Тюбинского массива. После Карадарьинского дюкера до конца канал в земляном русле протрассирован в основном в полувыемке — полунасыпи с шириной по дну от 20 до 5 м, уклонами 0,0001...0,0002, наполнением 4,7...2,5 м и скоростями от 1,3 до 0,8 м/с.

При рассмотрении технологии земляных работ на строительстве канала можно выделить три характерных участка (Шейченко, 1971).

Начальный участок до 6,6 километра, совмещенный с трассой действующего подпитывающего канала БФК, был расширен на пропуск увеличенного расхода воды за два зимних сезона в пе-

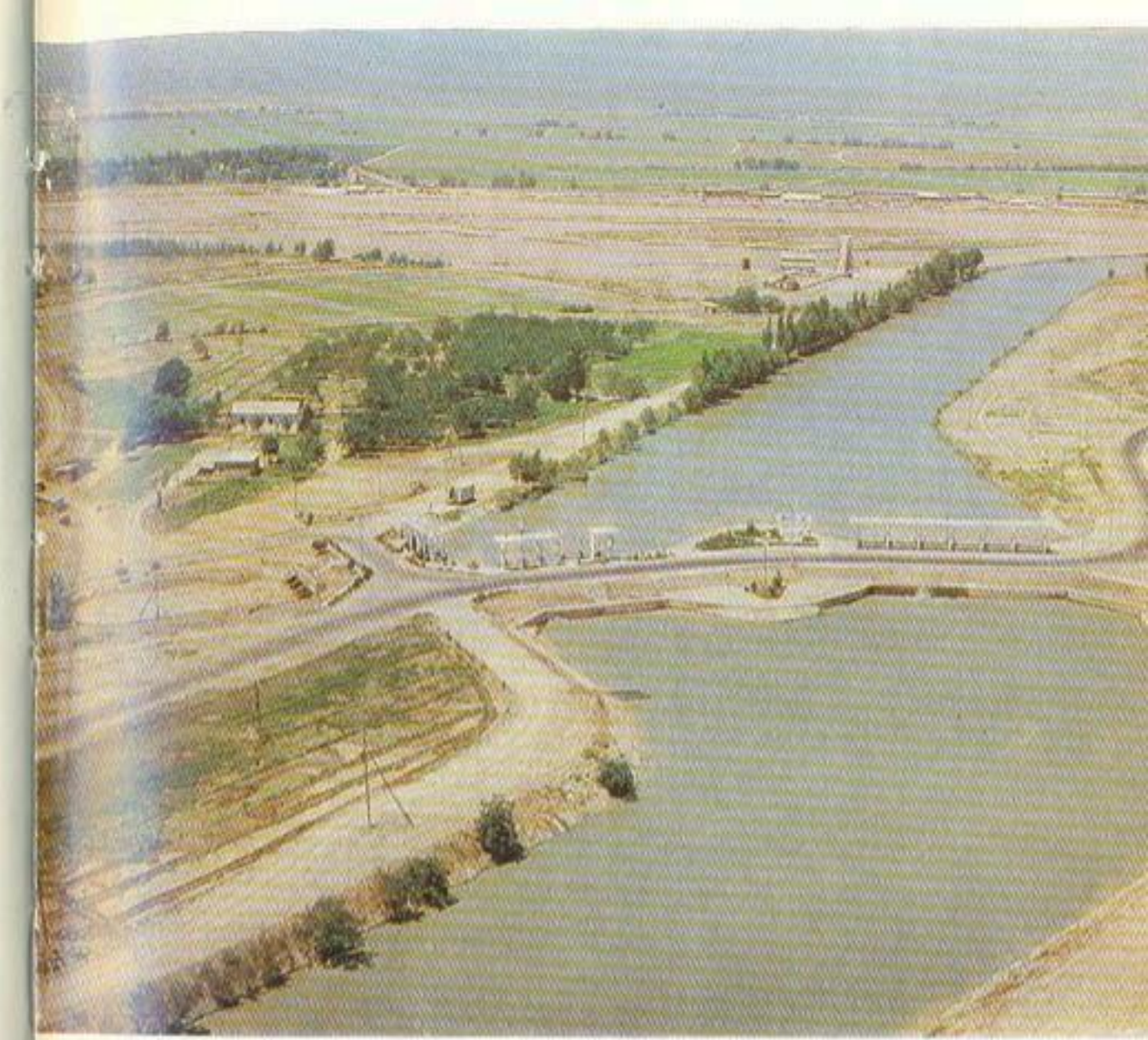

Рис. 7. Хакулабадский вододелитель на подводящем канале БФК — БАК.

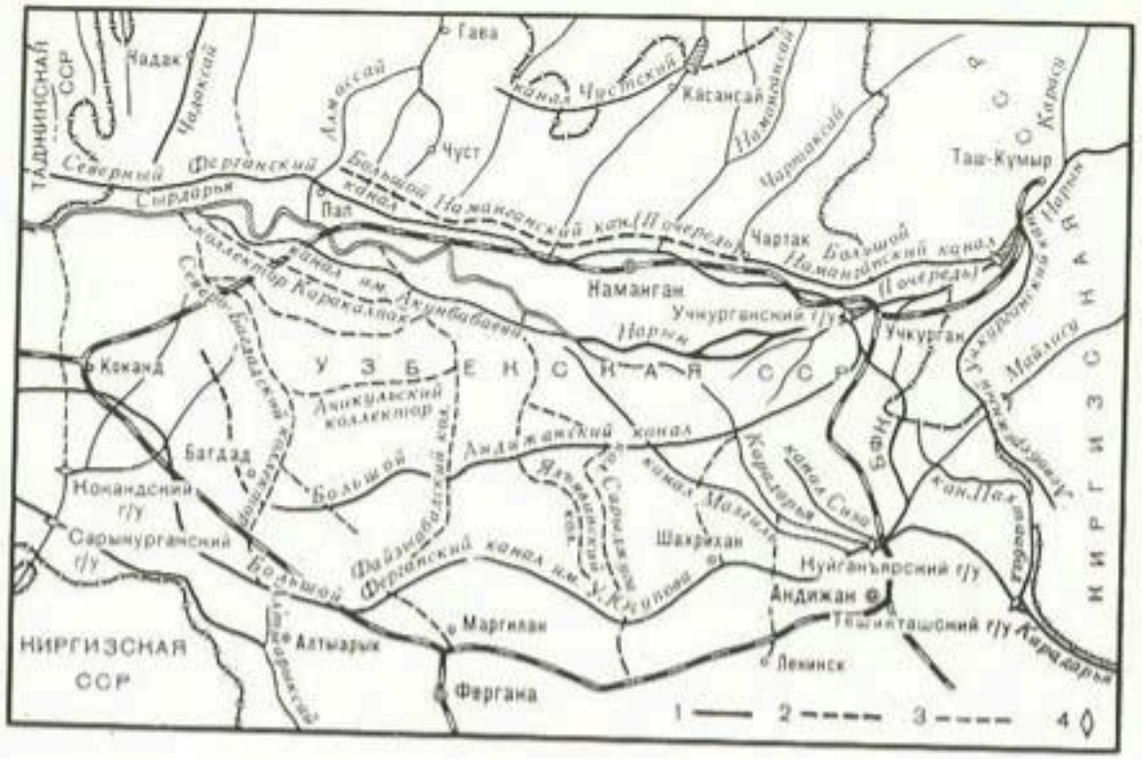

Рис. 8. Схемы Большого Андижанского и Большого Наманганского каналов: *1* — каналы; *2* — II очередь строительства каналов; *3* — коллекторы; *4* — гидроузлы.

риоды отключения действующего канала. Попытки уширения подпитывающего канала в условиях пропуска по нему воды с разработкой грунта из-под воды успеха не имели.

Разработку грунта при уширении опорожненного канала проводили драглайнами с перемещением отвалов в кавальер бульдозерами.

Часть грунта из кавальеров была использована для возведения насыпи дамб канала.

На участке быстротока (6,6...27,6-й километр), где канал проходит в выемках глубиной 5...6 м, грунт в его сечении был разработан драглайнами в двухсторонние отвалы с перемещением бульдозерами в кавальеры. На участке 25...26,25 километра трасса быстротока проходит в торфяниках мощностью более 4 м. В процессе строительства этого участка метровый слой торфянистого грунта по периметру канала был заменен гравийно-песчаной смесью; насыпь дамб на том участке возводили из привозного суглинистого грунта.

Значительные сложности возникли при выполнении земляных работ на участке 20,8...26-й километр, где выемку супесчаного и суглинистого грунта проводили в условиях высокого уровня грунтовых вод. При экскавации из-под слоя воды этот грунт переходил в текучее состояние. Для создания надежного основания быстротока по его периметру ниже уровня грунтовых вод был отсыпан полуметровый слой гравия.

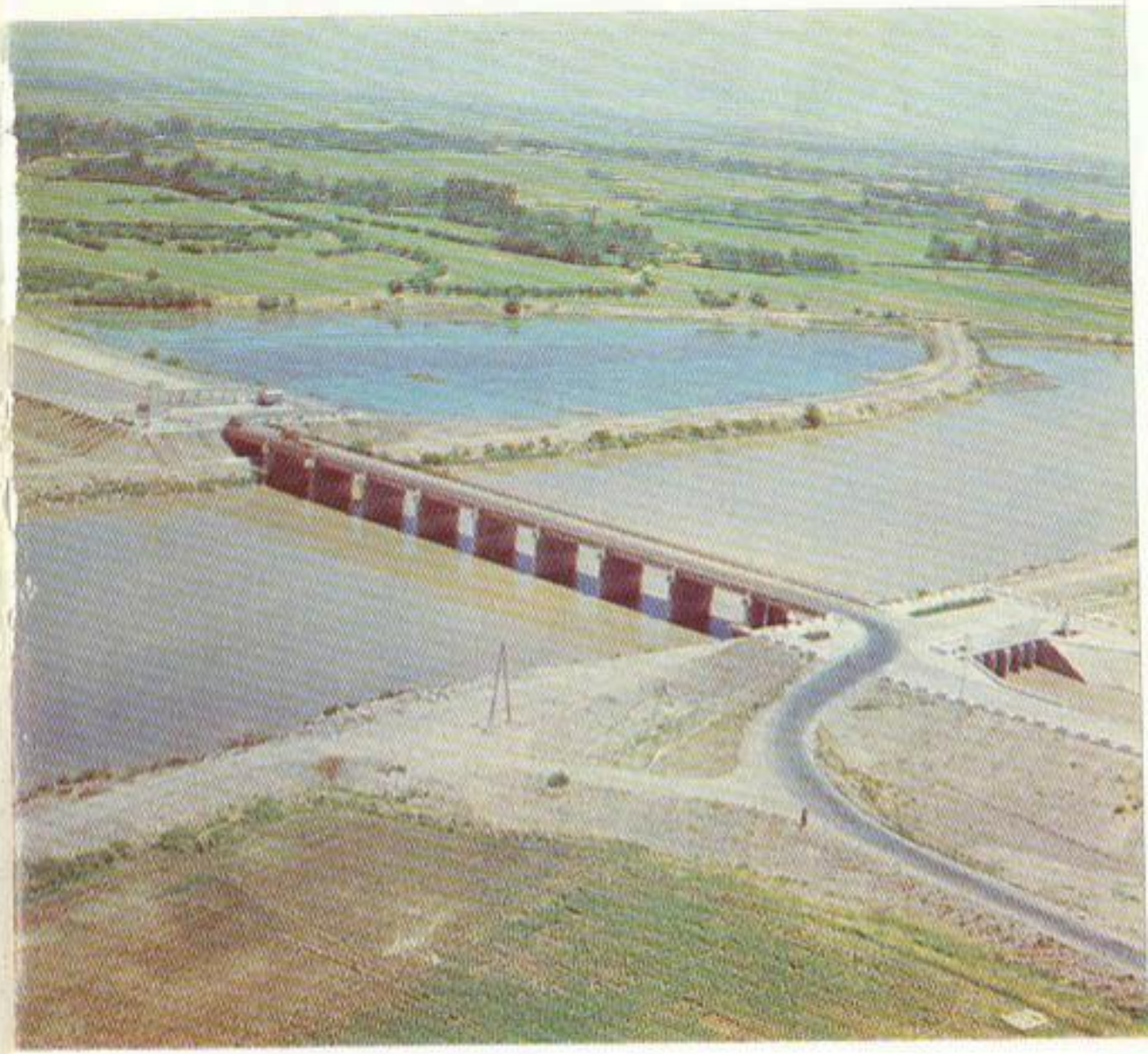

Рис. 9. Переход Большого Андижанского канала дюкером через р. Карадарью.

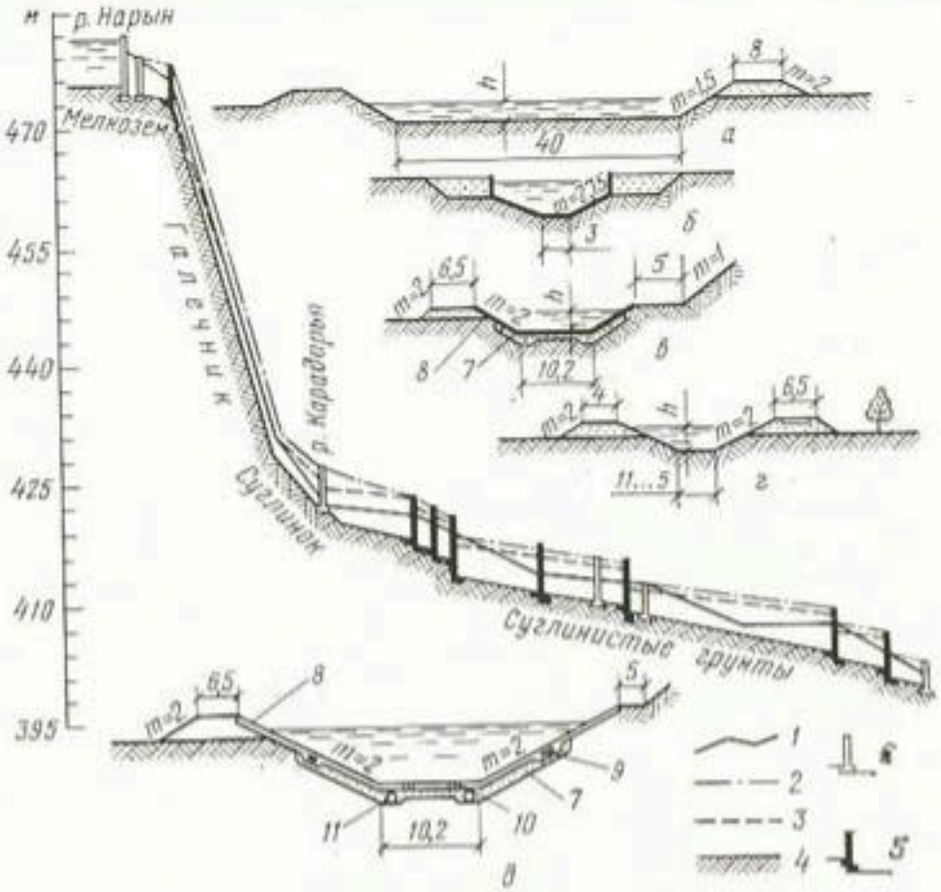

Рис. 10. Продольный и поперечный профили Большого Андижанского канала:
а — поперечное сечение от ПК0 +00 до ПК0 66+48; *б* — поперечное сечение на быстротоке от ПК 66+48 до ПК 200+00; *в* — поперечное сечение на быстротоке от ПК 200+00 до ПК 276+00; *г* — поперечное сечение от ПК 283+00 до ПК 1095+00; *д* — поперечное сечение на участке быстротока на ПК 240; *1* — поверхность земли; *2* — гребень дамбы; *3* — уровень воды; *4* — дно канала на продольном профиле; *5* — перепад; *6* — перегораживающее сооружение; *7* — галечник; *8* — бетонная облицовка; *9* — деревянный брус 10×10 см; *10* — фильтрационный стакан; *11* — асбестоцементная труба. (Размеры в м.)

Эффективное осушение траншеи быстротока на этом участке было достигнуто устройством на дне быстротока двух ниток горизонтального закрытого дренажа из перфорированных асбестоцементных труб диаметром 289...378 мм в обсыпке из фракционированного гравия (рис. 10). Фильтрат грунтовых вод откачивали насосами из зумпфов, расположенных через 300...500 м один от другого, и сбрасывали в близрасположенные дрены. В местах, где плывунный грунт разжижался настолько, что его было невозможно выбрать ковшом экскаватора, проводили отжимание его гравием, который надвигался бульдозером на участках разжиженного грунта. Отжатый и частично смешанный с гравийной смесью обезвоженный грунт выбирался экскаватором.

Карадарьинский участок (28...109-й километр) разрабатывался драглайнами. Перемещение экскаваторных отвалов в кавальеры выполнялось бульдозерами на расстояние до 60 м.

На участках с высоким стоянием уровня грунтовых вод грунт выемки канала разрабатывали несколькими забоями и отдельными

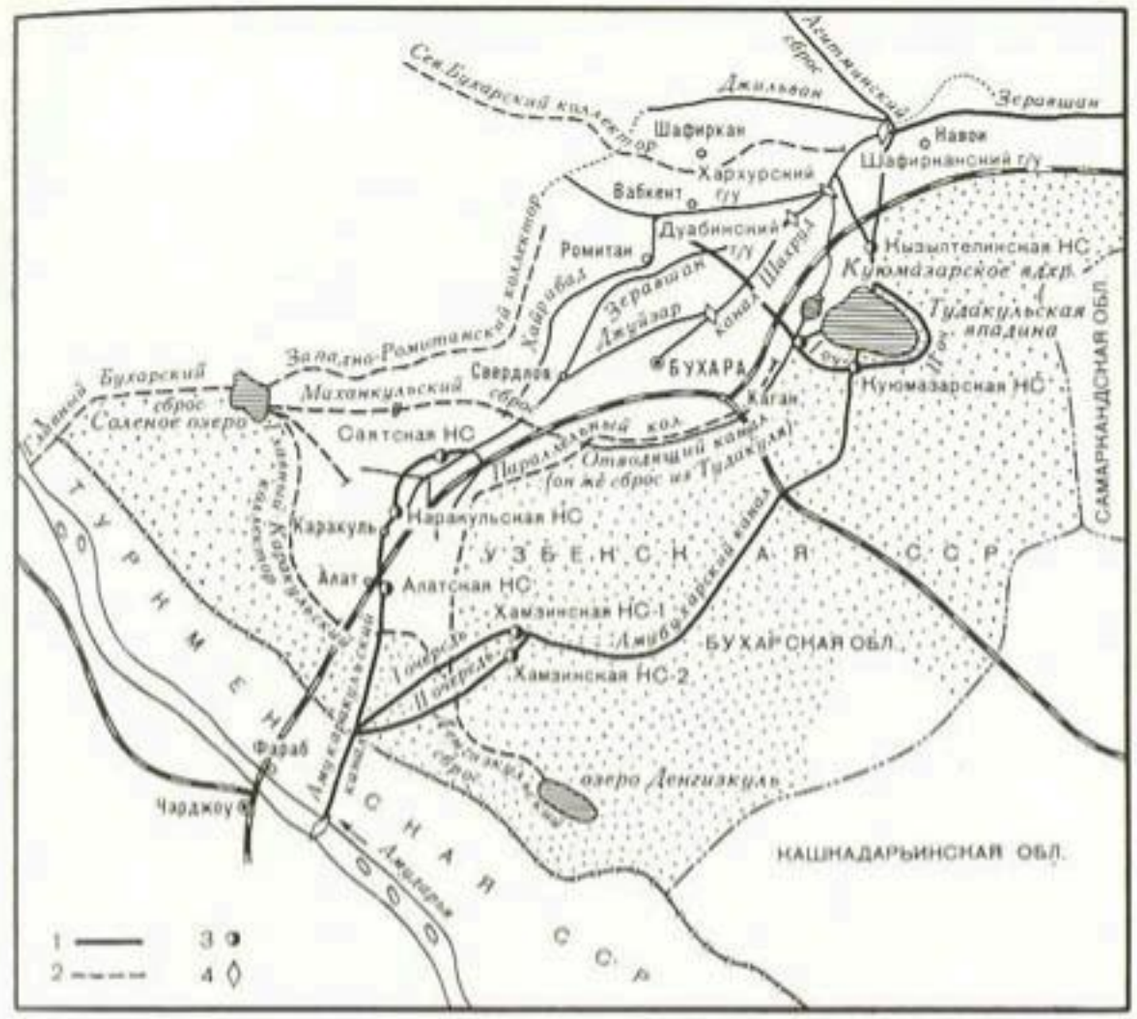

Рис. 11. Схема Амубухарского канала I и II очередей строительства:
1 — каналы; *2* — коллекторы и сбросы; *3* — насосные станции; *4* — гидроузлы.

участками длиной 0,3...0,6 км с перемычками между ними. После устройства драглайнами пионерной траншеи из нее проводили водоотлив насосами; доведение выемки до проектного профиля канала велось в сопровождении водоотлива. Насыпь дамб канала возводили из грунта временных кавальеров с послойной укаткой 30...40-сантиметровых слоев грунта кулачковыми катками, а также проездом по насыпи груженых автомобилей-самосвалов и самоходных скреперов.

На отдельных участках грунт для возведения насыпи транспортировался на расстояние до 5 км.

Амубухарский канал. Для повышения водообеспеченности земель Самаркандской и Бухарской областей, орошавшихся ранее из р. Зеравшана, построен этот канал (рис. 11). Строительство его было выполнено в две очереди Узглавводстроем по проекту Узгипроводхоза. Первая очередь канала была сдана в эксплуатацию в 1965 г., вторая — в 1977 г.

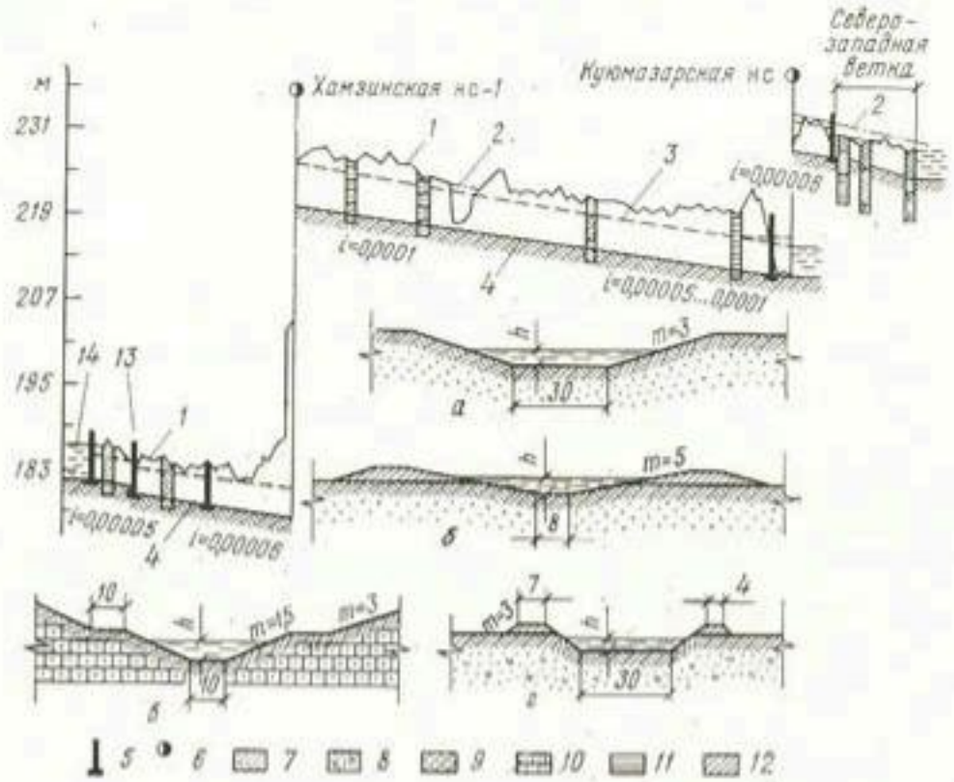

Рис. 12. Продольный и поперечный профили Амубухарского канала I очереди строительства:

а — поперечное сечение на 5-м километре; *б* — то же, на 21-м километре; *в* — то же, на 90-м километре; *г* — то же, на 175-м километре; *1* — поверхность земли; *2* — гребень дамбы; *3* — уровень воды; *4* — дно канала; *5* — перегораживающее сооружение; *6* — насосная станция; *7* — песок; *8* — галечник; *9* — мелкозем; *10* — песчаник; *11* — глина; *12* — суглинок; *13* — Амукаракульский канал; *14* — р. Амударьи. (Размеры в м.)

Ввод в эксплуатацию I очереди Амубухарского канала позволил перевести на орошение из р. Амударьи 136 тыс. га земель в Бухарской области, а также повысить водообеспеченность 377 тыс. га земель, орошаемых из р. Зеравшана, и дополнительно оросить 24 тыс. га новых земель, а с вводом II очереди амударьинскую воду получили еще 73 тыс. га земель в Бухарской области.

Первая очередь строительства канала включает два этапа: в 1962 г. Амукаракульский канал с головным расходом воды 48 м³/с для орошения 40 тыс. га Каракульского оазиса; позднее построен сам Амубухарский канал длиной 197 км с головным расходом 141 м³/с. Амукаракульский канал подключен к нему в качестве Каракульской ветки (Ю. М. Данилов). Головное питание каналов осуществляется бесплотинным водозабором на правом берегу р. Амударьи.

Амубухарский канал почти на всем протяжении проложен в земляном русле (рис. 12), при этом на 90% длины он протрассирован в выемках, равных проектной глубине воды, что весьма облегчает эксплуатацию канала в условиях пустыни. Канал имеет бетонную облицовку только на участках в дамбах.

Наиболее характерными из опыта строительства Амубухарского канала I очереди являются решения по технологии земляных работ.

На значительной части головного участка (примерно с 13 до 33-го километра) трасса канала проложена по полузакрепленным редкой растительностью барханным пескам пустыни Кызылкум. На этом участке разработку выемки с учетом опыта строительства Каракумского канала проводили бульдозерами на тракторах мощностью 74 кВт сразу на полный профиль. Применение бульдозеров при устройстве выемки канала обеспечило (Хамраев, 1975): унификацию землеройной техники и технологии производства работ; предельно упростило техническое обслуживание механизмов; соответствие проектного сечения канала экономичным условиям работы бульдозеров; низкую себестоимость выемки по сравнению с другими землеройными машинами (0,25 р. на 1 м³ профильного сечения со всеми вспомогательными работами).

Разработка сечения канала бульдозерами на участках общей длиной более 60 км, где он проходил в барханных песках и слабых связных грунтах, оказалась весьма эффективной. Принятые откосы выемки и резервов 1:5 и 1:6, аналогичные естественным откосам барханных гряд, способствовали благоприятным условиям проведения работ в барханных песках и были устойчивы к ветровой эрозии.

Преобладающая часть трассы канала от 50 до 107-го километра проходит в песчаниках IV...VI группы, прикрытых полузакрепленными эоловыми песками.

Проектными проработками намечалась разработка грунта на этом участке с помощью экскаваторов и бульдозеров, причем грунт должен был быть предварительно разрыхлен взрывами мелкошпуровых зарядов.

Учитывая значительные осложнения, связанные с веденнем работ в необжитом безводном районе, и необходимость максимального ускорения работ, было принято решение о строительстве этого участка взрывом на выброс.

Для проверки теоретических расчетов в 1963 г. на трассе канала были проведены два экспериментальных и один промышленный взрывы.

По результатам взрывов были уточнены параметры канала, касающиеся, в частности, коэффициента шероховатости, что дало возможность изменить заложение откосов канала на этом участке от 1:2 до 1:1,5. Кроме того, объем грунта выброса было решено сократить со 100 до 85% с последующей доработкой сечения механизмами. Были приняты параметры поперечного сечения канала: ширина по дну 10 м, глубина выемки от 6 до 12,5 м.

Условиями ведения взрывных работ допускалась возможность частичного нарушения дна и откосов.

При взрывных работах применяли однорядное расположение зарядов по оси канала в шурфах сечением 1...1,5 м², расположенных через 14,5 м. При взрывах были использованы заряды из тротила и аммиачной селитры.

Наряду со сложностями, возникающими при устройстве шурфов (большие объемы проходческих работ), значительные трудности представляла доставка большого количества взрывчатых веществ в условиях бездорожья и удаления участков от железной дороги.

Организацию взрывных работ проводили с учетом ряда положений, обусловливающих ритмичность проведения работ в течение года: в дождливый период благодаря способности мокрых песков уплотняться, что облегчает проезд автотранспорта вдоль канала, завозили значительное количество взрывчатых веществ на трассу; в жаркое время года все операции, связанные с ведением взрывных работ (доставка материалов, бытовое обслуживание и условия работы, доставка работающих к месту работ и обратно), затруднены, поэтому работы вели на участках трассы, максимально приближенных к поселкам.

Поперечное сечение канала, образованное взрывом на выброс, имело, как правило, плавное параболическое очертание с коротким переходом в навал (кавальер) и резким переломом в наивысшей его точке. Ширина навала не превышала 200 м.

На следующем участке протяженностью около 50 км трасса канала проходит в песках и мелкоземах, прикрытых полузакрепленными эоловыми песками, а также в песчаниках и трещиноватых известняках, прикрытых четырехметровым слоем аллювиально-делювиальных отложений (супеси и пески с содержанием гипса до 30%). Строительная глубина выемки здесь достигала 18,5 м.

В проекте намечалась разработка выемки экскаваторами с предварительным рыхлением песчаников и известняков мелкошпуровым методом. Такое решение было основано на предположении возможности разрыва сплошности известняков разной плотности при взрыве на выброс и, как следствие, увеличении фильтрационных потерь из канала. Однако с учетом опыта взрывных работ на предыдущем участке трассы и проведения опытных взрывов на выброс в известняках было принято и осуществлено решение разработать сечение канала при переходе через возвышенность Кадыршейх взрывом на выброс, что резко сокращало сроки строительства.

Взрыв на выброс, осуществленный с помощью зарядов в шурфах, обеспечил выброс до 50% объема выемки и рыхление пород по периметру выемки (Хамраев, 1975).

По результатам опытного взрыва поперечное сечение канала было пересмотрено для наилучшего вписания в габариты разрыхленной породы с наименьшими доработками до проектного профиля канала. На доработке периметра канала и срезке навалов использовали экскаваторы, грунт их отвалов перемещался бульдозерами. Обследование рассматриваемого участка после пропуска воды по каналу показало, что основные заданные показатели выдержаны.

Концевой участок канала протрассирован в сложных геологических условиях. Начальная часть этого участка проходит в насыпи по низине, грунты которой имеют значительное содержание гипса в верхнем 2...2,5-метровом слое (от 21 до 31,8%). В проекте эти грунты были признаны непригодными для возведения насыпи

дамб канала (высота до 7,5 м), которую намечалось устроить из привозного суглинистого грунта.

Отсыпка дамб задерживала готовность канала для транзитного пропуска воды, а доставка суглинистого грунта автотранспортом из отдаленных резервов вызывала значительные осложнения и увеличение срока строительства. Поэтому заказчиком было принято предложение строительной организации в виде производственного крупномасштабного опыта отсыпку насыпей высотой до 7,5 м провести из местного загипсованного грунта.

Поперечное сечение дамб при использовании загипсованного грунта было усилено, ширина их поверху была увеличена с 4 до 6 м, откосы уположены. В пределах смоченного периметра насыпи был устроен экран из гравийно-песчаного материала толщиной 1 м с учетом, что в течение нескольких месяцев он заилится мутной амударьинской водой и создаст противофильтрационный экран. Предполагалось, что этот экран должен воспрепятствовать вымыву гипса из грунта насыпи дамб.

Насыпь дамб была отсыпана по традиционной технологии: грунт разработан бульдозерами из притрассовых резервов, укатку проводили кулачковыми катками.

Обследование, проведенное после девяти лет эксплуатации канала, показало хорошую кольматацию гравийно-песчаного экрана, отсутствие суффозии гипса и деформации дамб (Хамраев, 1975).

На всех участках Амубухарского канала, проходящих в барханных песках, проводилось укрепление песков пустынной растительностью. На участках, где канал протрассирован в дамбах из барханных эоловых песков (88,5...93,7 километра), поверхность дамб закреплена дробленым песчаником.

Вторая очередь строительства канала с головным расходом воды 269 м³/с и протяженностью 234 км велась в различных грунтах, начиная от сыпучих песков и кончая твердыми скальными породами.

Основные объемы земляных работ были выполнены экскаваторами, бульдозерами и частично земснарядами (около 6% объема). Часть грунта выемки была разработана взрывами на выброс.

В условиях скальных и полускальных грунтов Амубухарского канала весьма эффективным оказался метод устройства выемки канала взрывом на выброс, который может быть рекомендован для строительства каналов в аналогичных условиях.

Применение бульдозеров на гусеничных тракторах при разработке барханных сыпучих песков обеспечило эффективную и экономичную технологию устройства выемки канала.

При соответствующем технико-экономическом обосновании может быть допущено возведение дамб канала (напор воды до 5 м) из местного грунта с содержанием гипса до 25...30% при усилении конструкции дамб (в основном уширение), создании гравийно-песчаного экрана по периметру живого сечения и значительной мутности воды в канале. Экраны кольматируются несколько месяцев и создают надежную противофильтрационную защиту дамб.

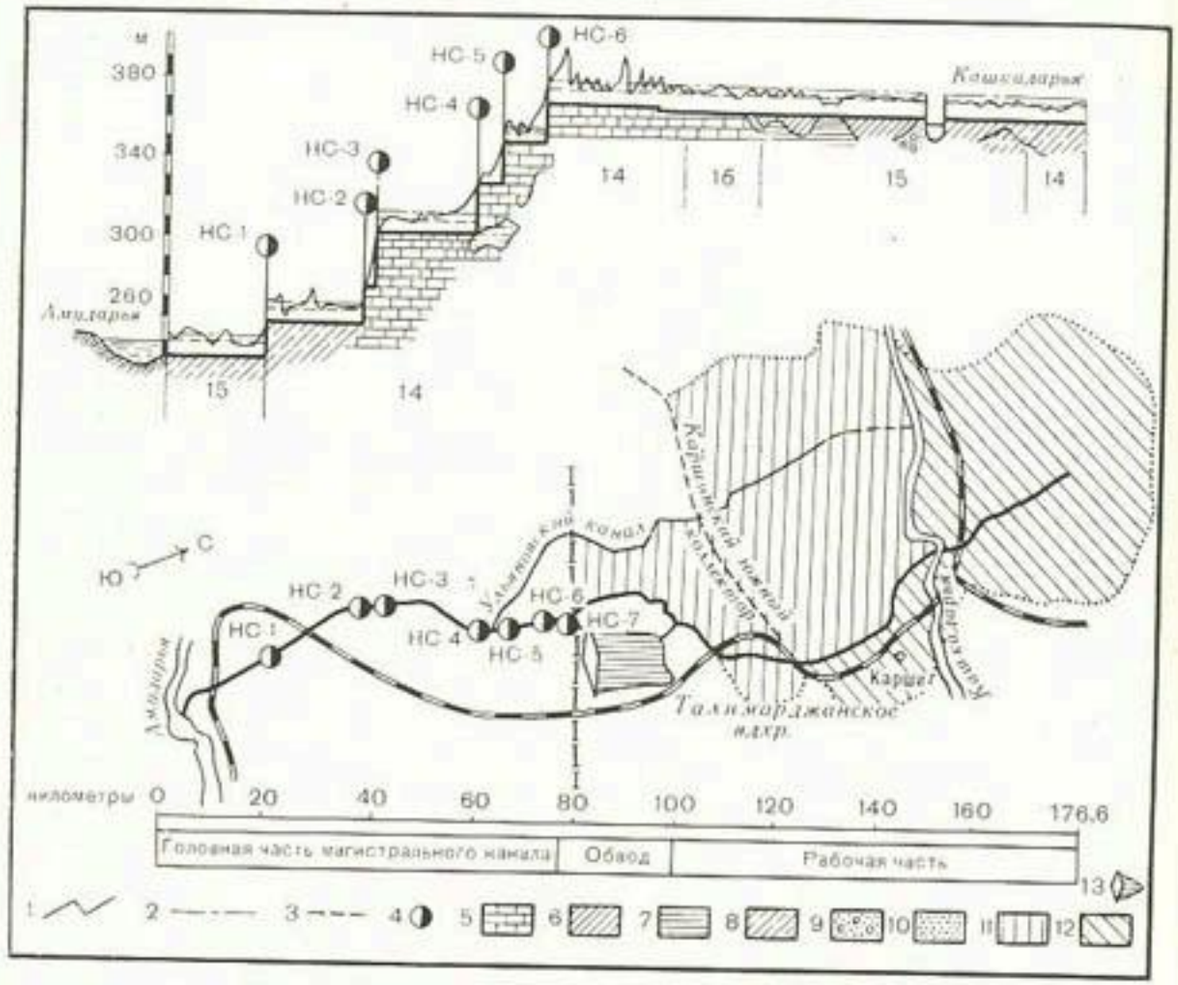

Рис. 13. Схема Каршинского магистрального канала:

1 — поверхность земли; *2* — гребень дамбы; *3* — уровень воды; *4* — насосная станция; *5* — песчаник; *6* — суглинок; *7* — глина; *8* — супесь; *9* — гравий и галька; *10* — песок; *11, 12* — I и II очереди орошения; *13* — гидроузел; *14* — бетонная облицовка; *15* — земляное русло; *16* — суглинистый экран.

Каршинский магистральный канал. На правом берегу р. Амударьи, вблизи водозабора Каракумского канала, берет начало Каршинский магистральный канал. Забор воды магистральным каналом рассчитан на орошение и освоение 364 тыс. га земель в Каршинской степи, в том числе 200 тыс. га в I и 164 тыс. га во II очереди.

Каршинский магистральный канал делится Талимарджанским водохранилищем на две части (рис. 13): головную (машинную) протяженностью 78,4 км от Амударьи до Талимарджанского водохранилища объемом 1,5 млрд. м^3. На этом участке подъем форсированного расхода воды 195 м^3/с на 132,2 м осуществляется шестью насосными станциями общей установленной мощностью 450 тыс. кВт (рис. 14). При включении в работу резервных агрегатов каскад насосных станций может обеспечить подачу форсированного расхода до 240 м^3/с; рабочую (самотечную) протяженностью 72 км от Талимарджанского водохранилища до р. Кашкадарьи (I очередь строительства рабочей части канала).

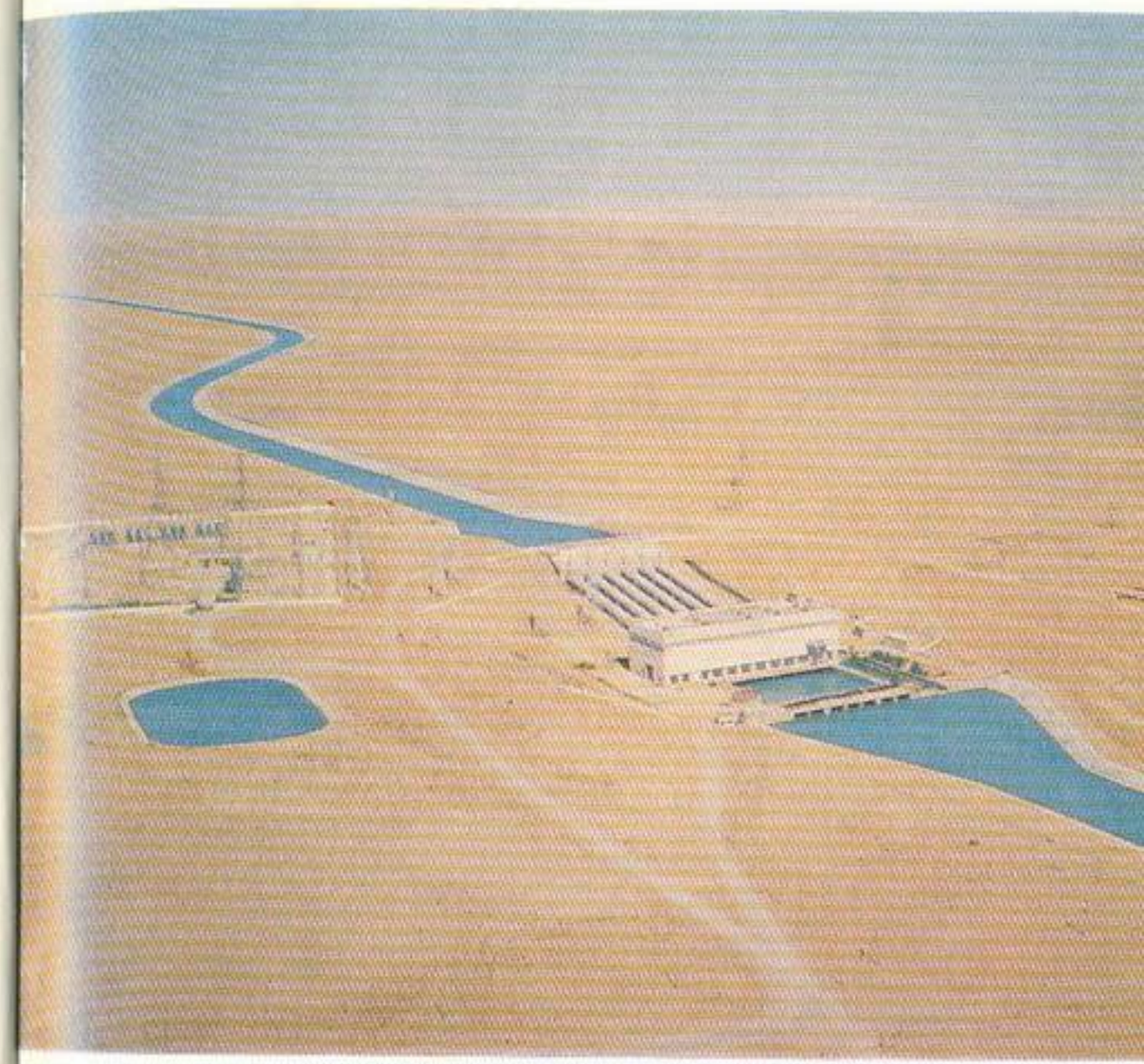

Рис. 14. Насосная станция на Каршинском магистральном канале.

Концевой регулятор головной части канала связан с Талимарджанским водохранилищем подводящим каналом, в конце которого сооружена дополнительная насосная станция № 7 (рис. 15).

При освоении земель II очереди рабочая часть канала пересечет р. Кашкадарью и будет продолжена на 28 км. Таким образом, общая длина Каршинского канала будет доведена до 176,6 км.

Строительство Каршинского магистрального канала осуществлялось в течение 1964...1974 гг. организациями Главсредазирсовхозстроя по проектам Куйбышевского филиала института «Гидропроект» (головной участок) и института «Средазгипроводхлопок» (рабочая часть).

По инженерно-геологическим условиям на трассе головной части можно выделить три характерных участка (Хамраев, 1975; Ирригация Узбекистана, т. III, 1979; Азизов, 1970).

Первый участок от р. Амударьи до первой насосной станции протяженностью 19,8 км протрассирован по первой надпойменной террасе, сложенной преимущественно аллювиальными песками и реже супесями мощностью 8...12 м. Сечение канала на этом участке расположено в выемке и полувыемке, уровень грунтовых вод в процессе строительства находился на глубине 3...10 м. Этот участок канала построен без противофильтрационной облицовки, так как потери воды на фильтрацию в связи с высоким уровнем грунтовых вод практически отсутствуют.

Второй участок между первой и второй насосными станциями протяженностью 20,7 км проходит по такырной равнине, сложенной переслаивающимися пролювиальными суглинками, супесями, глинами и песками общей мощностью 30...50 м. С поверхности грунты почти повсеместно прикрыты бугристыми эоловыми песками. На глубине 2...4 м в грунте встречались растворимые соли. Грунтовые воды в процессе строительства залегали на глубине 10...25 м.

Третий участок от второй насосной станции до Талимарджанского водохранилища протяженностью 37,9 км сложен слабосцементированными песчаниками различной крепости на глинистом цементе. Почти повсеместно песчаники при размокании в воде превращаются в зависимости от степени глинистости в песок, супесь или суглинки. На всех участках песчаников было отмечено наличие водорастворимых солей (преимущественно гипса) с содержанием в грунте более 6...10%. Грунтовые воды на этом участке обнаружены значительно ниже дна канала на глубинах от 28 до 100 м, коэффициент фильтрации грунтов от 1 до 5 м/сут.

Таким образом, два последних участка головной части канала нуждались в противофильтрационной защите, которая и была устроена в виде монолитной железобетонной облицовки толщиной 15 см по экрану из стабилизированной полиэтиленовой пленки толщиной 0,3 мм. На отдельных участках канала противофильтрационная облицовка на откосах была устроена из сборных железобетонных плит размером 3×3 м толщиной 8 см по экрану из пленки толщиной 0,3 мм; дно канала на этих участках было покрыто монолитным железобетоном толщиной 15 см.

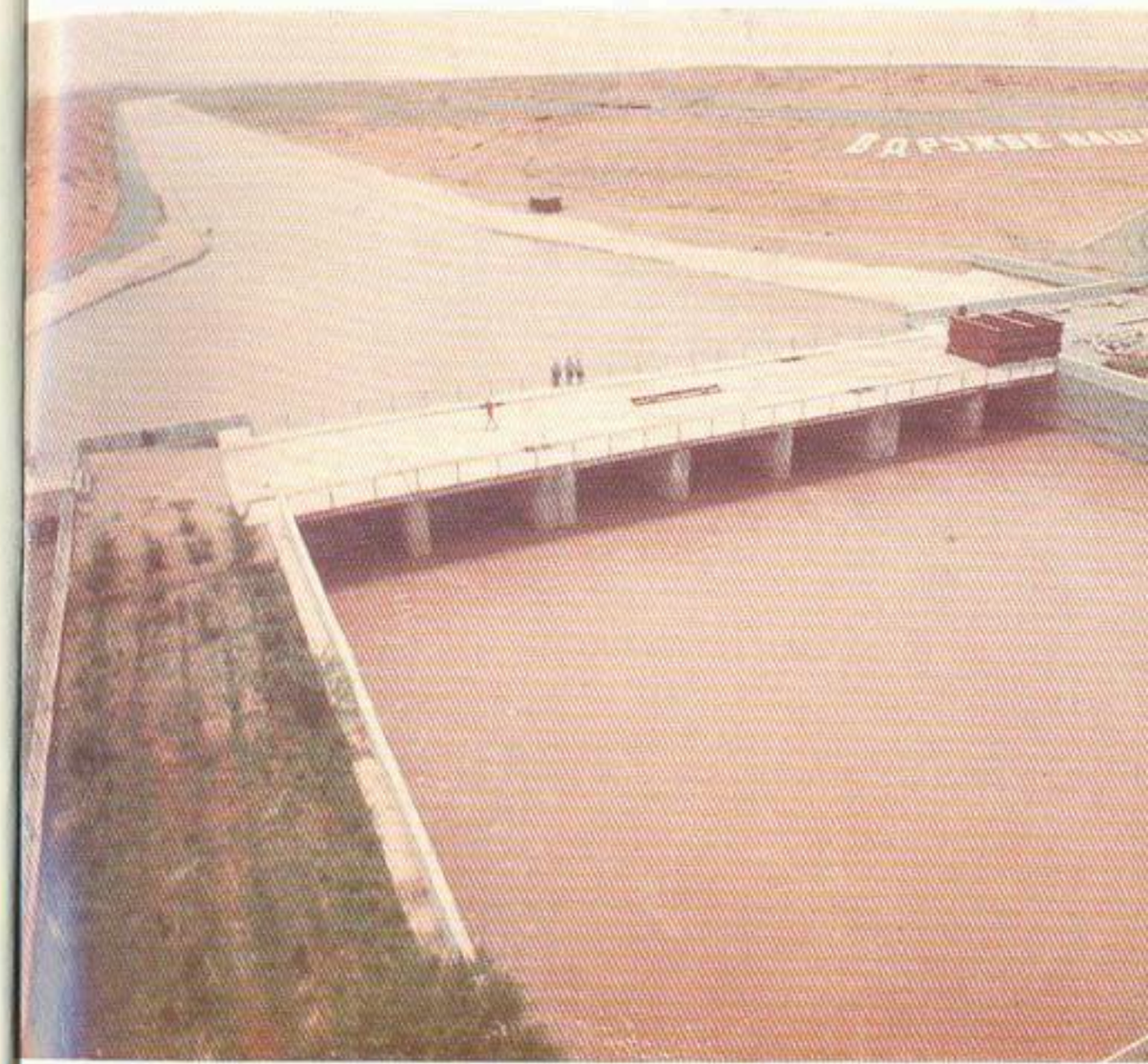

Рис. 15. Талимарджанское водохранилище на Каршинском магистральном канале.

На первом участке выемка канала была устроена комбинированным способом: верхняя часть разработана бульдозерами с перемещением грунта в приканальные дамбы, устраиваемые с послойным уплотнением до отметок гребня ниже проектных; нижняя часть грунта — способом гидромеханизации с подачей грунта в насыпь дамб и доведением их гребня до проектных отметок. Откосы намываемых дамб принимали равными углу естественного откоса.

Участки, проходящие в барханных песках, разработаны экскаваторами в отвал. Близость грунтовых вод способствовала снижению подвижности барханных песков и создавала нормальные условия для разработки их драглайнами. Для предотвращения заносов канала на этих участках были посажены камыш и амударьинская ива.

Выемка канала на втором и третьем участках головной части была устроена комбинированным способом с разработкой верхних слоев грунта бульдозерами, а нижних — экскаваторами драглайн; на остальных участках весь грунт выемки был разработан экскаваторами драглайн. На участках песчаников разработке грунта предшествовало механическое рыхление пород.

Трасса рабочего участка на первых 36 км проходит в сложных рельефных условиях. Территория здесь расчленена многочисленными логами, промытыми ливневыми водотоками. Отдельные участки канала проходят в глубоких выемках до 40 м. После 36-го километра канал протрассирован по слабоволнистой предгорной равнине и после 68-го километра — по обжитой орошаемой территории.

На основной части трассы канал проходит в полувыемке—полунасыпи, а на некоторых участках — в глубоких выемках.

По инженерно-геологическим условиям и условиям производства работ трассу рабочей части Каршинского канала можно разделить на три участка.

Первый участок от водовыпуска из Талимарджанского водохранилища до 31,4 километра проходит по песчаникам на слабом глинистом цементе и алевролитам, прикрытым 0,5...3-метровым слоем суглинков и супесей с прослоями песков. До строительства канала грунтовые воды с минерализацией 10 г/л на этом участке залегали на глубине 50...100 м.

Второй участок длиной 8,6 км проходит по предгорной волнистой равнине. Грунты участка представлены лессовидными, местами просадочными суглинками, подстилаемыми песчано-гравийными отложениями. Уровень грунтовых вод при строительстве вскрывался на глубине 20...30 м.

На третьем участке длиной 60 км (32 км до пересечения с р. Кашкадарьей и 28 км после пересечения) канал пересекает равнину, изрезанную действующими оросительными каналами. Грунты здесь суглинистые, супесчаные с линзами песка и глин, грунтовые воды вскрыты в начальной части на глубине 10...13 м, а ближе к р. Кашкадарье — на глубине 1,5...3 м.

При строительстве первого участка покровные суглинки и супеси были разработаны бульдозерами на тракторах мощностью 74 кВт с перемещением грунта в кавальеры по обе стороны канала. Разработку глубоких выемок проводили экскаваторами с оборудованием прямая лопата вместимостью ковша 2 м³ ярусами по 5 м и перевозкой грунта автомобилями-самосвалами. Песчаники и алевролиты IV группы предварительно рыхлили взрывами скважинных зарядов. На участках с глубиной выемки 7...8 м грунт разрабатывали экскаваторами драглайн. Линзы полускальных грунтов на этом участке рыхлили рыхлителями.

На втором участке суглинистый и супесчаный грунт выемки в основном был разработан бульдозерами. Для рыхления плотных грунтов часть бульдозеров, занятых на массовой разработке, оборудовали навесными рыхлителями. Грунт насыпи уплотняли катками. Срезку бахромы при планировке откосов проводили бульдозерами. Грунт срезки вывозили автомобилями-самосвалами при загрузке их экскаваторами.

Третий участок разрабатывали шагающими экскаваторами. Наличие грунтовых вод в сечении выемки предопределило технологию разработки выемки и отсыпки дамб. Разработке выемки предшествовала срезка растительного слоя толщиной 0,4 м бульдозерами. Пионерную траншею при устройстве выемки канала разрабатывали шагающими экскаваторами с заглублением ее дна на 1 м ниже проектных отметок поперечного профиля для обеспечения эффективного осушения забоя при водоотливе. Доработку канала до проектного профиля проводили боковыми проходками экскаваторов драглайн.

На первых 22 км рабочего участка была устроена монолитная и сборная бетонная противофильтрационная облицовка. На последующих 19 км по периметру канала был устроен суглинистый экран. На дно канала суглинистый грунт был уложен по традиционной технологии — с увлажнением и послойным уплотнением до плотности 1,65 г/см³. На откосы канала карьерный суглинок был уложен по технологии, предложенной Каршистроем и Средазгипроводхлопком. Карьерный грунт влажностью 6...10% автомобилями-самосвалами подвозили к бровке канала и бульдозерами сталкивали в наполненный водой канал. Разжиженный грунт сползал по откосу длиной 18...20 м, достаточно равномерно распределялся на нем, размокал и уплотнялся.

Грунтовой экран на откосах устраивали в условиях действующего канала. Исследования показали, что коэффициент фильтрации грунтов суглинистого экрана составил в донной части 0,0047, а на откосах — 0,0007...0,0078 м/сут (Ирригация Узбекистана, 1979).

Последний участок канала до р. Кашкадарьи выполнен в земляном русле. Трасса канала на этом участке проходит по освоенной территории с высоким уровнем грунтовых вод и фильтрационные потери в этих условиях незначительны.

Шерабадский магистральный канал. Этот канал берет начало из правобережного водовыпуска Южно-Сурханского водохранили-

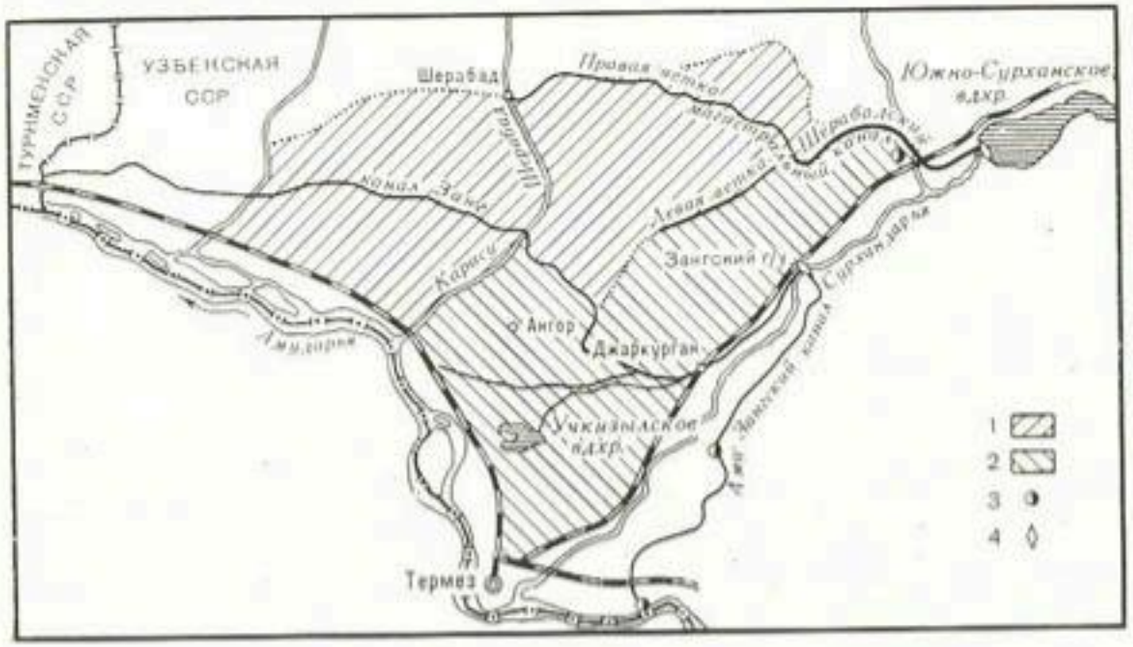

Рис. 16. Схема Шерабадского магистрального канала:
1, 2 — I, II очереди орошения; *3* — насосные станции; *4* — гидроузлы.

ща; предназначен для орошения 83 тыс. га земель Шерабадской и Кызырыкдарской степей на юге Узбекистана, на которых намечено выращивать ценные тонковолокнистые сорта хлопчатника.

Строительство канала осуществлялось с 1959 по 1966 г. организациями Узглавводстроя по проекту Средазгипроводхлопка.

Канал с головным расходом воды 110 м³/с и общей длиной 27 км делится на два участка: подводящий длиной 12 км и машинный длиной 15 км (рис. 16).

На 12-м километре канала построена насосная станция (рис. 17). Самотечная часть канала шириной по дну 12 м с наполнением 6 м на первых пяти километрах выполнена в бетонной облицовке, машинная часть — в земляном русле с учетом последующего бетонирования для пропуска расчетного расхода 100 м³/с.

Грунты по трассе канала представлены в основном песками, супесями, суглинками и глинами. Грунтовые воды в период строительства залегали значительно ниже дна канала.

На участке самотечного подводящего канала основная часть объемов выемки выполнена механическим способом. При этом верхняя часть выемки канала на глубину до 3..6 м была разработана скреперно-бульдозерными комплексами (прицепные скреперы вместимостью ковша 6...8 м³ и гусеничные бульдозеры мощностью 74...103 кВт), а остальная часть до глубины 18...20 м — шагающими экскаваторами.

На участке после дюкера через Ташкупрюксай до насосной станции верхняя часть сечения на глубину до 6...8 м разработана экскаваторами, а нижняя часть — гидромеханизированным способом.

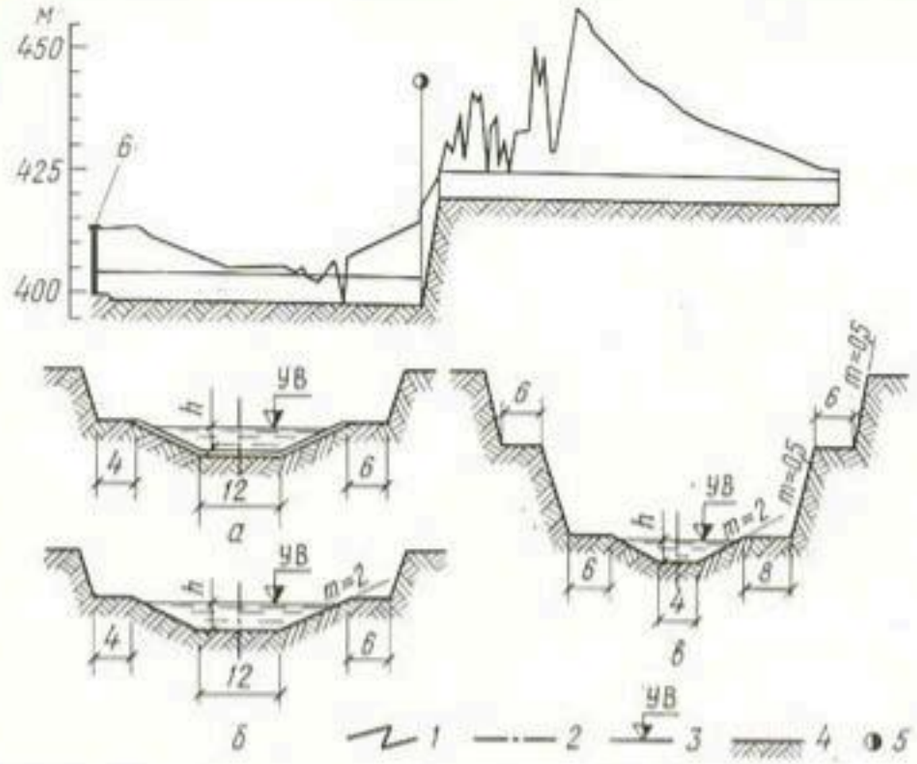

Рис. 17. Продольный и поперечный профили Шерабадского магистрального канала:
а — поперечное сечение на ПК 5+50; *б* — то же, на ПК 90+30; *в* — то же, на ПК 172+00; *1* — поверхность земли; *2* — гребень дамбы; *3* — уровень воды; *4* — дно канала на продольном профиле; *5* — насосная станция; *6* — водовыпуск Южно-Сурхавского водохранилища. (Размеры в м.)

При выполнении земляных работ на машинном участке Шерабадского канала значительные объемы выемки (около 2 млн. м³) выполнены гидромеханизированным способом.

Технология разработки сечения выемки гидромеханизированным способом была отработана на опытном участке канала длиной 2,5 м и заключалась в следующем: на участке глубокой выемки экскаватором драглайн устраивали пионерную траншею и забои для гидромониторов; гидромониторными установками поярусно разрабатывали сечение канала до бермы, пульпу при этом перекачивали земснарядами в отвал; экскаваторами драглайн разрабатывали живое сечение канала и недоборы от гидромеханизированных работ.

Гидромеханизированным способом была разработана только часть сечения канала до бермы, так как плотные четвертичные отложения не поддавались разработке этим способом.

По сравнению с другими гидромеханизированный способ имел ряд преимуществ: простота оборудования, невысокая единичная стоимость разработки грунта и меньшая трудоемкость работ. Эти условия, а также сжатые сроки строительства Шерабадского канала явились решающим фактором выбора гидромеханизации как

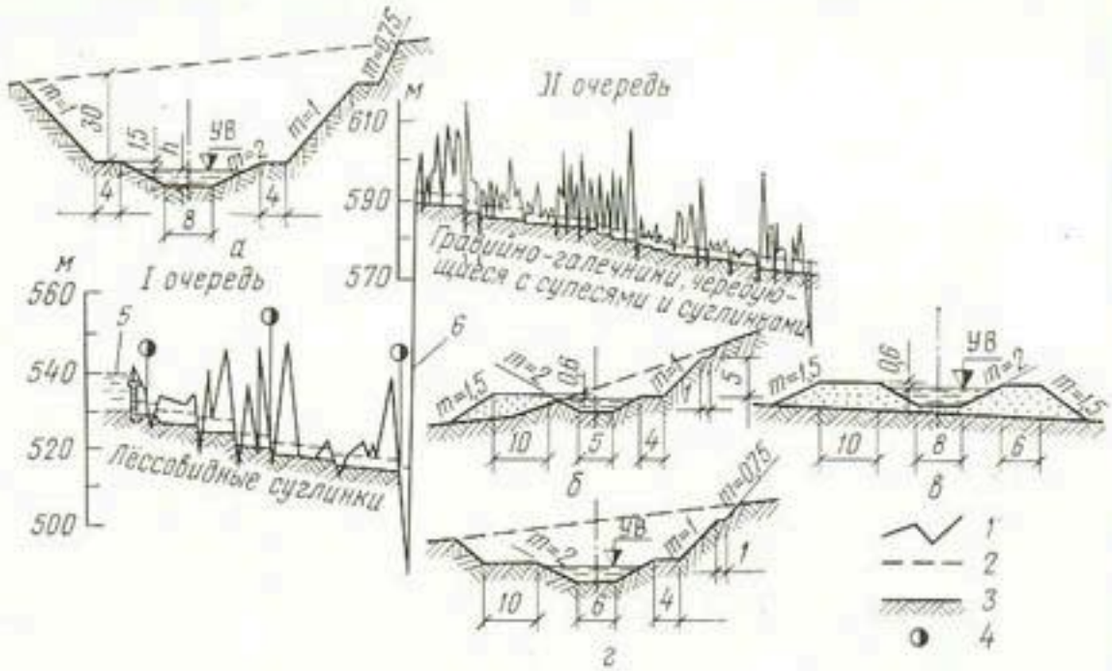

Рис. 18. Продольный и поперечный профили Большого Наманганского канала:
а — поперечное сечение канала I очереди на ПК 300; *б* — то же, канала II очереди на косогоре в полувыемке; *в* — то же, в насыпи; *г* — то же, в выемке; *1* — поверхность земли; *2* — уровень воды; *3* — дно канала на продольном профиле; *4* — насосная станция; *5* — водохранилище Учкурганского гидроузла; *6* — трубопровод. (Размеры в м.)

основного способа устройства выемки канала на значительном участке.

Разработка грунта и отделка откосов осуществлялись гидромониторами. Струей воды подрезалась нижняя часть уступа, а верхняя разрушалась или оползала на подошву забоя под действием силы тяжести. Обрушенный грунт смывался струей воды, пульпа по уклону забоя стекала к зумпфу и дальше перекачивалась земснарядами по пульпопроводам в отвал (Хамраев, 1975).

Большой Наманганский канал. Этот канал протяженностью 135 км предназначен для орошения 47 тыс. га земель в предгорной части правобережья р. Сырдарьи, из них 43,8 тыс. га на территории Узбекской ССР и 3,2 тыс. га в Киргизской ССР.

Строительство Большого Наманганского канала (БНК), осуществляемое трестом «Наманганводстрой» Узглавводстроя по проекту Узгипроводхоза, проводилось в две очереди (рис. 8): I — на пропуск расхода 62 м³/с, протяженностью 54 км от Учкурганского гидроузла до г. Намангана; II — на пропуск расхода 34 м³/с, протяженностью 81 км от г. Намангана до р. Алмассай.

Первая очередь строительства канала начата в 1970 г. и завершена в 1974 г. Канал от Учкурганского гидроузла протрассирован параллельно Северному Ферганскому каналу в 3...5 км от него и проходит в сложных топографических и инженерно-геологических условиях предгорной долины, пересекая большое число действующих селевых трактов, оврагов, оросителей и дорог (рис. 18).

Трасса канала проходит в пылеватых суглинках и лёссовидных просадочных грунтах мощностью от 5 до 20 м и более, подстилаемых гравийными отложениями. На отдельных участках канала лёссовидные грунты загипсованы и сильно уплотнены.

Загипсованные пересохшие суглинки составляют около 10% объема выемки и по трудности разработки отнесены к IV группе. Разработке их землеройной техникой предшествовало рыхление взрывами шпуровых зарядов при высоте уступа в среднем до 3 м. Просадочные грунты характеризуются плотностью 1,18...1,5 т/м³, естественной влажностью 2...6% и абсолютными просадками от 15 до 50 см. Грунтовые воды в процессе строительства были вскрыты значительно ниже дна канала.

Проектом намечалось выполнение земляных работ при строительстве канала I очереди гидромеханизированным способом (гидромониторными установками), экскаваторами драглайн и прямыми лопатами, бульдозерами и скреперами. В процессе строительства намеченные проектом схемы механизации земляных работ были уточнены. От разработки значительной части глубоких выемок гидромониторами пришлось отказаться, так как участки, предназначенные для сброса пульпы, оказались занятыми посевами хлопчатника. Для разработки гидромониторами был оставлен лишь участок глубокой выемки с объемом работ около 215 тыс. м³.

Грунт выемки канала был разработан в основном механическим способом. На участках с глубинами выемки от 5 до 10 м верхний ярус до отметок берм канала разрабатывался бульдозерами, а остальная часть сечения — экскаваторами драглайн в отвал и частично на транспорт (на стесненных участках).

При глубине выемки от 10 до 35 м верхний ярус ее разрабатывался также бульдозерами, а остальная часть — экскаваторами с погрузкой на автомобили-самосвалы и вывозом в кавальеры.

На участках, где канал пересекает овраги, создавалось корыто опережающей отсыпкой валиков сухого грунта за пределами контуров дамб; пространство между отсыпанными валами заполнялось водой, и устройство насыпи дамб канала проводилось методом отсыпки грунта в воду.

На участках прочих насыпей тело их возводилось по традиционной технологии из грунта, предварительно замоченного в карьере. Для увлажнения грунта использовали воду из действующего Северного Ферганского канала.

Для стабилизации просадок грунта по мере готовности канала проводили его замочку путем постепенного заполнения водой до проектных отметок отдельных отсеков канала, огражденных перемычками. Воду для замочки отсеков подавали из предыдущих замоченных участков канала (вели «за собой»), а на участках, где к моменту замочки шло строительство сооружений и не имелось возможности транзитного пропуска воды, ее перекачивали временными насосными установками. Продолжительность замочки отсеков составляла два месяца; значение просадок колебалось от 0,3 до 0,9 м (Хамраев, Мамонтов, Шманенко, 1971).

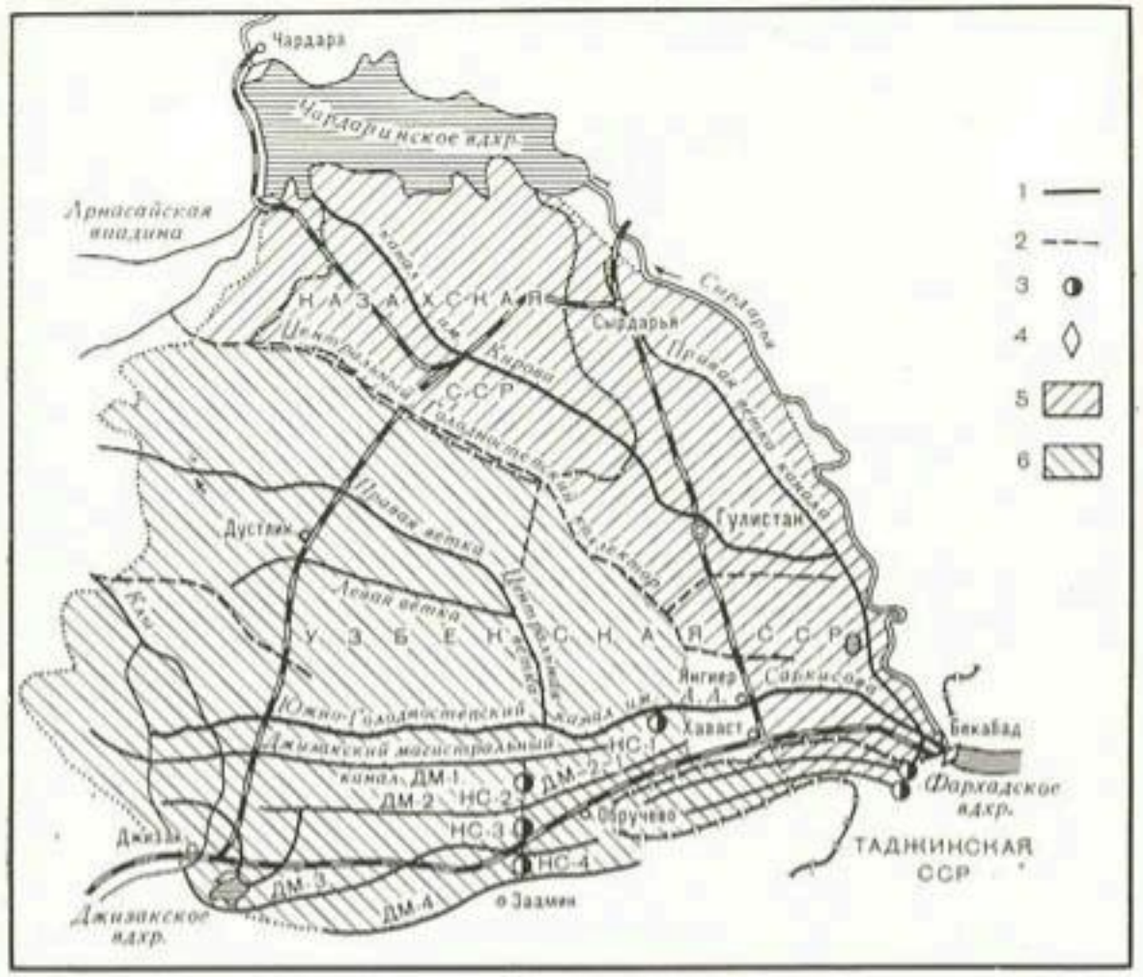

Рис. 19. Схемы Южно-Голодностепского канала им. А. А. Саркисова и Джизакского магистрального канала ДМ-1:

1 — каналы; *2* — коллекторы; *3* — насосные станции; *4* — гидроузлы; *5* — зона старого орошения из канала им. Кирова; *6* — зона орошения из Южно-Голодностепского канала.

Южно-Голодностепский канал им. А. А. Саркисова. Строительство канала велось с 1958 по 1961 г. Южно-Голодностепский канал (ЮГК) обеспечивает водой три массива новой зоны орошения в Узбекской ССР общей площадью нетто 302 тыс. га, в том числе юго-восточный площадью 80 тыс. га, центральный — 146 тыс. га и юго-западный — 76 тыс. га. Беря начало от Фархадской ГЭС, ЮГК проходит примерно параллельно железной дороге Хаваст—Джизак, постепенно удаляясь от нее на западе (рис. 19). Центральная часть Голодной степи орошается водами Центральной ветки ЮГК с головным расходом воды 164 м³/с, отходящей от последнего на 63-м километре. На 20-м километре Центральная ветка делится на два отвода — правую и левую ветки с подкомандной площадью орошения 68 тыс. и 69 тыс. га.

Строительство ЮГК осуществлялось Главголодностепстроем по проекту института «Средазгипроводхлопок». Южно-Голодностепский канал общей протяженностью 127 км с головным расходом 300 м³/с протрассирован по равнинной территории. На начальном

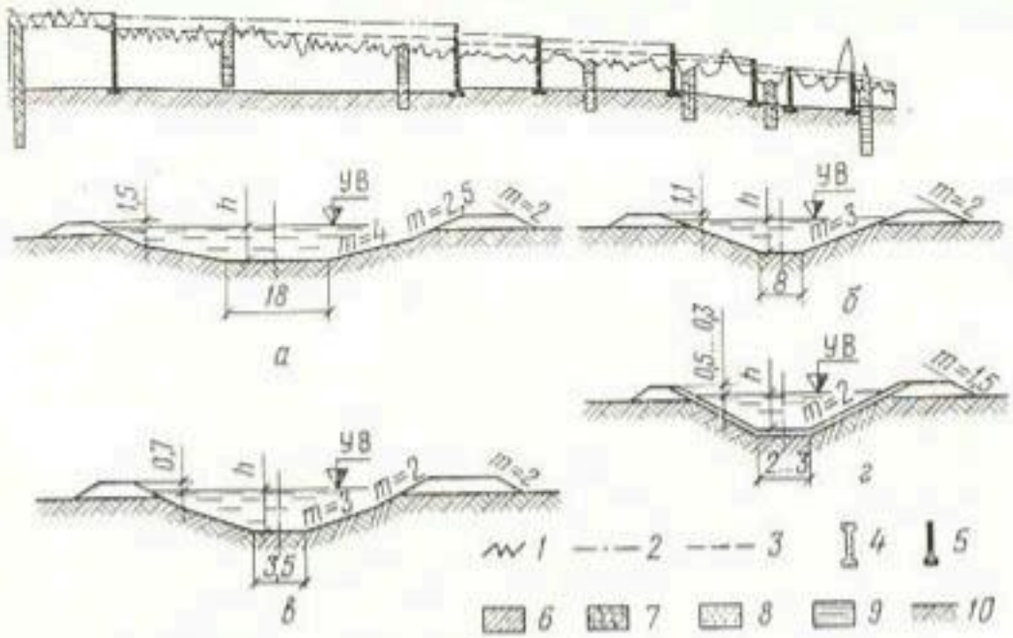

Рис. 20. Продольный и поперечный профили Южно-Голодностепского канала им. А. А. Саркисова:

а — поперечное сечение от ПК 0 до ПК 923; *б* — то же, от ПК 923 до ПК 923; *в* — то же, от ПК 923 до ПК 1035; *г* — то же, от ПК 1035 до ПК 1270; *1* — поверхность земли; *2* — гребень дамбы; *3* — уровень воды; *4* — головное сооружение; *5* — перегораживающее сооружение; *6* — супесь; *7* — суглинок; *8* — песок; *9* — глина; *10* — дно канала на продольном профиле. (Размеры в м.)

14,5-километровом участке трасса его совпадает с Баяутским каналом, сечение которого было расширено.

Из общей длины около двух третей канала построено в полувыемке—полунасыпи, а одна треть — в выемке (рис. 20). На всем протяжении канал проходит в пылеватых супесях и суглинках, мощность толщи которых превышает 100 м. На поверхности местами встречались слабозакрепленные эоловые пески. Трасса канала проходит в сложных гидрогеологических условиях — в основном в зоне высокого стояния уровня грунтовых вод. В процессе строительства они вскрывались на глубине 2...6 м и были сильно минерализованы. Характер взаимодействия грунтовых и фильтрационных вод в период эксплуатации канала на различных его участках в вегетационный и невегетационный периоды неодинаков. В связи с этим канал частично питает грунтовые воды, частично дренирует сам. Такое положение обусловило незначительные фильтрационные потери из канала — в среднем около 65 л/с на 1 км длины. Это позволило на основной длине канала отказаться от противофильтрационной облицовки и до 103-го километра устроить канал в земляном русле. Только последние 24 км канала облицованы бетоном (Ирригация Узбекистана, т. II, 1975).

Сечение канала на участке 0...103,5 километра было принято полигональным с заложением откосов 1:4, 1:2,5 (до 62,3 километра) и 1:3, 1:2 (62,3...103,5 километра). На участке 103,5...127-й километр сечение трапецеидальное с откосами 1:2. Полигональное сечение

ЮГК в слабых грунтах при высоком уровне стояния грунтовых вод и большой глубине наполнения канала оказалось достаточно устойчивым и близким к гидравлически наивыгоднейшему. Выполнение выемки полигонального сечения указанных параметров шагающими экскаваторами и прицепными скреперами не вызывало осложнений при проведении работ.

Земляные работы на канале были выполнены по следующим технологическим схемам.

Верхний слой выемки (грунт естественной влажности) был разработан скреперами с перемещением грунта в тело дамб. При этом на участках канала, где напор воды не превышал 1 м, грунт в дамбах уплотняли проходами груженых скреперов. При напоре более 1 м после проходок скреперов грунт в дамбах уплотняли кулачковыми катками. Остальную часть выемки канала разрабатывали шагающими экскаваторами драглайн (от 0 до 45-го километра) и дизельными экскаваторами с вместимостью ковша 1 м³ (45...127-й километр).

Первоначально предполагалось весь канал устроить шагающими экскаваторами, однако на втором участке пришлось применить дизельные драглайны из-за трудностей в электроснабжении шагающих экскаваторов и сжатых сроков строительства, потребовавших одновременного ведения работ на значительной части трассы.

В процессе строительства канала экскаваторами выполнено около 86%, скреперами — 10% и бульдозерами — 4% всего объема выемки грунта.

На всем протяжении канала дамбы его пригружены кавальерами, поверхность которых спланирована и закреплена лесными посадками. В течение нескольких первых лет деревья поливали из канала с помощью передвижных насосных станций. В дальнейшем их корневая система достигла поверхности грунтовых вод и полив лесных посадок был прекращен.

Грунтовые воды, фильтровавшиеся в выемку канала в процессе строительства, отводили в постоянную коллекторно-дренажную сеть. Начальная часть коллекторов на площадях, прилегающих к строящемуся каналу, была углублена, и они временно присоединялись к ЮГК.

Значительные трудности при выполнении земляных работ встретились на начальном участке канала, где русло действующего Баяутского канала расширялось до параметров ЮГК. Баяутский канал действовал круглый год в режиме подпора, и расширение его можно было осуществить лишь путем подводной разработки. Применить гидромеханизированный способ по ряду причин строителям не удалось, поэтому разработку этого участка проводили экскаваторами.

В процессе экскавации драглайнами значительная часть грунта оставалась в воде в виде взвеси, которая переносилась течением в канал и там откладывалась. На некоторых участках высота наносного слоя достигала 1,5 м. Кроме того, экскавация вызывала волнообразование, и, как следствие этого, подмыв, обрушение и оползание грунта с откосов канала. Перед сдачей в эксплуатацию ЮГК Баяутский канал был временно остановлен для проведения очистки от заиления.

Один из сложных вопросов, которые решались в процессе проектирования ЮГК, — выбор способа защиты его откосов на необлицованном участке в пределах колебания уровней от разрушения волной.

Волнообразование в канале при ширине водной поверхности до 65 м и значительной (до 7 км) длине прямых участков вызывалось частыми и сильными ветрами в этой зоне, достигающими 25...35 м/с и совпадающими с направлением трассы канала. Особенно сильному волнобою подвергался начальный 62-километровый участок.

В проекте были рассмотрены варианты каменных, сборных и монолитных бетонных, железобетонных и асфальтобетонных креплений. Эти крепления уступали по экономическим показателям посадкам древовидной и кустарниковой ивы (тала), которая не боится непродолжительных затоплений и своей корневой системой, стелющейся неглубоко от поверхности, скрепляет грунт откосов канала. Наземная часть посадок защищает канал от ветра, уменьшает волнобой.

На остальной части канала, где ветры слабее и ширина водной поверхности меньше, волнобой менее опасен. Здесь были проведены посадки кустарниковой ивы по урезу минимального уровня (нижний ряд посадок и по линии, превышающей на 0,7 м максимальный уровень воды в канале (верхний ряд посадок). Этот тип крепления оказался надежным и оправдал себя в эксплуатации канала (рис. 21).

Особенность строительства ЮГК состоит в том, что он был построен сразу на полный проектный расход воды по этапам, увязанным с вводом орошаемых площадей (Духовный, 1973).

Джизакский магистральный канал ДМ-1. Орошение Джизакского массива площадью 184 тыс. га проводят с подачей воды по реконструированному ЮГК. Каскадом четырех насосных станций вода из него подается на массив орошения. Головная насосная станция расходом 191 м³/с с высотой подъема 23 м располагается на 40-м километре ЮГК, который на участке от головного сооружения до первой насосной станции уширяется для пропуска увеличенного расхода от 300 до 545 м³/с. Поданная головной насосной станцией в Джизакский машинный канал ДМ-1 вода поступает на орошение подкомандных площадей.

Из канала ДМ-1 насосной станцией второго подъема расход воды 136,5 м³/с подается на высоту 45 м в машинный канал ДМ-2, откуда насосной станцией третьего подъема расход 70 м³/с перекачивается на высоту 45 м в канал ДМ-3. Последняя ступень водоподачи расхода 25 м³/с на высоту 63 м осуществляется насосной станцией четвертого подъема в канал ДМ-4 (рис. 19).

Джизакский машинный магистральный канал ДМ-1, предназначенный для орошения 52 тыс. га, протрассирован от напорного бассейна головной насосной станции в западном направлении почти

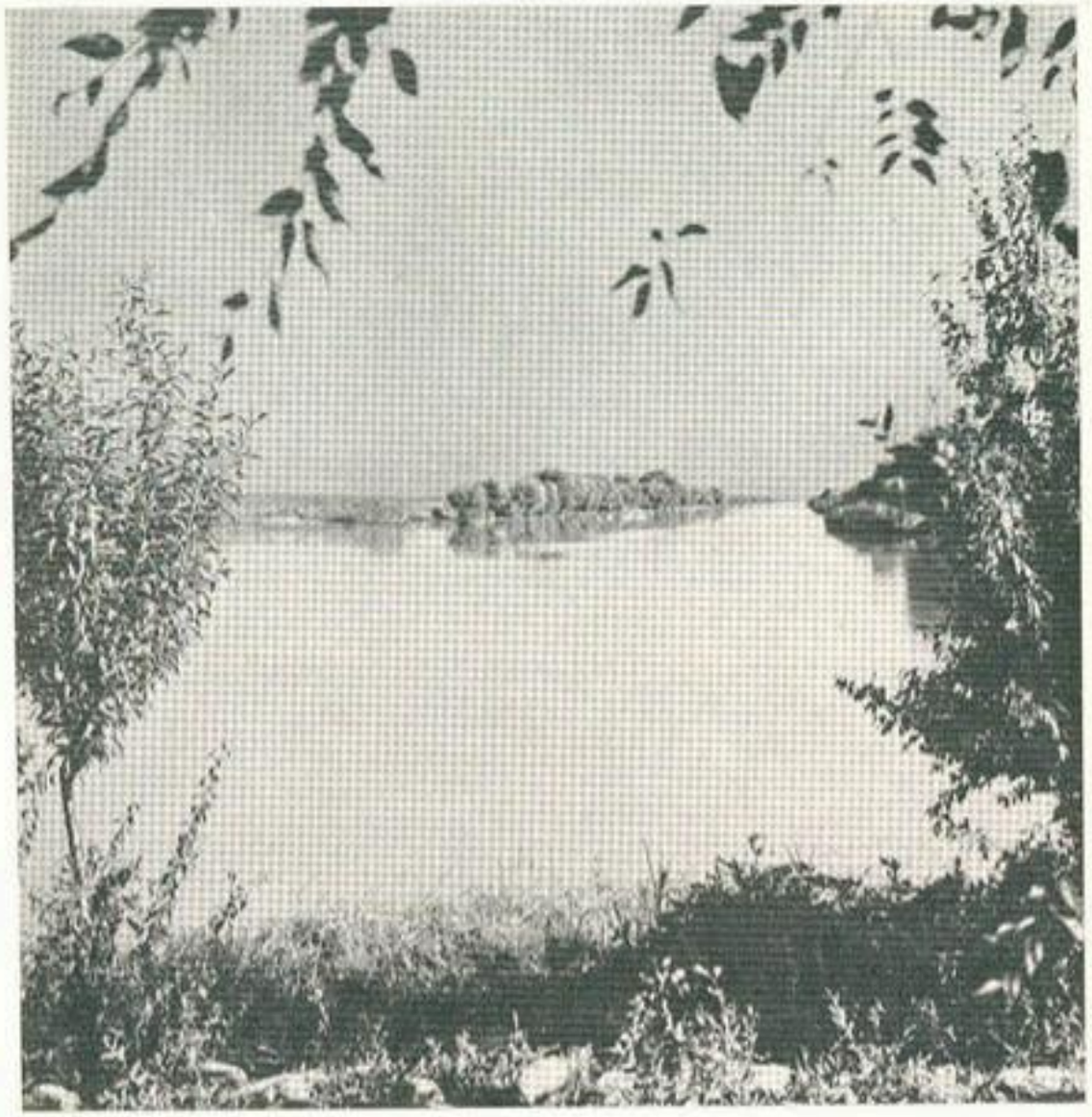

Рис. 21. Крепление откосов Южно-Голодностепского канала древесной растительностью.

параллельно ЮГК. Протяженность канала ДМ-1 96,7 км, в том числе I очередь строительства 75 км. Строительство канала ДМ-1 начато в 1976 г. Строительные работы ведутся организациями Главсредазирсовхозстроя по проекту Средазгипроводхлопка.

Необходимость обеспечения командования обусловила проектирование канала в полувыемке — полунасыпи с преобладанием выемки. Высота дамб на преобладающей части канала 1,5...2 м и только на начальном четырехкилометровом участке она увеличивается до 3...5 м. Ширина левой дамбы принята 4 м, а правой — 8 м из условия трассировки по правой дамбе инспекторской дороги и удобства проведения строительных работ (рис. 22). Весь канал I очереди, за исключением участков 4...27 и 27...31-й

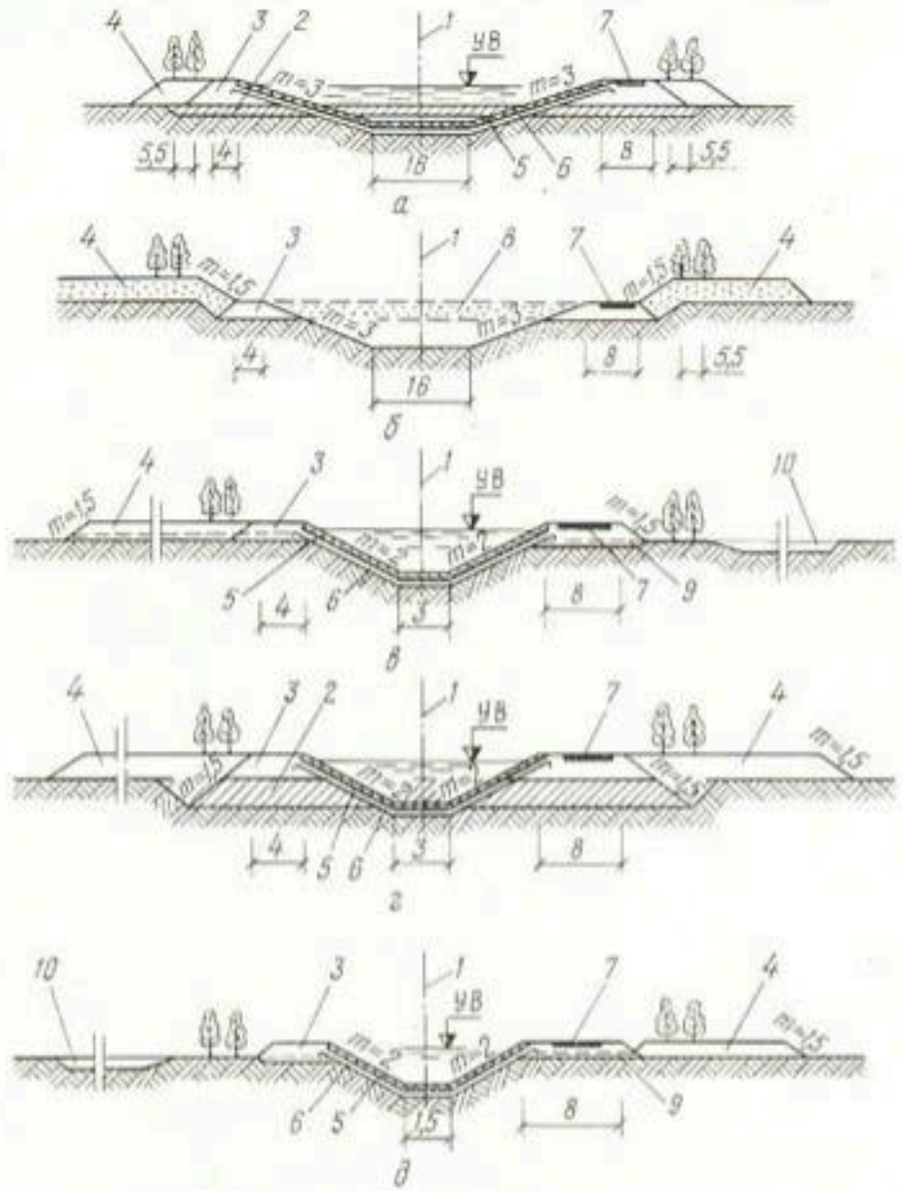

Рис. 22. Поперечные профили Джизакского магистрального канала ДМ-1:

а — поперечное сечение от ПК 0+00 до ПК 5+67; *б* — то же, на участке в несчаных грунтах; *в* — то же, от ПК 311+88 до ПК 526+40; *г* — то же, от ПК 526+40 до ПК 535+60; *д* — то же, от ПК 535+60 до ПК 751+20; *1* — ось канала; *2* — срезка загипсованного грунта; *3* — уплотненная насыпь из суглинистого грунта; *4* — кавальер; *5* — облицовка из монолитного бетона и железобетона; *6* — полиэтиленовая пленка толщиной 0,3 мм; *7* — инспекторская дорога; *8, 9* — срезка соответственно песчаного грунта и растительного слоя; *10* — резерв. (Размеры в м.)

километры, облицован монолитным железобетоном толщиной 0,12...0,15 м (откосы канала) и монолитным бетоном толщиной 0,15 м (дно канала). На отдельных участках в малопроницаемых суглинистых грунтах дно канала не облицовано. Облицовка канала устроена по стабилизированной полиэтиленовой пленке толщиной 0,3 мм, уложенной по периметру канала. Перед укладкой пленки периметр канала обработан гербицидами.

По условиям производства работ канал ДМ-1 разбит на три характерных участка (Средазгипроводхлопок).

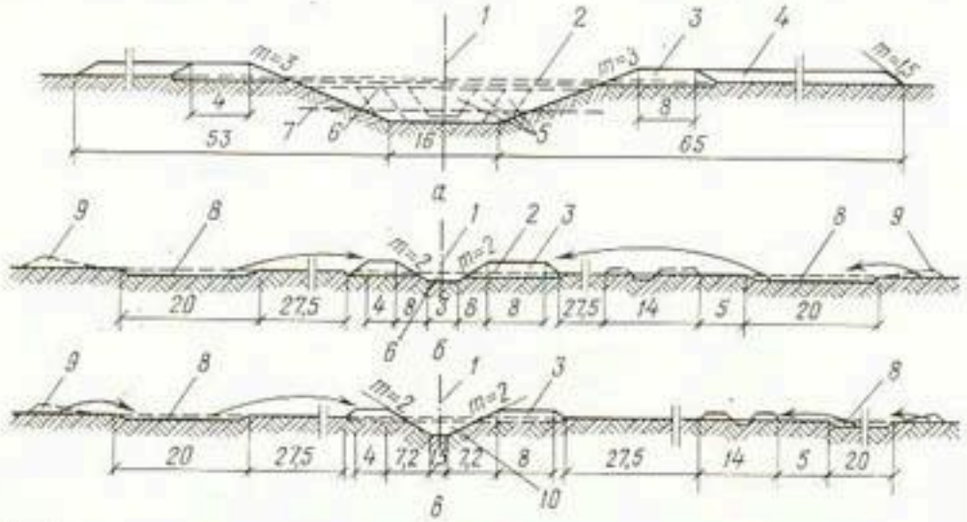

Рис. 23. Технология строительства Джизакского магистрального канала ДМ-1:
а — участок канала от ПК 0+00 до ПК 314+88; *б* — то же, от ПК 314+88 до ПК 535+60; *в* — то же, от ПК 535+60 до ПК 967+10; *1* — ось канала; *2* — срезка растительного слоя толщиной 0,2 м; *3* — уплотненная насыпь; *4* — кавальер; *5* — грунт, разработанный экскаваторами драглайн Э-1252; *6* — то же, прицепными скреперами вместимостью ковша 6...8 м³; *7* — уровень грунтовых вод в период строительства; *8* — резерв; *9* — временные отвалы растительного слоя; *10* — грунт, разработанный экскаваторами драглайн Э-10011. (Размеры в м.)

Участок 0...31,5 километра имеет ширину по дну 16 м и глубину выемки от 5 до 11 м (преобладающая глубина 7...8 м). Здесь 20-сантиметровый растительный слой, суглинистые и супесчаные грунты верхнего 1,5-метрового слоя разработаны прицепными скреперами вместимостью ковша 6...8 м³, а остальная часть сечения канала — экскаваторами драглайн в отвал за семь проходок (рис. 23). Отвалы экскаваторной разработки перемещались в кавальеры бульдозерами на тракторах мощностью 74 кВт.

На участках трассы, проходящих в песках, а также в загипсованных грунтах удаляли пески и загипсованные грунты с поверхности канала и из-под основания дамб. Эти грунты размещали в кавальерах, примыкающих без разрыва к уплотненной насыпи, и частично вывозили в местные понижения за пределы полосы отчуждения. Насыпи канала, как правило, возводили из суглинистых или супесчаных грунтов нижних слоев экскаваторной разработки.

Участок 31,5...53,6 километра имеет ширину по дну 3 м, глубину выемки 3...5 м (преобладающая глубина 3...3,5 м). Срезку растительного слоя в 0,2 м и устройство выемки канала в легких суглинках проводили прицепными скреперами вместимостью ковша 6...8 м³ с перемещением грунта в насыпи и в примыкающие к ним кавальеры. На последнем километровом отрезке этого участка, где включения гипса достигали 60%, весь загипсованный суглинистый грунт сечения и под основаниями дамб канала до отметок дна был вывезен в кавальер. В образовавшемся корыте была устроена уплотненная насыпь из суглинистого грунта соседнего участка и частично из резервов, заложенных в полосе отчуждения и на землях, непригодных к орошению.

Рис. 24. Схема Главного Каховского магистрального канала:
1 — каналы межхозяйственной оросительной сети; *2* — головная насосная станция; *3* — гидроузел.

Участок 53,6...96,7 километра имеет ширину по дну 1,5 м и глубину выемки от 2...3 до 10...12 м (преобладающая глубина 3...5 м). Срезку растительного слоя в 0,2 м проводили прицепными скреперами вместимостью ковша 6...8 м³; грунт выемки канала разрабатывался экскаваторами драглайн вместимостью ковша 1 м³ в отвал и в насыпь. На отдельных участках с отрицательным балансом грунта в поперечнике резервирование проводили прицепными скреперами вместимостью ковша 6...8 м³ в полосе отчуждения или в выемке соседних участков.

Для защиты канала от ветровой эрозии, понижения в его зоне уровня грунтовых вод, затенения водной поверхности и закрепления кавальеров у подошвы дамб или на поверхности кавальеров устроены двухрядные лесные посадки шириной по 5...6 м с обеих сторон канала.

Главный Каховский магистральный канал. Это основная магистраль Каховской оросительной системы. Канал предназначен для орошения земель в центральной и южной частях массива (рис. 24, 25). Площади, подкомандные Главному Каховскому магистральному каналу, составляют 554 тыс. га, расчетный расход воды в голове канала с учетом обводнения территории и сельскохозяйственного водоснабжения составляет 482 м³/с, а форсированный — 530 м³/с. Канал был построен в период с 1967 по 1979 г. Укрводстроем по проекту Укргипроводхоза.

Канал длиной 130 км протрассирован в мягких грунтах (супеси, суглинки, глины) в условиях отсутствия грунтовых вод в пределах выемки канала. Трасса канала в головной части пересека-

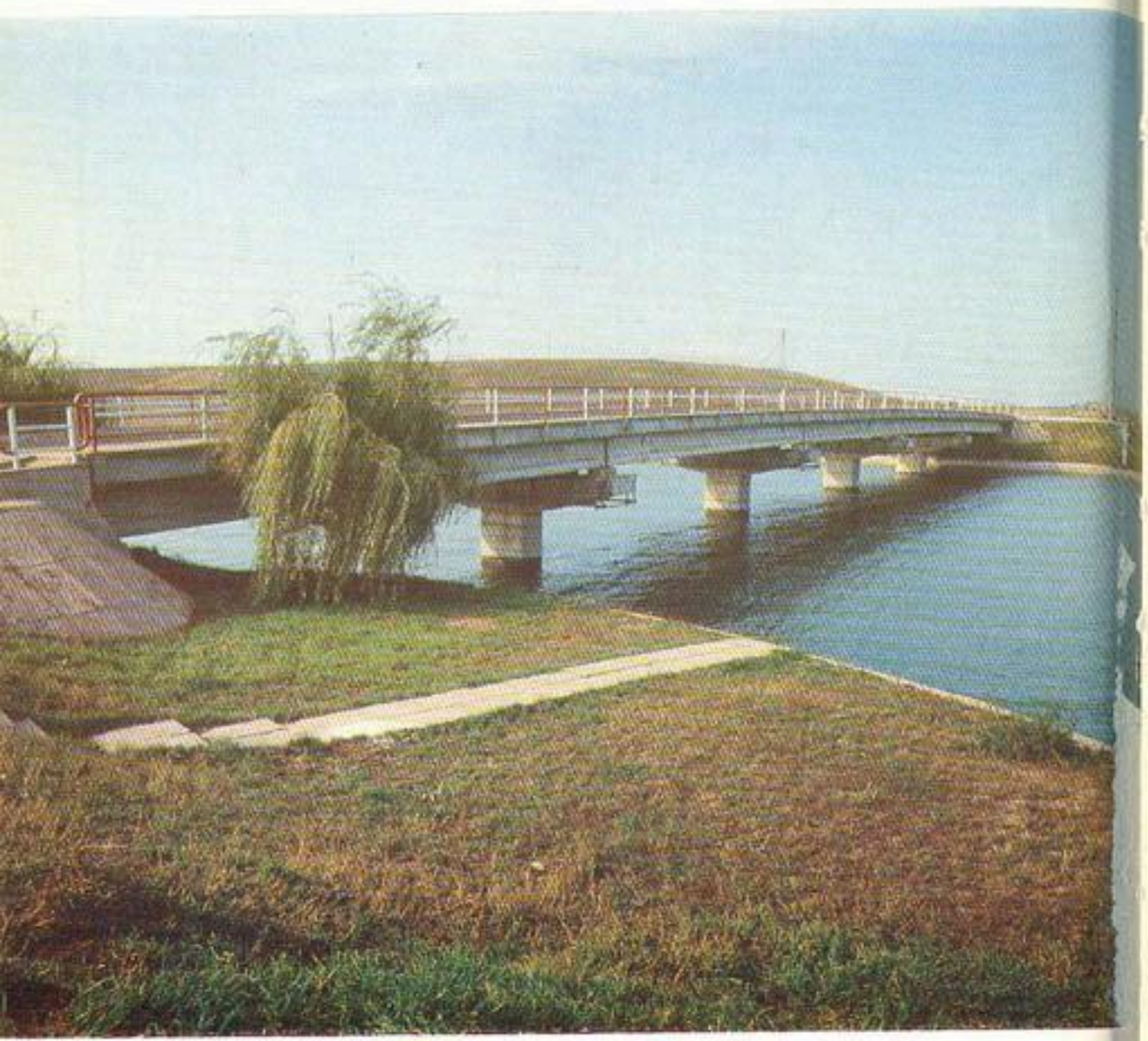

Рис. 25. Мост на Главном Каховском магистральном канале.

ет глубокой выемкой (до 26 м) водораздельное плато между р. Днепром и Сивашем. Наибольшая глубина наполнения канала 9,9 м, ширина по урезу воды в головной части 90 м, в концевой — 24 м.

Забор воды в магистральный канал осуществляется головной насосной станцией, построенной в заливе Каховского водохранилища. Вода подается по напорным трубопроводам в приемный бассейн канала, при нормальных уровнях в водохранилище высота подъема воды составляет 20,3 м, а при максимальной сработке водохранилища — 24,3 м.

Оборудование насосной станции монтируется по мере ввода площадей и увеличения водопотребления на оросительной системе.

Канал построен сразу для пропуска расходов воды на всю подкомандную орошаемую площадь. Форсированные расходы воды головной насосной станции по очередям строительства составляют: I — 208 м^3/с, II — 228 и Приазовская оросительная система — 94 м^3/с.

Для снижения потерь воды на фильтрацию и повышения надежности канала запроектирован ряд мероприятий.

На участках канала длиной 110 км, проходящих в макропористых лёссовидных суглинках, по мокрому периметру устроен экран из стабилизированной полиэтиленовой пленки марки «А» (толщина 0,2 мм, укладывается в два слоя), прикрытой метровым грунтовым экраном из переработанных суглинистых грунтов выемки канала. Для ускорения процесса устройства противофильтрационного экрана русло канала формировали в виде расположенных в продольном сечении чередующихся групповых уступов и впадин. Впадины разрабатывали скреперами до проектных отметок дна канала под укладку пленки. Объемы оставляемых выступов гребенки определялись условием создания из них метрового защитного слоя над пленкой. Первый полуметровый защитный слой грунта, доставленного скреперами при срезке гребенок, надвигали на пленочный экран бульдозерами, а последующая отсыпка с доведением защитного слоя грунта до метровой толщины проводилась скреперами (рис. 26). Грунт защитного слоя уплотняли катками в сцепе с трактором слоями 0,25 м и груженными скреперами при попутных рейсах (Варваров, Богатов, 1977).

В зонах волновых воздействий и сработки уровней воды по всей длине канала предусмотрено крепление откосов монолитным армированным бетоном по полиэтиленовой пленке (Бакшеев, Матях, Карук, 1976).

Земляные работы на строительстве Главного Каховского канала были полностью механизированы. Выбор землеройной техники проводился исходя из объемов земляных работ (выемка 87,9 млн. м^3, насыпь 12,7 млн. м^3), оптимальных технологических схем производства работ и наличного парка строительных машин у генерального подрядчика.

Характерная особенность строительства Главного Каховского канала — широкое применение на земляных работах самоходных

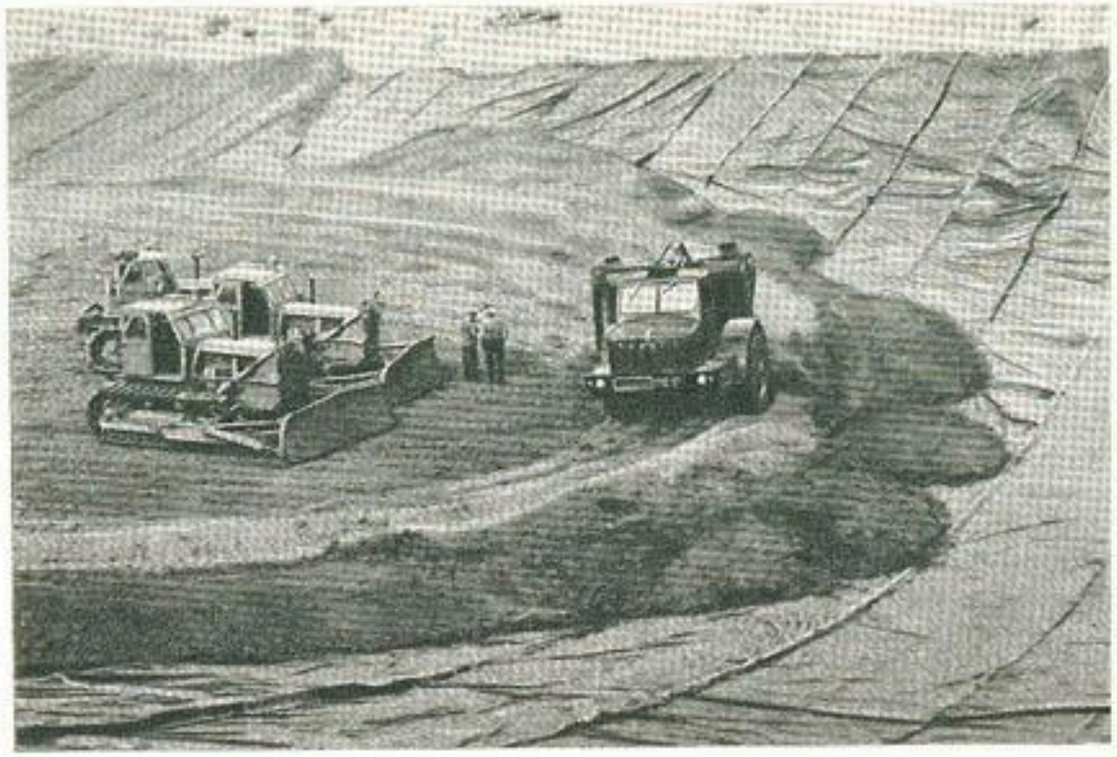

Рис. 26. Покрытие пленочного противофильтрационного экрана Главного Каховского магистрального канала защитным слоем суглинистого грунта.

и прицепных скреперов, которые использовали во всех технологических процессах устройства канала, начиная со снятия растительного слоя с площадей выемок, резервов, кавальеров и оснований дамб и кончая отделочными работами. Экскаваторы в комплекте с автомобилями-самосвалами применяли в основном на зачистке откосов канала и на участках выемки, где по условиям строительства было необходимо перемещать грунт на расстояние более 3...4 км.

Бульдозерные комплексы находили применение в основном на работах по устройству кавальеров, на срезке грунта с откосов канала с подачей его на дно к скреперам и на рекультивации отвалов.

Основные работы по строительству канала вело специализирующееся на земляных работах строительно-монтажное управление 96 Укрводстроя с годовым объемом работ более 10 млн. р.

В СМУ 96 скреперы были объединены в специализированные и комплексные бригады, куда наряду с ведущими механизмами — скреперами вводили тракторы-толкачи (один на 3...4 скрепера), бульдозеры (один на 5...10 скреперов), рыхлители (один на 10...12 скреперов, применяемые при плотности грунта более 1,5 г/см^3), катки, грейдер или планировщик (Богатов, Варваров, 1973).

В начальный период строительства комплексные бригады объединяли скреперы одной марки (самоходные или прицепные) и выполняли работы на отдельных участках трассы. Однако практика показала целесообразность объединения прицепных и самоходных скреперов в одной бригаде, чтобы каждый из них работал в наиболее благоприятных условиях при строительстве конкретного участка канала.

Средняя интенсивность строительства Главного Каховского магистрального канала с сооружениями составляла около 10...12 км в год при круглогодовом ведении земляных работ. Предельная глубина выемки, разработанная скреперами на начальном участке канала, достигала 26 м, хотя по опыту работы в условиях этого канала разработка грунта скреперами ниже глубины 15 м становилась неэффективной.

Фактическое распределение объемов земляных работ (разработка и переработка грунта) на строительстве Главного Каховского магистрального канала между основными землеройными машинами в разные годы составляло: бульдозеры мощностью 74, 96, 132 и 228 кВт — 30...35%; скреперы прицепные и самоходные с вместимостью ковша 8 и 9 м^3 — 63...66%; экскаваторы одноковшовые вместимостью ковша 2, 1,25 и 0,65 м^3 с перемещением грунта автомобильным транспортом — 1,4...2%; прочие механизмы — до 3%.

Канал Днепр — Донбасс. Этот канал предназначен для хозяйственно-питьевого водоснабжения Донецкой и Харьковской областей и орошения 130 тыс. га земель. Строительство канала осуществляется Днепрканалстроем по проекту Укргидропроекта в две очереди: в I очередь — участок канала от Днепродзержинского водохранилища на р. Днепре до р. Северского Донца в районе г. Изюма протяженностью 263 км на расход воды 120 м^3/с; во II очередь — канал от Краснопавловского водохранилища на канале I очереди до г. Донецка протяженностью 140,7 км на расход воды 34 м^3/с в четырех нитках железобетонных предварительно напряженных труб диаметром 2 м (Аброскин, 1975).

Канал I очереди с сооружениями построен в период 1970...1978 гг. В состав сооружений входят 12 насосных станций, подающих воду на высоту 63 м, дюкеры и акведуки на пересечении канала с р. Орелью и ее притоками, мосты на пересечении с дорогами, туннель длиной 3,3 км (две нитки диаметром по 5 м) на водораздельном участке и водохранилища (рис. 27).

Канал проходит в аллювиальных террасах рек Орельки, Попельной, Бритай и Береки. В литологическом разрезе преобладают связные грунты (суглинки, глины), а также супеси и пески. Уровень грунтовых вод находится в пределах выемки канала, на отдельных участках трасса проходит по заболоченной территории и по неглубоким водным акваториям. На всем протяжении канала в зоне волновых воздействий и на поворотах предусмотрено крепление щебнем (фракции 40...70 мм, 20...40 и 0,15...10 мм) на всю длину откоса толщиной 0,3...0,4 м.

При трассировке канала по террасам рек руководствовались в основном следующими положениями (Карпенко, Свашенко, 1975): рациональным размещением канала и сооружений с уче-

Рис. 27. Схема канала Днепр — Донбасс, I очередь строительства:
1 — канал Днепр — Донбасс; *2* — насосные станции; *3* — туннель.

том минимального изъятия из сельскохозяйственного оборота ценных земель; предотвращением подъема уровня грунтовых вод в период эксплуатации канала; сведением до минимума затрат на переселение населения и вынос строений и сооружений из зоны канала; широким применением средств гидромеханизации при устройстве выемки канала; возможностью унифицировать ряд сооружений канала, например, насосных станций по напору при вписывании продольного профиля канала в плавно изменяющийся рельеф поймы.

Характерная особенность строительства этого канала — широкое применение, особенно в начальный период строительства, на земляных работах средств гидромеханизации. Проектными проработками при устройстве выемки канала намечалось использование двух основных способов: гидромеханизированного — 70% и механического — 30% объема выемки.

В процессе работ по каналу это распределение несколько изменилось в сторону увеличения доли механического способа. Земляные работы на канале проводили по трем основным технологическим схемам (рис. 28).

На первом участке трассы (0...166-й километр), протрассированном преимущественно в выемке по надпойменной террасе р. Орельки, где преобладают легкие грунты (пески и супеси), залегающие под относительно небольшой толщей связных грунтов, и наблюдается высокий уровень грунтовых вод. Основные объемы грунта разработаны плавучими земснарядами, работающими на оборотной воде.

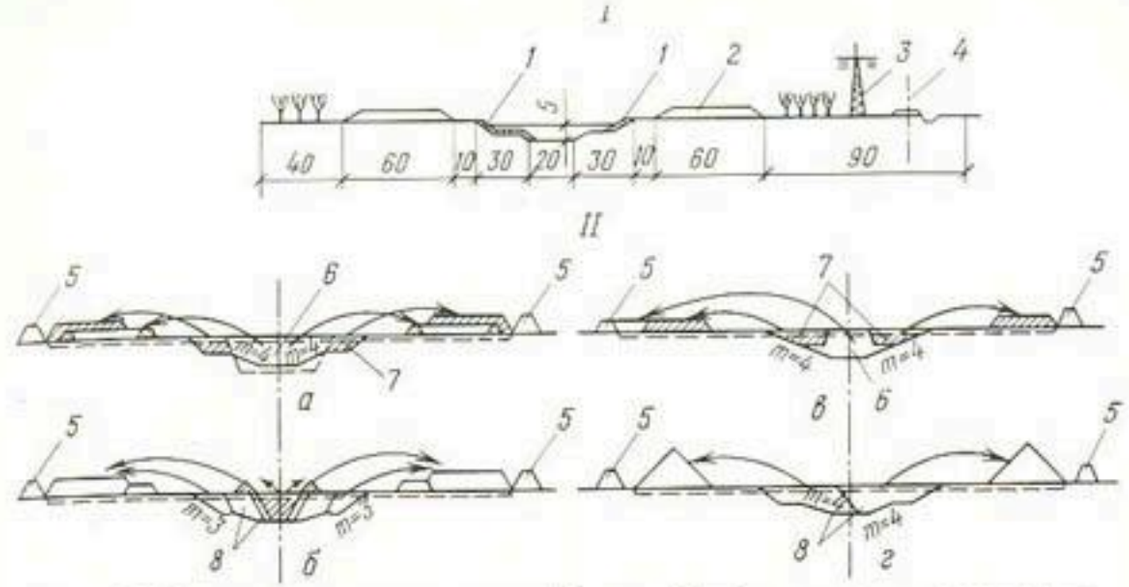

Рис. 28. Поперечное сечение канала Днепр — Донбасс и схемы механизации:
I — типовое поперечное сечение канала; II — технологические схемы разработки выемки канала: *а* — схемы разработки участка от 0 до 166-го километра; *б* — то же, от 166 до 198-го километра; *в* — то же, от 208 до 263-го километра; *1* — участок канала, разработанный экскаваторами ЭШ-5/45; *1* — крепление щебнем; *2* — кавальер; *3* — линия электропередачи 35 кВ; *4* — автомобильная дорога; *5* — кавальер срезки растительного слоя; *6* — грунт, разработанный земснарядами; *7* — береговые траншеи (разработаны экскаваторами драглайн); *8* — забои экскаваторов. (Размеры в м.)

При этом земснарядами разработана часть сечения канала — прорезь по оси шириной по дну 30 м с откосами 1 : 1. При таком способе разработки предусматривалось естественное обрушение откосов в зависимости от геологического сложения. После понижения уровня воды в прорези поверхностным водоотливом проводили доработку откосов до проектного профиля экскаваторами драглайн.

Грунт из выемки канала (прорезь и доработка) укладывался в приканальные дамбы и кавальеры с прикрытием их растительным грунтом слоем 0,2 м (Цыбенко, 1975).

На втором участке (166...198-й километр), характеризующемся преобладанием связных грунтов, основные объемы разработаны экскаваторами с понижением уровней воды в канале до отметок, превышающих отметки дна канала на 1...1,5 м.

Третий участок (198...208-й километр) охватывает водораздел бассейнов рек Днепра и Северского Донца. Водораздел канала пересекается двумя нитками туннеля диаметром 5 м. Канал здесь проходит в эолово-делювиальных суглинках, глинах и плиоценовых глинах.

На четвертом (сбросном) участке (208...263-й километр), характеризующемся наибольшей заболоченностью, частыми пересечениями трассы канала руслами рек, проводили опережающую разработку приоткосных секторов экскаваторами с последующей разработкой ядра выемки земснарядами. При этом по береговым траншеям приоткосных секторов канала проводился пропуск

расходов действующих водотоков и прием боковой приточности (вода для работы земснарядов).

Опыт строительства канала Днепр — Донбасс показал, что при разработке обводненных песчаных и супесчаных грунтов работа земснарядов достаточно эффективна, так как в сильно обводненных забоях применение другой техники затруднено.

При разработке земснарядами суглинистых и глинистых грунтов не удавалось добиться должного отстоя пульпы в картах намыва, вследствие чего в канал с оборотной водой сбрасывалось значительное количество грунта и происходило заиление его дна на 1,5...2 м.

На степень заиления канала влияли и такие факторы, как обрушение неспланированных откосов при волновом воздействии, ветровая эрозия кавальеров, суффозия на участках перепада между выклинивающимся уровнем грунтовых вод и уровнем воды в канале и др. (Муканов, Матвиевский, Розиноер, 1975).

Существующие типы земснарядов, которые применяли на канале Днепр — Донбасс, были мало приспособлены к разработке каналов узкого поперечного сечения. Этот фактор, а также неоднородное геологическое строение и ряд других причин приводили к значительному отклонению поперечного сечения канала от проектного.

При механическом способе часть земляных работ выполняли шагающими экскаваторами.

В начальный период строительства в связи со значительной заболоченностью трассы канала, высокими уровнями грунтовых вод и отсутствием опыта широкого применения шагающих экскаваторов в подобных условиях эти машины использовались весьма осторожно. Однако трудности, заключающиеся в необходимости доработки откосов канала до проектного профиля после гидромеханизации, значительные отводы земель под отвалы гидромеханизации и сложность работы землеройной техники на плохо водоотдающих отвалах привели строителей к замене на ряде участков земснарядов шагающими экскаваторами типа ЭШ-5/45. Шагающие экскаваторы устойчиво работали на участках, где уровень грунтовых вод был на 1,5...2 м ниже подошвы забоя. Приобретя опыт работы с шагающими экскаваторами и выявив целесообразность их применения на канале, строители сочли возможным использовать в дальнейшем эти машины и на заболоченных участках трассы (Цыбенко, 1975). При этом для удобства работы экскаваторов автомобилями-самосвалами отсыпалась опережающая насыпь шириной 16 м с превышением бровки насыпи над уровнем воды в болотах на 1,5 м и площадками для разъездов автомобилей через 100 м.

После прохода шагающего экскаватора получалось практически завершенное проектное сечение канала, трудоемкость работ по устройству проектного профиля была значительно ниже, чем при разработке земснарядом с доработкой откосов. Шагающими экскаваторами было разработано 46 км трассы, которые в проекте намечалось разработать земснарядами.

В процессе экскавации проводился водоотлив плавучими насосными станциями с поддержанием уровня воды в забое не выше 1...1,5 м от дна. Участок, обслуживаемый одной плавучей насосной станцией (три насоса 6 НДв подачей 250 м³/ч на понтоне грузоподъемностью 20 т), от 1...2 км (в песчаных и супесчаных грунтах) до 3...4 км (в суглинистых и глинистых грунтах).

Из других машин на разработке выемки использовали экскаваторы Э-2503 и Э-1252, оборудованные драглайнами, и бульдозеры на тракторах Т-100, Т-130, Т-180 и ДЭТ-250.

Бульдозеры применяли в основном при устройстве кавальеров и перемещении грунта. На начальном участке канала, где уровень грунтовых вод был вскрыт в 5...6 м от поверхности земли, верхняя часть грунта выемки на глубину около 5 м была разработана бульдозерами. Скреперы применяли в основном на срезке растительного слоя с поверхности канала, карьеров и т. п.

Фактическое распределение земляных работ по способам их выполнения при строительстве I очереди канала Днепр — Донбасс составило: гидромеханизированный — 24%, механический — 76%. Преобладающие объемы выполнялись экскаваторами — 30,5%, (в том числе около 10% шагающими) и бульдозерами — 42%; объем работ, выполняемых скреперами, составлял 3%, прочими машинами — 0,5%.

Канал Днепр — Кривой Рог. Основное назначение канала Днепр — Кривой Рог — решение проблемы водоснабжения Криворожского бассейна и орошение 24,5 тыс. га земель для развития овощеводства и животноводства в этом районе. Канал протяженностью 42,2 км, расходом 38 м³/с берет начало из Каховского водохранилища на р. Днепре, проходит западнее г. Апостолово и заканчивается в Южном водохранилище (рис. 29). Строительство канала осуществлялось Днепростроем с 1957 по 1960 г. по проекту Укргидропроекта.

Поперечное сечение канала полигональной формы, глубина его 4,5 м, ширина по дну 4 м. Заложение откосов: в верхней части на глубине 2 м от бровки 1 : 2, на остальной части 1 : 4. Глубина воды при пропуске расчетного расхода 3,5 м, уклоны дна 0,00008. В верхней части откосов канала в пределах колебания уровней воды устроено крепление щебнем слоем 0,2 м. Общая высота подъема воды от Каховского до Южного водохранилищ тремя насосными станциями составляет 85 м.

Инженерно-геологические и топографические условия трассы относительно просты и однообразны. По всей длине трассы в пределах рабочего сечения залегают лёссовидные суглинки, уровень грунтовых вод в период строительства находился на глубине от 3 до 25 м.

Общие объемы работ, выполненные при строительстве канала: земляные — около 15 млн. м³, в том числе выемки — около 10 млн. м³, бетонные — 100 тыс. м³, в том числе сборные железобетонные конструкции — 35 тыс. м³, и монтаж металлоконструкций — 15 тыс. т.

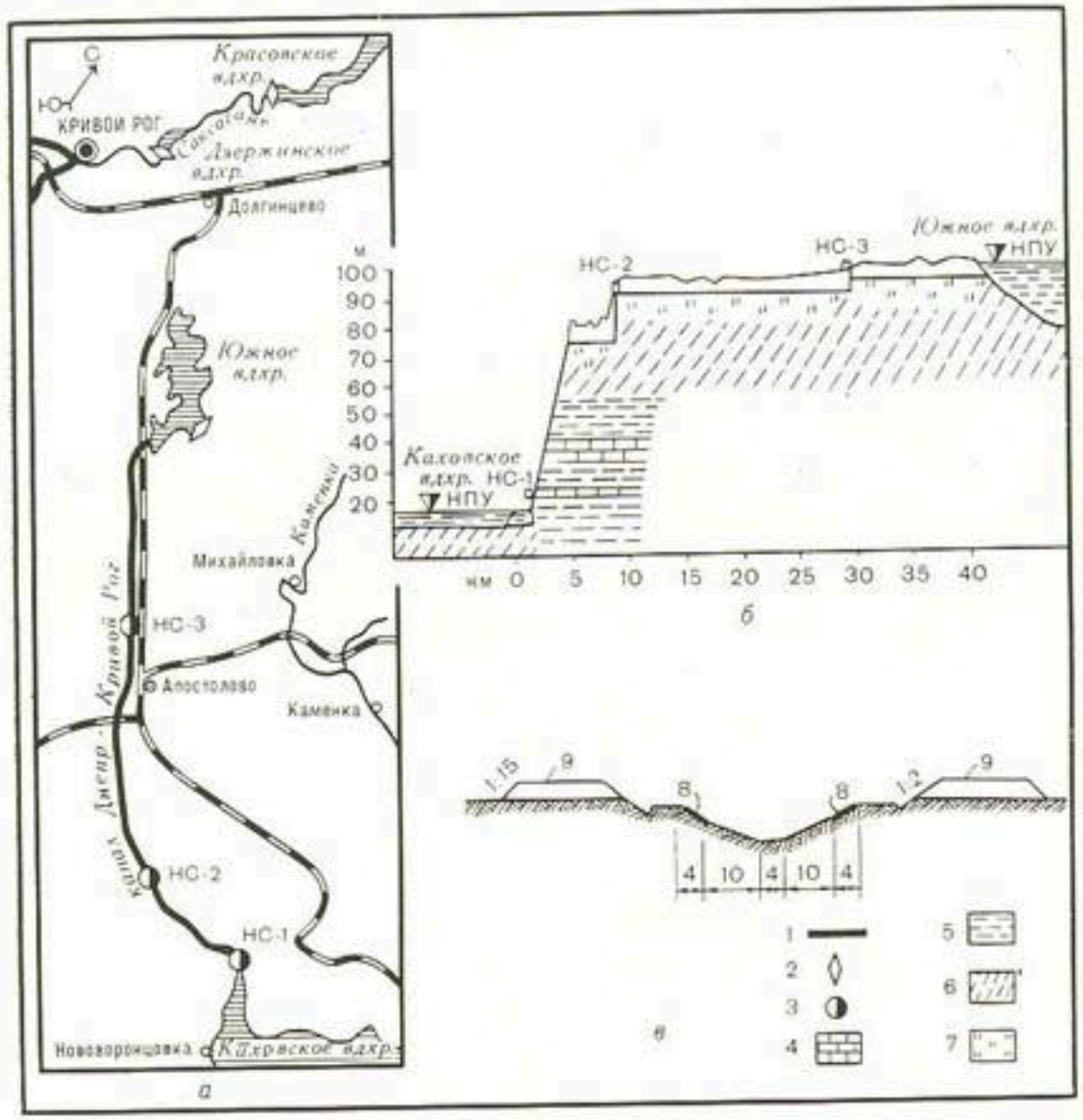

Рис. 29. Схема канала Днепр — Кривой Рог:

а — схематический план; *б* — продольный профиль; *в* — поперечное сечение: *1* — канал Днепр — Кривой Рог; *2* — гидроузлы; *3* — насосные станции; *4* — мергель; *5* — глина; *6* — суглинок легкий; *7* — лессовидные суглинки; *8* — крепление щебнем; *9* — кавальер.

Проектом было намечено земляные работы при устройстве канала выполнять преимущественно экскаваторами — 70%, скреперами — 20% и бульдозерами 10% (рис. 30, *а*). В процессе производства земляных работ применяли различные технологические схемы.

На участке между 17 и 20,5 километра бульдозерами разрабатывался растительный грунт толщиной 0,8 м и минеральный грунт на глубину 0,5...0,7 м, затем устраивали пионерную траншею экскаваторами драглайн вместимостью ковша 1...1,5 м³. Отвалы выемки этой траншеи перемещали в кавальер бульдозерами. После этого четырьмя проходами драглайнов сечение выемки доводилось до проектного профиля (рис. 30, *б*). Очистку берм, зачистку откосов и дна канала проводили в основном бульдозерами.

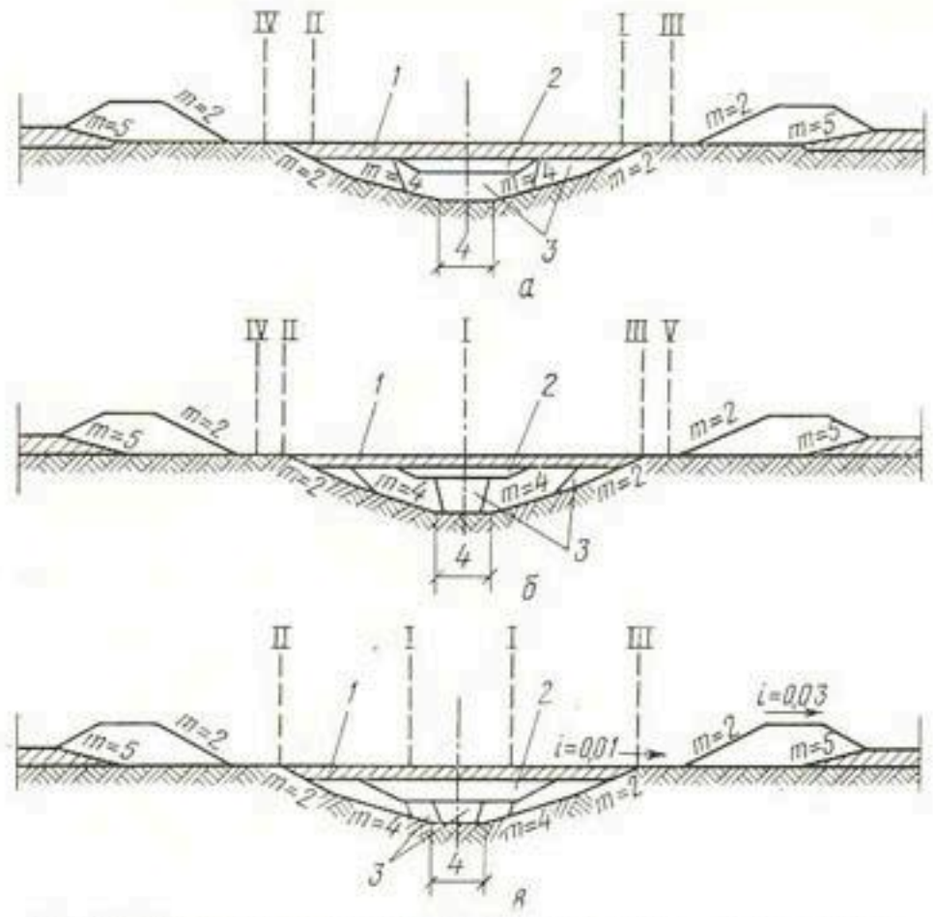

Рис. 30. Технология строительства канала Днепр — Кривой Рог:

а — схема, предусмотренная рабочими чертежами; *б*, *в* — первая и вторая схемы, применившиеся строителями; I—V — оси проходок экскаватора драглайн Э-1004; *1* — срезка растительного слоя; *2*, *3* — грунт, разработанный бульдозерами и экскаваторами драглайн. (Размеры в м.)

Благоприятные топографические и гидрогеологические условия территории строительства, а также относительно неглубокое русло канала и пологие его откосы способствовали тому, что при устройстве выемки канала стали широко применять бульдозеры.

Научно-исследовательский институт организации и механизации строительного производства (НИИОМСП) Академии строительства и архитектуры УССР предложил разрабатывать сечение канала на глубину до 3...3,5 м бульдозерами траншейным способом, а остальную часть сечения — тремя проходами драглайнов в отвал с перемещением грунта в кавальер бульдозерами (рис. 30, *в*).

Предложенная схема была реализована на строительстве и позволила довести объем суглинистого грунта, разрабатываемого бульдозерами, до 65...70% общего объема выемки.

На разработке недоборов по периметру канала и упорядочении откосов также использовали бульдозеры. Массовое применение бульдозерных схем позволило значительно повысить произво-

дительность бульдозеров и снизить стоимость устройства сечения канала примерно на 15%.

На участках, где отсутствовали грунтовые воды и приканальные дамбы, сечение канала разрабатывали бульдозерами. При разработке верхней части сечения канала бульдозеры работали группой по 4...6 машин. Каждой машине отводили 50-метровый участок канала, где бульдозер, работая по траншейной схеме в поперечном относительно оси канала направлении, проводил срезку растительного слоя и разработку минерального грунта. Нижнюю часть сечения разрабатывали бульдозерами, работающими в паре. Один бульдозер продольными ходами вдоль оси канала грунт окучивал, а другой перемещал его за пределы выемки в отвал.

На участках, где канал проходил в приканальных дамбах, выемку канала разрабатывали драглайнами, грунт в дамбах разравнивали бульдозерами и уплотняли катками.

На строительстве применяли в основном бульдозеры на тракторах мощностью 59 кВт. Работали, как правило, в две смены. Для определения влияния глубины разработки грунта бульдозерами на продолжительность цикла был проведен хронометраж работы бульдозеров на тракторах С-80 при различных расстояниях перемещения грунта и глубинах разрабатываемых выемок. Диапазон изменения расстояний перемещения грунта находился в пределах от 10 до 60 м, а глубины выемок — от 1 до 3,5 м.

Была выявлена зависимость между продолжительностью цикла, горизонтальным расстоянием перемещения грунта и глубиной бульдозерного забоя, которая оказалась прямолинейной. Проведенные исследования позволили вывести уравнение зависимости продолжительности цикла работы бульдозера от расстояния перемещения грунта и глубины забоя.

$$T_ц = 1{,}93L + 7{,}87H,$$

где $T_ц$ — продолжительность цикла, с; L — горизонтальное расстояние перемещения грунта бульдозером, м; H — глубина бульдозерного забоя, м.

Увеличение глубины выемки грунта оказывает влияние на продолжительность цикла, а следовательно, и на производительность бульдозера, в 4 раза больше, чем увеличение горизонтального расстояния перемещения грунта.

На строительстве канала Днепр — Кривой Рог впервые была использована землеройно-фрезерная машина ЗФМ-3000, предназначенная для разработки выемки каналов шириной по дну до 40 м и глубиной до 6 м. Разработку грунта проводили последовательными продольными проходами машины с разработкой за один проход прямоугольной траншеи шириной 3,4 м и глубиной 1,8...2,2 м (см. главу 3).

Большой Ставропольский канал. Оросительно-обводнительная система Большого Ставропольского канала (БСК) — комплексный объект, сооружаемый для водообеспечения 17 наиболее засушливых районов Ставрополья.

Большой Ставропольский канал обеспечит орошение около 210 тыс. га земель, в том числе 130 тыс. га на стоке канала и 80 тыс. га из регулирующих внутрисистемных водохранилищ, а также обводнение на площади 2,54 млн. га. Комплекс сооружений системы БСК включает: магистральный самотечный канал протяженностью 480 км с головным расходом 180 м³/с; межхозяйственные распределители общей длиной около 1,7 тыс. км с расходами до 22 м³/с; водохранилища вторичного регулирования суммарным объемом 496 млн. м³ и обводнительные объемом 58,7 млн. м³; групповые водопроводы питьевого водоснабжения общей длиной 400 км.

При строительстве этого комплекса будет выполнено около 700 млн. м³ земляных работ, 1,6 млн. м³ бетонных и железобетонных работ и смонтировано 128 тыс. т металлоконструкций.

Трасса канала на всей его длине (480 км) проходит в сложных природных условиях, пересекая на пути большое число балок и действующих водотоков. Инженерно-геологические условия трассы сложны и характеризуются наличием оползневых грунтов, песков, песчаников, а в концевой части — просадочных грунтов. Топографические условия трассы потребовали трассировки канала по склонам в однобортных дамбах, в насыпях высотой до 35 м через балки, в глубоких выемках, дюкерах и туннелях.

Проектирование и строительство системы БСК осуществляется очередями (рис. 31). В сентябре 1979 г. завершено строительство первых трех очередей системы.

Генеральный подрядчик строительства — Главставропольстрой. Проект канала разработан институтом «Севкавгипроводхоз».

Первая очередь строительства канала, начатая в 1957 г., была завершена в 1967 г. В состав сооружений I очереди строительства входят: головной водозаборный узел на р. Кубани; магистральный канал протяженностью 155,4 км; водохранилище Кубанское полезным объемом 500 млн. м³, перерегулирующее сток р. Кубани в эксплуатационный режим канала. При строительстве объектов было выполнено около 100 млн. м³ земляных и 180 тыс. м³ бетонных и железобетонных работ.

Трасса I очереди строительства БСК характеризуется сложными топографическими, инженерно-геологическими и геоморфологическими условиями. Головная часть канала на первых 20 км протрассирована в основном на крутом склоне долины р. Кубани, сложенном известняками и песчаниками мелового возраста, мергелями и палеогеновыми глинами. Канал здесь проходит в глубоких (до 37 м) выемках и однобортных насыпях высотой до 35 м. Ниже 20-го километра трасса проходит преимущественно в делювиальных глинах. С учетом топографических и инженерно-геологических условий трассы насыпи возведены с пологими откосами, а на косогорах устроены однобортные дамбы без подрезки склонов.

Пропускная способность канала до 47-го километра 180 м³/с, от 47 до 128-го километра — 150 м³/с и далее до 155,4 километ-

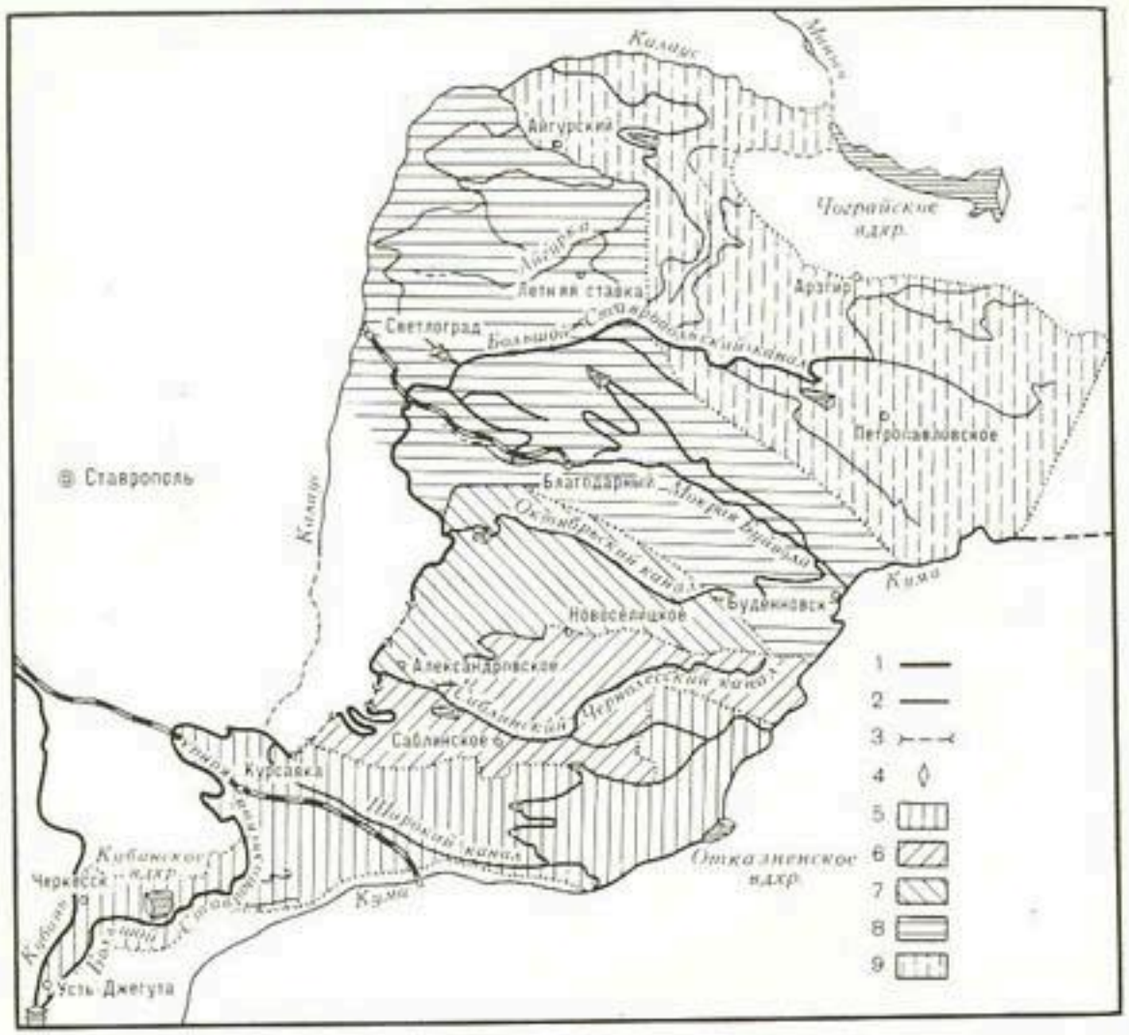

Рис. 31. Схема Большого Ставропольского канала:

1 — Большой Ставропольский канал; *2* — межхозяйственные распределительные каналы; *3* — туннели; *4* — гидроузлы; *5, 6, 7, 8* — I, II, III и IV очереди орошения; *9* — площади, намечаемые к орошению.

ра — 80 м³/с. Сечение канала полигональное с шириной по урезу воды от 53 до 37 м и наполнением от 5,13 до 4,3 м. На участках, где были вскрыты грунты с высокими фильтрационными свойствами, периметр канала был покрыт бетонной облицовкой.

При строительстве канала на разработке скальных и полускальных грунтов широко использовали электрические и дизельные экскаваторы вместимостью ковша 2 м³, большегрузные автомобили-самосвалы МАЗ-525 грузоподъемностью 25 т и дизель-электрические бульдозеры на тракторах ДЭТ-250.

Вторая очередь строительства канала, начатая с 1969 г., сдана в эксплуатацию в 1974 г. Второй участок магистрального канала протяженностью 64,4 км и пропускной способностью в голове 60 м³/с начинается от шлюза-двойника, которым завершается канал I очереди. Строительство II очереди БСК позволило оросить 23,6 тыс. га и обводнить 259 тыс. га.

Объемы основных работ при строительстве объектов II очереди: земляные — около 102 млн. м³, бетонные и железобетонные — 565 тыс. м³, монтаж металлоконструкций — 5,3 тыс. т.

Рассматриваемый участок Большого Ставропольского канала протрассирован по территории со сложными топографическими и инженерно-геологическими условиями.

Грунты по трассе канала представлены делювиальными отложениями, главным образом майкопскими и сарматскими глинами. Легкие разности грунтов (суглинки и супеси) имеют подчиненное значение. Поймы рек и днища балок сложены иловыми глинами, суглинками, супесями и песками, иногда гравийно-щебнистыми отложениями. Все глины, как правило, высокопластичные, обладают высокой естественной влажностью и имеют в естественном залегании твердую и тугопластичную консистенцию. Материковые породы коренной основы отличаются высокой пластичностью, обусловливающей сложные условия их разработки. Делювиальные глинистые отложения имеют низкие показатели на сдвиг и способны к оползанию. Мощность делювиальных глин и суглинков доходит до 10 м.

На 15 километрах канал вскрывает пески с прослоями песчаников. На этих участках устроена противофильтрационная облицовка из полиэтиленовой пленки, прикрытой суглинистым экраном.

Сложность района строительства определяется рядом факторов, некоторые из которых приведены ниже:

неглубокое залегание водоупорных пород, способствующее образованию верховодки после дождей и снеготаяния, а также склонность их при замачивании и соответствующей крутизне откосов к оползанию;

тяжелый глинистый состав пород;

высокая влагоемкость пород и слабая их водоотдача, что сокращает потери на фильтрацию, но создает благоприятные условия для заболачивания полосы, прилегающей к каналу;

налипание глин на рабочее оборудование строительных машин при разработке грунта ниже уровня грунтовых вод и в зоне капиллярного поднятия;

высокая минерализация грунтовых вод, обладающих сульфатной агрессивностью к бетону;

отсутствие достаточного количества грунтов, пригодных для отсыпки насыпей.

При производстве земляных работ была принята следующая технология:

грунты из выемки канала, как правило, использовали для возведения уплотненных и неуплотненных насыпей. Исключение составляли только грунты (растительный слой, иловатые грунты, мокрые грунты, полускальные породы, элювий майкопских глин, коренные майкопские, чокракские, карагинские, нижнесарматские глины), которые по геотехническим показателям было невозможно укладывать в насыпи. Излишки такого грунта, остававшиеся при

устройстве выемок, укладывали в пригрузки к насыпям, в постоянные кавальеры и в засыпку балок;

резервы грунтов для насыпей закладывали только в тех случаях, когда использование грунта выемок канала для возведения насыпей не представлялось возможным из-за их непригодности или из-за больших расстояний транспортирования грунтов;

резервы закладывали глубиной до 4 м с уположенными откосами 1 : 8, с последующей рекультивацией их и покрытием растительным слоем;

растительный слой с основания насыпей, площадей выемок канала и резервов срезали на глубину от 0,3 до 0,7 м с последующим перемещением его в пригрузку к насыпям, в покрытие откосов выемок и насыпей, площадей резервов или разравнивали в приканальной полосе. С площади выемки растительный слой снимали в случае использования грунта выемки для возведения профильных насыпей;

коренные глины разрабатывали после предварительного их рыхления буровзрывным способом методом скважинных зарядов;

уплотнение грунта в профильных насыпях канала проводилось до плотности 1,65 т/м³ прицепными катками массой 18...25 т за 6...10 проходов с поливом грунта водой из автоцистерн на месте укладки грунта.

На земляных работах канала II очереди были использованы одноковшовые экскаваторы вместимостью ковша от 0,5...0,75 до 2 м³, прицепные скреперы вместимостью ковша 6...8 м³ и бульдозеры на тракторах мощностью 74 кВт.

При этом экскаваторами выполнялись следующие работы: устройство выемки канала в плотных коренных глинах после их предварительного рыхления взрывами и в суглинистых, супесчаных грунтах и жирных глинах, не требующих рыхления и используемых для возведения профильных насыпей дамб, удаленных от участков выемки более чем на 0,5 км; разработка мокрых грунтов и грунтов в резервах, удаленных на расстояние более 0,5 км от участков дамб.

Прицепными скреперами разрабатывался и транспортировался грунт на расстояние от 80 до 500 м при устройстве выемки канала в грунтах, допускающих скреперную разработку, выполнялась закладка резервов с перевозкой грунта в профильные насыпи, снятие растительного слоя и его возвращение из временных кавальеров при рекультивации.

Бульдозеры перемещали грунт на расстояние до 80 м при срезке растительного слоя, перемещении экскаваторных отвалов во временные кавальеры, использовались при засыпке резервов и балок, а также при устройстве постоянных кавальеров, уположении откосов резервов и др.

Технология земляных работ при строительстве канала II очереди приведена на рисунке 32.

Третья и четвертая очереди строительства канала позволят оросить 90,5 тыс. га и обводнить 567 тыс. га земель в 11 районах

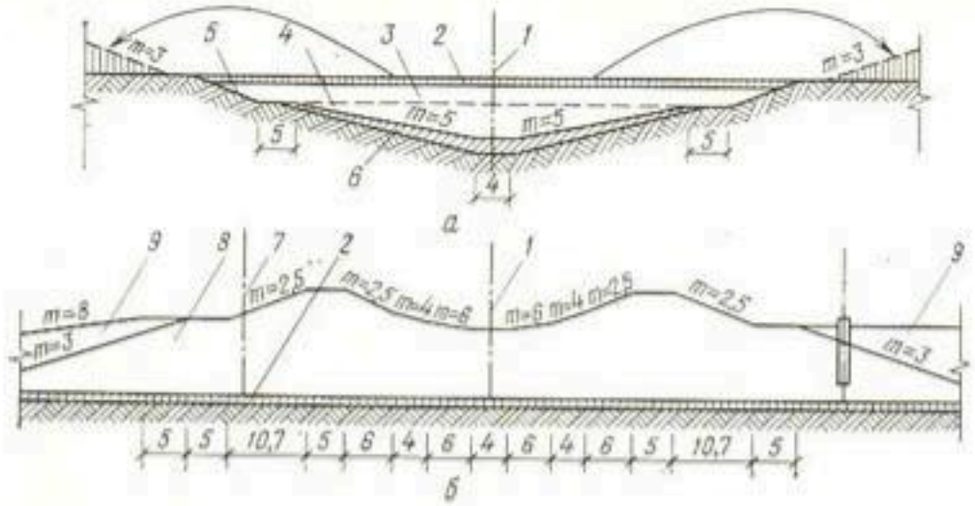

Рис. 32. Технологии строительства II очереди Большого Ставропольского канала:
а, б — канал в выемке и в насыпи; *1* — ось канала; *2* — срезка растительного слоя; *3, 4* — грунт, разработанный соответственно скреперами и экскаваторами; *5* — покрытие откосов растительным слоем; *6* — грунт, разработанный бульдозерами при срезке защитного слоя под экран; *7* — ось дренажа; *8, 9* — уплотненная и неуплотненная насыпи. (Размеры в м.)

края. В III очередь построен канал протяженностью 44,5 км на расход воды 55 м³/с, а IV очередью намечено строительство канала длиной 80,5 км на расход 53 м³/с. Канал III очереди, начатый в 1974 г., был сдан в эксплуатацию в конце 1979 г.; в этом же году были начаты работы по строительству IV очереди.

Инженерно-геологические условия трассы канала III очереди характеризуются близким залеганием неогеновых отложений, представленных сложным комплексом песков и песчаников сарматского яруса, прикрытых маломощным (до 3...10 м) слоем легкого делювия в западной части и мощными (до 100 м) эолово-делювиальными лёссовидными отложениями, склонными при увлажнении к просадкам, — в восточной.

Песчаники сарматского яруса требуют при разработке предварительного рыхления взрывами.

Грунтовые воды на участке имеют спорадическое распространение и залегают на глубине более 30...50 м на водоразделах и на глубине 2...15 м по долинам рек и балок.

Для предупреждения больших фильтрационных потерь в песках и песчаниках периметр канала покрыт противофильтрационной облицовкой, состоящей из суглинистого экрана толщиной 1 м, выравнивающего периметр канала после взрыва, полиэтиленовой пленки и сборных предварительно напряженных железобетонных плит толщиной 6 см.

Особенностью данной территории является отсутствие в достаточном количестве вблизи канала материала, пригодного для насыпей и облицовок. На отдельных участках строительства такой материал перевозили на расстояние до 5 км и более.

Условия строительства канала III очереди были осложнены: наличием скальных грунтов (более 25% профильного объема вы-

емки канала); отсыпкой профильных насыпей из смеси песка и камня (песчаника), что потребовало дополнительного дробления глыбового материала в процессе взрывных работ до размеров, не превышающих мощность отсыпаемого слоя, равного 0,5 м; просадочностью грунта.

Трасса канала IV очереди строительства сложена среднесарматскими породами, представленными неравномерным чередованием песков и песчаников, реже известняков и глин. Четвертичный покров отличается малой мощностью (1...2 м), неповсеместным распространением и легким механическим составом (пески, супеси, суглинки). Грунтовые воды по трассе канала отсутствуют, за исключением переходов через балки.

При производстве земляных работ на канале III и IV очередей была принята следующая технология:

профильные насыпи дамб канала устраивали в основном из смеси песчаников и частично из связных грунтов (суглинки, супеси), извлекаемых из полезных выемок канала. Профильные насыпи из смеси указанных грунтов возводили по специально разработанной на строительстве и апробированной опытным путем технологии;

неуплотненные насыпи устраивали из смеси песчаников и коренных армавирских глин, извлекаемых из полезных выемок канала;

противофильтрационный экран выравнивающего слоя возводили из связных грунтов резервов по специально разработанной технологии;

перед разработкой переслаивающейся толщи песчаников и коренных армавирских глин проводили поярусное рыхление этих пород буровзрывным способом скважинными зарядами. Для зачистки дна и откосов канала до проектных отметок применяли мелкошпуровые заряды;

грунты выемок канала использовали в профильные (уплотняемые) и непрофильные (неуплотняемые) насыпи, оставшийся грунт укладывали в постоянные кавальеры в приканальной полосе;

в профильной насыпи из смеси песчаников и связных грунтов допускалось содержание песчаников размером до 30 см не более 20% общего объема насыпи. Для сепарации негабаритов более 30 см сверх 20% перед уплотнением проводилось рыхление отсыпанного рыхлого слоя с последующим перемещением негабаритов в зону неуплотняемой насыпи;

с площади выемок, насыпей и резервов срезали растительный слой, который в последующем использовали для покрытия откосов и берм насыпей, необлицованных выемок канала и выработанных резервов. Оставшийся почвенно-растительный грунт разравнивали в приканальной полосе;

по мере выполнения земляных работ проводили рекультивацию резервов и постоянных кавальеров.

На земляных работах III очереди канала были использованы

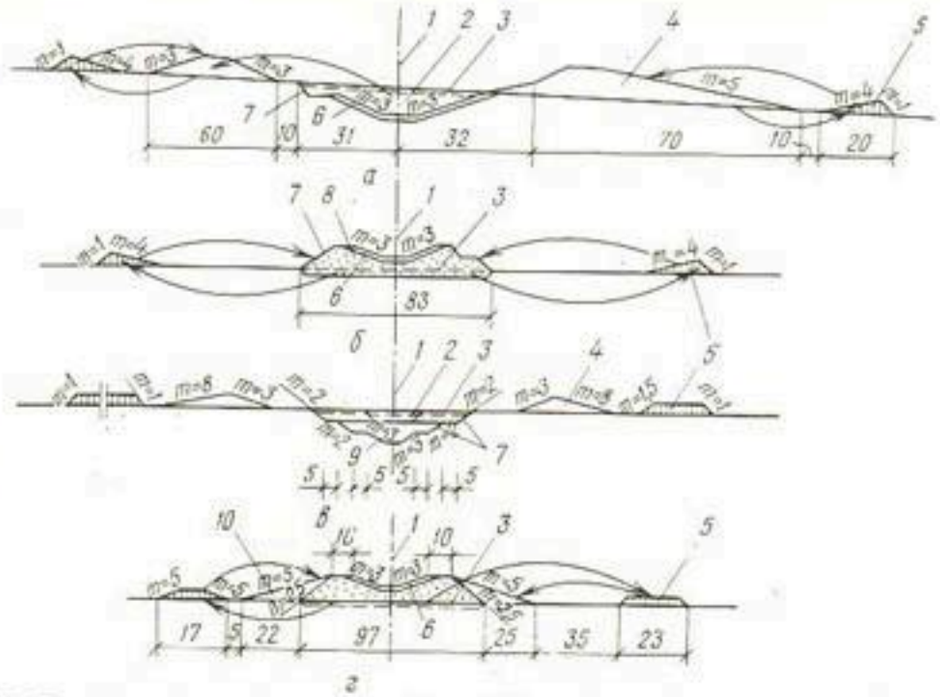

Рис. 33. Технология строительства III и IV очередей Большого Ставропольского канала:

а — III очередь строительства, канал в выемке; *б* — то же, канал в насыпи; *в* — IV очередь, канал в выемке; *г* — то же, канал в насыпи; *1* — ось канала; *2* — грунт, разработанный экскаваторами в отвал; *3* — срезка растительного слоя; *4* — постоянный кавальер; *5* — временный кавальер растительного слоя; *6* — противофильтрационный экран; *7* — покрытие откосов растительным слоем; *8* — уплотненная насыпь из смеси песка и песчаника, доставленного из выемки соседних участков автомобилями-самосвалами; *9* — грунт, разработанный экскаваторами на автомобили-самосвалы; *10* — неуплотненная насыпь. (Размеры в м.)

в основном те же механизмы, что и на работах II очереди, то есть одноковшовые экскаваторы вместимостью ковша от 0,5 до 2,5 м³, прицепные скреперы — 6...8 м³ и бульдозеры на тракторах мощностью 74 кВт.

Одноковшовыми экскаваторами проводились следующие работы: устройство выемки в плотных армавирских глинах и в переслаивающейся толще песчаников после их рыхления; разработка грунтов в резервах; срезка «бахромы» при планировке откосов канала; устройство выемки канала в мягких грунтах, не требующих рыхления и используемых для возведения профильных насыпей при транспортировании более чем на 0,5 км.

Скреперы использовали при разработке и транспортировке грунта на расстояние от 80 до 500 м при срезке и возврате растительного грунта, устройстве противофильтрационного суглинистого экрана и других работах.

Бульдозерами выполнялись работы с дальностью перемещения грунта до 80 м при срезке растительного слоя, перемещении экскаваторных отвалов, устройстве кавальеров, съездов в канал, уположении откосов резервов и т. п. Принципиальные схемы механизации земляных работ на каналах III и IV очереди приведены на рисунке 33.

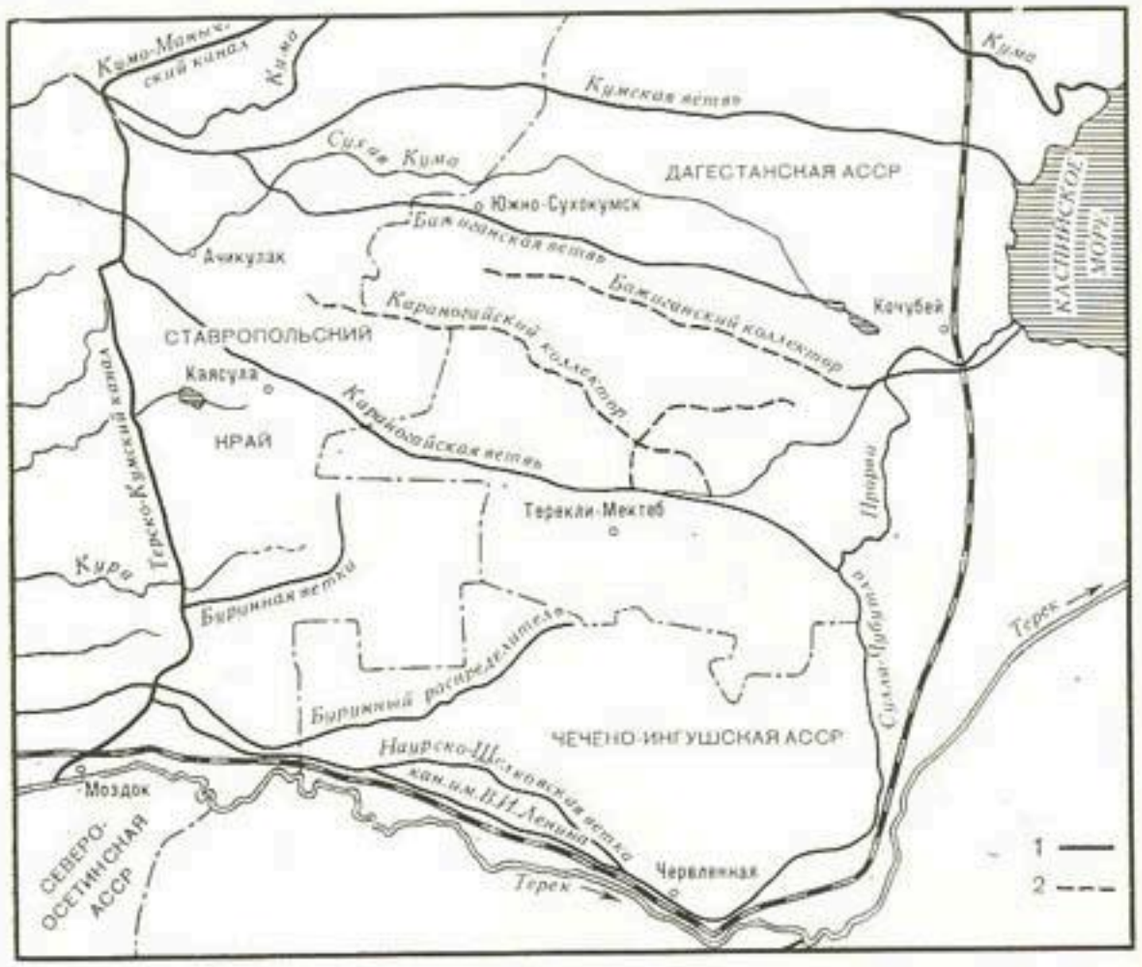

Рис. 34. Схема Терско-Кумского канала:
1 — каналы; *2* — коллекторы.

Терско-Кумский канал. Строительство его велось Теркумводстроем по проекту Севкавгипроводхоза в течение 1952...1960 гг. Он предназначен для орошения 150 тыс. га лугов и пахотных земель в Ногайской степи и обводнения 1,5 млн. га пастбищ.

Терско-Кумский магистральный канал длиной 150 км с расходами воды в голове 100 м³/с и в конце 75 м³/с забирает воду из р. Терека у ст. Павлодольской и сбрасывает ее в подпертый бьеф плотины на р. Куме у с. Левокумского, откуда вода далее подается по Кумо-Манычскому каналу (рис. 34).

Инженерно-геологические и топографические условия территории строительства относительно просты и однообразны. Первые 33 км Терско-Кумский канал проходит в песчано-галечниковых отложениях, остальные 117 км протрассированы по суглинкам и супесям. На водоразделах встречались просадочные грунты мощностью до 15 м. Около 60 км трассы проложено по слабопросадочным грунтам.

Терско-Кумский канал построен преимущественно в выемке. В зоне просадочных грунтов на протяжении около 60 км канал заглублен ниже поверхности земли с запасом над максимальным

уровнем в 1,5 м. На остальной части трассы максимальные уровни воды в канале выше поверхности на 0,5...1 м и ниже отметок дамб на 1,2 м.

Поперечный профиль канала близок к параболическому, максимальные глубины воды в нем 4,25 м, а максимальные скорости течения 1 м³/с.

Общие объемы работ при строительстве канала с сооружениями составили: земляные — около 21 млн. м³, бетонные и железобетонные — 84 тыс. м³, монтаж металлоконструкций — около 1 тыс т. Земляные работы выполнялись экскаваторами, скреперами и бульдозерами в безводной местности. При разработке суглинистых грунтов образовывалась мелкая пыль, проникавшая в двигатели строительных машин и выводившая их из строя.

Донской магистральный канал, Нижне-Донской и Азовский каналы. Донской магистральный канал входит в комплекс сооружений Волго-Донского судоходного канала, который был возведен в 1949...1952 гг. строительными организациями Волгодонстроя по проекту Гидропроекта. Основное назначение комплекса сооружений Волго-Донского канала — создание судоходного пути от Волгограда до Ростова, ввод энергетических мощностей, а также орошение земель в Ростовской области.

Плотиной Цимлянского гидроузла, поднявшей уровень р. Дона на 26 м, было образовано водохранилище объемом 11,5 млрд. м³. Было построено более 250 сооружений, выполнено более 170 млн. м³ земляных и около 3 млн. м³ бетонных работ.

В состав комплекса Волго-Донского судоходного канала и магистральных оросительных каналов вошли (рис. 35):

судоходный канал протяженностью 101 км с 13 судоходными шлюзами, 3 насосными станциями, 13 плотинами и дамбами, рядом водосбросов, мостов, паромных переправ и автомобильной дорогой длиной 100 км. На 45-километровом участке судовой ход проходит по водохранилищам и прорезям, а на 56-километровом — по судоходному каналу;

Цимлянский гидроузел с двумя судоходными шлюзами, гидроэлектростанцией и головным водозабором Донского магистрального канала;

Донской магистральный канал с головным расходом воды 250 м³/с, длиной 112 км, с водозабором в плотине Цимлянского гидроузла;

Нижне-Донской канал с головным расходом 29 м³/с, длиной 73 км, с площадью командования около 120 тыс. га;

Азовский канал с головным расходом 18 м³/с, длиной 92 км, с площадью командования около 140 тыс. га;

Багаевский канал длиной 36,6 км с площадью командования около 160 тыс. га;

Садковский канал протяженностью 10,6 км с площадью командования около 22 тыс. га;

Верхне-Сальский канал длиной 119 км с площадью командования 440 тыс. га.

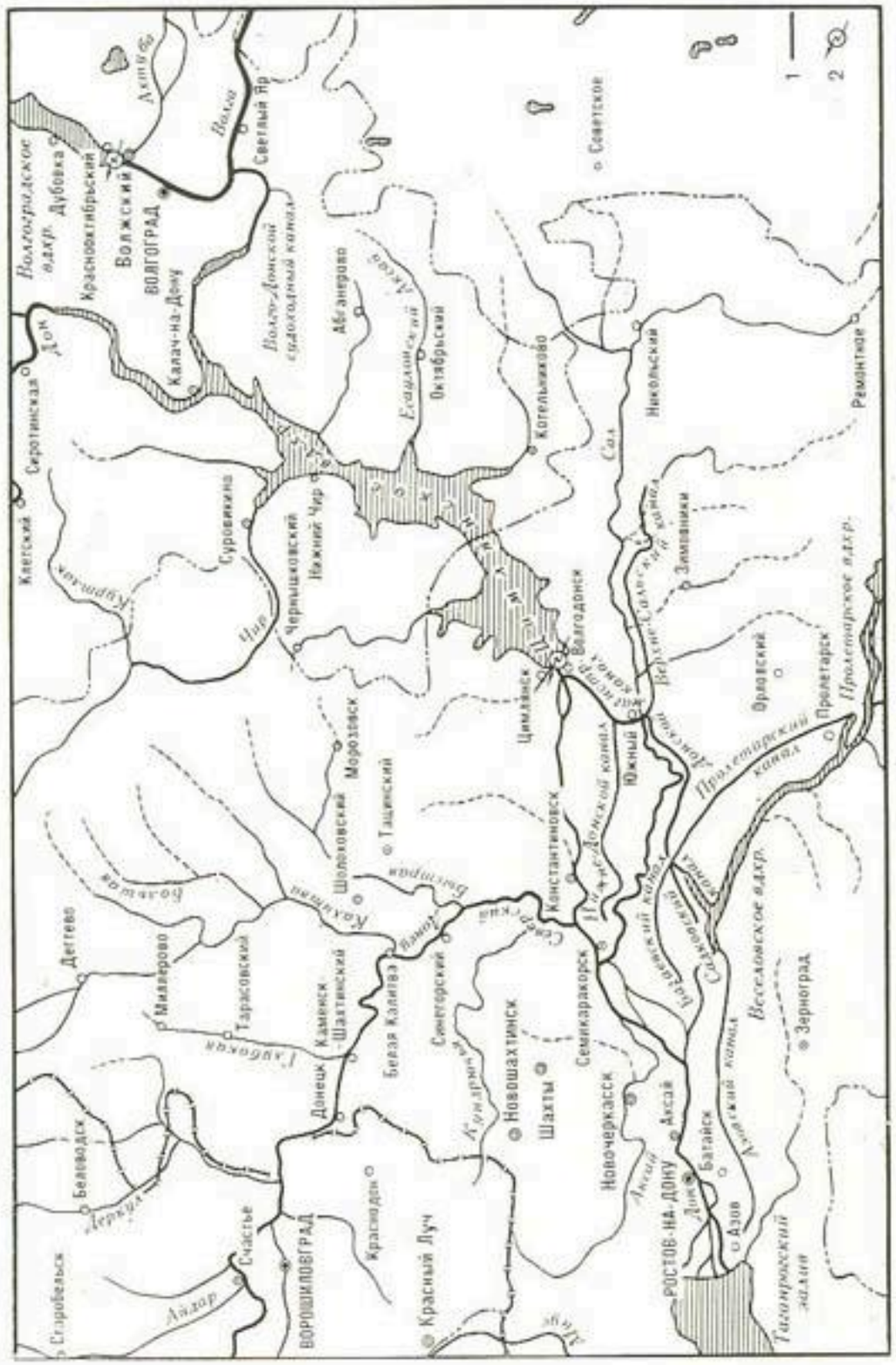

Рис. 35. Схемы Волго-Донского, Донского магистрального, Нижне-Донского и Азовского каналов:
1 — каналы; *2* — гидроэлектростанции.

Строительство Волго-Донского судоходного канала отличалось по тому времени высокой оснащенностью техникой, в том числе и такой крупной, как шагающие экскаваторы, земснаряды, скреперы вместимостью ковша 10 м³, автомобили-самосвалы грузоподъемностью 25 т.

При строительстве комплекса сооружений Волго-Донского судоходного канала и магистральных оросительных каналов экскаваторами выполнено 54,8 млн. м³ земляных работ (31%), скреперами — 49,5 млн. м³ (28%), бульдозерами и грейдерами — 16,5 млн. м³ (10%), земснарядами — 47,8 млн. м³ (28%), землечерпалками — 1,7 млн. м³ (1%) и средствами малой механизации — 3,75 млн. м³ земляных работ (2%). (Объемы по Донскому магистральному каналу после туннеля, Багаевскому, Садковскому и Верхне-Сальскому каналам в эти данные не вошли).

Строительное оборудование Волгодонстроя включало 324 одноковшовых экскаватора, в том числе два ЭШ-14/65, 32 ЭШ-1, один ЭШ-4/40, 28 СЭ-3, 902 скрепера с вместимостью ковша 6 и 10 м³, 375 бульдозеров, 336 тракторов, 37 земснарядов, в том числе 100-35, 300-40 и 500-60 соответственно 10, 16 и 11, а также 4 774 грузовых автомобиля, в том числе 3 159 автомобилей-самосвалов.

Уровень механизации земляных работ на этом канале достиг 98%, в то время как на канале им. Москвы — всего 45%.

Схемы механизации земляных работ строительства комплекса сооружений оросительных каналов и Волго-Донского канала разрабатывались с учетом следующих принципиальных положений:

при выборе способов механизации не ограничиваться только серийно выпускаемым оборудованием, а изготавливать мощное высокопроизводительное землеройное оборудование специально для этого объекта, например шагающие экскаваторы и т. п.;

при благоприятных условиях (наличие источников водоснабжения, легких грунтов) широко применять средства гидромеханизации;

при устройстве канала в полувыемке широко использовать скреперы и бульдозеры;

для уменьшения затрат при возведении насыпей магистральных и распределительных каналов, протрассированных в безводной местности, учитывать следующие положения: при напоре на дамбах менее 2 м отсыпать их без уплотнения; при напоре воды более 2 м отсыпку дамб проводить с уплотнением катками до плотности 1,5 т/м³ без доувлажнения грунта; на участках канала в насыпи отсыпку грунта проводить скреперами с увлажнением и уплотнением катками до плотности 1,6...1,7 т/м³.

Донской магистральный канал. Общая длина канала 112 км. Он рассчитан на круглогодовую работу с забором из Цимлянского водохранилища расхода воды 200...250 м³/с в апреле-мае и 70...100 м³/с в зимний период.

Грунтовые условия трассы канала характеризуются повсеместным наличием средних лёссовидных суглинков. В зоне прохождения

трассы по склонам и водоразделам мощность суглинков доходила до 20...50 м, ниже залегали глинистые отложения. На террасах мощность суглинистой толщи уменьшается до 2...10 м, ниже которых залегают песчано-глинистые аллювиальные отложения.

Уровень грунтовых вод по трассе головного участка канала в период строительства залегал повсюду ниже дна канала на глубине 7...15 м от поверхности земли.

Сечение Донского магистрального канала запроектировано полигонального профиля из условий удобства выполнения строительных работ.

Минимальную ширину дамб канала, дна и берм назначали не менее 3 м из условия выполнения земляных работ прицепными скреперами вместимостью ковша 6 и 10 м^3 и бульдозерами на тракторах мощностью до 74 кВт. Бермы канала на участках, где планировку откосов проводили многоковшовыми экскаваторами ЭМ-301, имели ширину не менее 6 м при длине планируемого откоса 12 м.

Начальный 27,4-километровый участок Донского канала, а также Нижне-Донской и Азовский каналы выполнены со значительным преобладанием объемов выемок над насыпями. Такая конструкция поперечного профиля каналов вызвана тем, что при использовании намеченных строительных машин и схем механизации, а также с учетом физико-механических свойств грунта было целесообразно избежать продольных перемещений грунта и укатки насыпи. Увеличение сечения дамб канала за счет примыкания к ним грунта отвалов гарантировало необходимую устойчивость и расчетные фильтрационные свойства дамб, которые достигались при уплотнении грунта проходками по насыпи и отвалам скреперов и бульдозеров, а также при замочке дамб в процессе заполнения канала.

В зависимости от сечения Донского канала и глубины выемки были приняты различные способы производства земляных работ. Начальную часть головного участка канала (от начала до 27,4 километра), протрассированную в полувыемке, разрабатывали шагающими экскаваторами драглайн ЭШ-1 и прицепными скреперами (рис. 36). Глубины выемки на этом участке не превышали 6...8 м. Растительный слой с поверхности канала и под основанием дамб перед экскавацией срезали прицепными скреперами типа Д-147 вместимостью ковша 6 м^3, складировали во временных кавальерах и в дальнейшем использовали при рекультивации. Приканальные дамбы, на основной части головного участка имеющие высоту 2,5...3 м, формировались из экскаваторных отвалов без уплотнения грунта. Насыпь дамб устраивали с запасом в 20% по высоте на осадку после замочки. На участках канала, где высота дамб превышала 3...3,5 м, выемку канала разрабатывали скреперами Д-147, а насыпь отсыпали послойно также с запасом по высоте и уплотняли тракторами и скреперами. На участках с насыпями высотой 5 м и более при отрицательном балансе грунта в поперечном сечении канала грунт в насыпь перемещался скреперами из выемки соседних участков, где он был в избытке. Уплотнение грунта проводили кулачковыми катками при 5...6 проходах по одному следу.

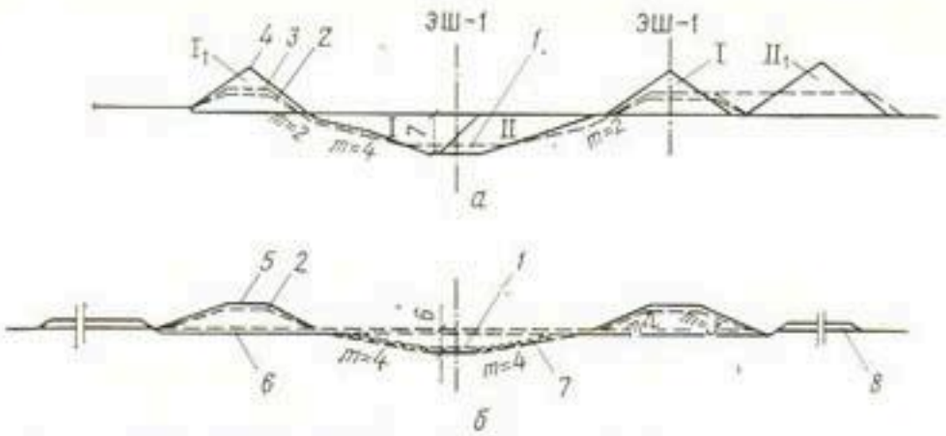

Рис. 36. Технология строительства Донского магистрального канала на участках полувыемки:

а, б — участок, разработанный соответственно шагающими экскаваторами и скреперами; I, II — забои экскаватора; *1* — перебор дна для размещения грунта зачистки откосов; *2* — профиль дамбы после осадки; *3* — профиль дамбы при отсыпке; *4* — отвал (разравнивался бульдозерами); *5* — запас на осадку, равный 20% высоты дамбы; *6* — срезка растительного слоя; *7* — недоборы откоса (срезаны бульдозерами); *8* — кавальер растительного слоя. (Размеры в м.)

Перед строителями канала была поставлена задача пустить воду в Нижне-Донской канал, не дожидаясь полного завершения Донского магистрального канала. На участках канала, проходящих в выемках и устраиваемых драглайнами, это вызвало необходимость отработки левой части сечения Донского канала в размерах, обеспечивающих пропуск расчетного расхода с размещением отвалов на обоих бортах. При второй проходке драглайны перемещались по правой стороне канала по дамбе, образованной бульдозерами после разравнивания отвалов первого забоя, и выполняли выемку правой половины сечения канала, размещая грунт в отвалах за дамбой. Вторую часть сечения канала разрабатывали частично до пуска воды по каналу, частично после пуска с экскавацией из-под воды или при осушении канала.

Участок канала между 27,4 и 29,5 километра в зависимости от глубин выемки разрабатывали по различным схемам (рис. 37): до 6 м — двумя забоями при проходке драглайнов по бровке канала; до 8 м — тремя проходками, двухсторонние отвалы грунта осевой траншеи перекидывались драглайнами в постоянные кавальеры, боковые забои разрабатывались драглайнами при проходке их по бровкам канала; 14...15 м — пятью проходами экскаватора, причем грунт первой проходки перекидывался 2 раза, второй и третьей проходок — 1 раз, а грунт приоткосных секторов укладывался в отвал без перекидок. Постоянные отвалы размещали в 15 м от бровки канала и разравнивали бульдозерами до высоты 8 м.

Участок канала между 29,5 и 30,6 километра (северный портал туннеля) с глубиной более 14...15 м разработан шагающим экскаватором ЭШ-14/65.

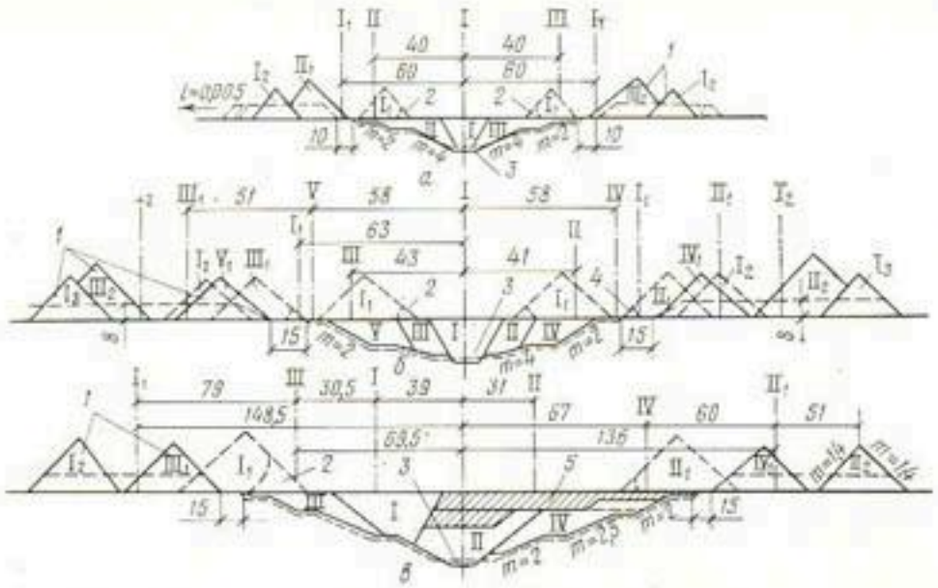

Рис. 37. Разработка выемки Донского магистрального канала на участке от 27,4 до 30,6 километра:

а, б — выемки глубиной соответственно до 8 и 14...15 м, разработанные экскаваторами ЭШ-1; *в* — выемка глубиной 25...27 м, разработанная экскаваторами ЭШ-14/65; I...V — оси проходок экскаваторов при разработке выемки; I_1...III_1 — то же, при перекидках отвалов; *1* — отвалы экскавации (разравнены бульдозерами); *2* — часть отвалов, разработанная при выемке забоя II и III; *3* — перебор дна для размещения грунта зачистки откосов; *4* — грунт отвалов, разравненный бульдозером; *5* — грунт выемки, разработанный скреперами. (Размеры в м.)

На Донском магистральном канале от головы до портала туннеля на земляных работах было занято шесть драглайнов типа ЭШ-1, один экскаватор ЭШ-14/65 и до десяти скреперов. Из опыта строительства головного участка канала заслуживает внимания использование бульдозеров на разработке откосов канала, а также применение зигзагообразных проходок шагающих экскаваторов, что дало возможность увеличить ширину забоя и уменьшить или исключить перекидки грунта.

При строительстве каналов рассматриваемого комплекса представляет значительный интерес выполнение земляных работ землеройными и землеройно-транспортными машинами, а также средствами гидромеханизации.

Из общего рабочего объема земляных работ Волго-Донского судоходного канала 74,2 млн. м³ на экскаваторы приходится 32,8 млн. м³, или 44%. Из этого объема 14,5 млн. м³, или 44%, выполнено по бестранспортной схеме (в отвал), а 18,3 млн. м³, или 56%, — на транспорт. На канале им. Москвы по бестранспортной схеме было выполнено только 28% объема экскаваторных работ.

При работе драглайна ЭШ-14/65 слой недоработки по откосам составлял 0,5...1 м, а для ЭШ-1 — несколько меньше. Доработку откосов до проектных в нижней части сечения (откосы 1 : 4 и 1 : 6) проводили бульдозерами с перемещением грунта в специально устроенные переборы глубиной 1...1,5 м на дне, в верхней части сечения (откосы 1 : 3, 1 : 2 и 1 : 1,5) — многоковшовыми экскаваторами.

Отвалы грунта экскаваторной разработки, размещенные в контурах постоянных кавальеров, после просыхания оформлялись бульдозерами в проектную трапецеидальную форму высотой 5...7 м и шириной поверху около 100 м.

Для перевозки грунта использовали в основном автомобили-самосвалы грузоподъемностью 3,5, 5, 6,5 и 10 т.

Кроме автомобилей, на перевозке грунта работали 64 тракторных прицепа типа Д-179 вместимостью ковша 9 м³, однако они не получили распространения, так как по условиям разгрузки их можно было применять только на песчаных и супесчаных грунтах, а на глинистых влажных грунтах имело место сводообразование и заклинивание грунта при выгрузке. В парке транспортных средств преобладали автомобили-самосвалы малой и средней грузоподъемности 3,5 и 5 т (более 96%), что снижало производительность экскаваторов.

На строительстве использовали в основном прицепные скреперы вместимостью ковша 6 м³ (Д-147) и 10 м³ (Д-213).

При строительстве Донского магистрального, Нижне-Донского и Азовского каналов доля земляных работ, выполненная скреперами, составляла 54%, грейдерами и бульдозерами — 15%, при строительстве Волго-Донского судоходного канала соответственно 36 и 7%.

На канале им. Москвы скреперами (лопатами Беккер вместимостью ковша 0,75 м³) выполнено 0,1% общего объема земляных работ.

Анализ объема земляных работ по Волгодонстрою в годовом разрезе показал, что летом месячные объемы скреперных работ в 2,4 раза выше, чем зимой. За весь период строительства объем работ, выполняемых скреперами в зимние месяцы, составлял в январе в среднем 42%, феврале — 25 и в марте — 33%. Наименьшие объемы приходились на февраль, когда выпадали осадки и наступали оттепели, затруднявшие работу скреперов.

Широкому применению прицепных скреперов в значительной мере способствовали благоприятные условия — равнинная местность, мягкие грунты без каменистых включений, низкий уровень грунтовых вод, теплый и сухой климат. Дальность перемещения грунта скреперами составляла в среднем 200...400 м, а в отдельных случаях достигала 700...800 м и более.

Для сокращения дальности перемещения грунта на строительстве каналов применяли различные схемы работы скреперов — поперечную, продольную, восьмеркой и др.

Схему разработки выемки канала поперечными ходами скреперов применяли при устройстве каналов с откосами 1 : 4, достаточно пологими для выезда по ним груженого скрепера, а также при разработке первых 1,5...2 м глубины выемки. Разработку выемки продольными ходами скрепера с отвалом грунта на одну сторону в кавальер или дамбу использовали при более крутых откосах, когда нельзя было применить поперечную схему.

При разработке выемки продольными ходами восьмеркой груженый скрепер выезжал из выемки по откосу независимо от глубины выемки и заложения откосов. При работе по этой схеме направления выезда скрепера из выемки все время менялись, что способствовало более равномерному износу ходовой части трактора и увеличивало межремонтные сроки.

Большие объемы земляных работ и сжатые сроки их выполнения при наличии значительного парка скреперов обусловили необходимость разработки мероприятий по круглогодовой работе скреперов.

Для обеспечения надежной работы скреперов зимой проводили следующие мероприятия: поверхность участков канала, где намечали зимнюю разработку грунта, рыхлили плугами на глубину не менее 0,3 м и накрывали соломенными матами или устраивали снегозадержание с помощью щитов, камыша и других материалов; при промерзании грунта после снятия матов его перед разработкой скреперами рыхлили (при промерзании на глубину более 0,3...0,5 м мелкими зарядами ВВ); для предотвращения промерзания грунта в процессе работ разработку выемки вели узким фронтом и короткими забоями; для уменьшения налипания и намерзания талого грунта к ковшу скрепера его внутреннюю поверхность смазывали отработанным дизельным маслом. Несмотря на указанные меры, наполнение ковша скреперов зимой составляло примерно 0,7...0,75 от летнего.

В процессе зимних работ значительные трудности для скреперов представляли работы по отсыпке насыпей. Содержание мерзлых комьев в слое грунта отсыпки допускалось не более 10...15% по объему при размере комьев до 15 см.

Для эффективной укатки насыпей в зимний период допускалось использование грунта влажностью 10...15%.

Установка на ножах специальных зубьев увеличивала производительность скреперов в зимний период.

Бульдозеры на Волгодонстрое применяли не только на вспомогательных, но и на основных земляных работах при устройстве выемок каналов и сооружений. Их использовали для снятия растительного грунта с площадей выемок, резервов и карьеров, при устройстве каналов поперечными ходами, въездов и съездов, засыпки котлованов, траншей и оврагов, зачистки и планировки откосов каналов и плотин со срезкой грунта, для перемещения и разравнивания грунта, отсыпанного иными механизмами и на других работах.

Средства гидромеханизации при строительстве сооружений Волго-Донского канала применяли в основном на сооружениях Цимлянского гидроузла и на участках судоходного канала, примыкающих к Волге и Дону, где наличие воды и песчаных грунтов создавало благоприятные условия для работы земснарядов.

Из опыта строительства Донского магистрального и других каналов Волго-Донского комплекса можно сделать следующие выводы:

Рис. 38. Схема канала Иртыш — Караганда:
1 — гидроузлы; *2* — гидроузлы с насосными станциями; *3* — насосные станции.

при разработке глубоких выемок в грунтах II...IV групп, особенно при высоком уровне грунтовых вод, целесообразно применять мощные шагающие драглайны. Общий объем земляных работ на участке должен обеспечивать непрерывное использование экскаватора не менее трех лет, иначе затраты на транспортировку, монтаж и демонтаж экскаватора значительно повысят себестоимость разработки 1 м³ грунта;

поперечный профиль каналов после экскавации целесообразно доводить до проектного срезкой недоборов грунта по откосу бульдозерами и складированием его в специально устраиваемых переборах на дне канала;

для уменьшения затрат при возведении низконапорных (напор до 2 м) и безнапорных насыпей в связных грунтах они могут быть отсыпаны без уплотнения. Увеличение сечения дамб за счет примыкания бульдозерных и скреперных отвалов обеспечивает необходимые фильтрационные свойства насыпи при замочке канала.

Канал Иртыш — Караганда. Этот канал предназначен для водоснабжения промышленных районов (примерно 65% перебрасываемого объема) и сельского хозяйства Центрального Казахстана. Головной водозабор канала расположен на левобережной протоке Иртыша — р. Белой выше г. Ермака; 272 км трассы канала проходят по Павлодарской и 186 км — по Карагандинской областям. Основная часть перебрасываемого стока на 445-м километре канала сбрасывается в р. Нуру и аккумулируется в Самаркандском водохранилище для нужд Темиртауского промышленного комплекса (рис. 38, 39).

Иртышскую воду получат около 120 тыс. га земель. Канал Иртыш — Караганда — самый крупный по протяженности после Ка-

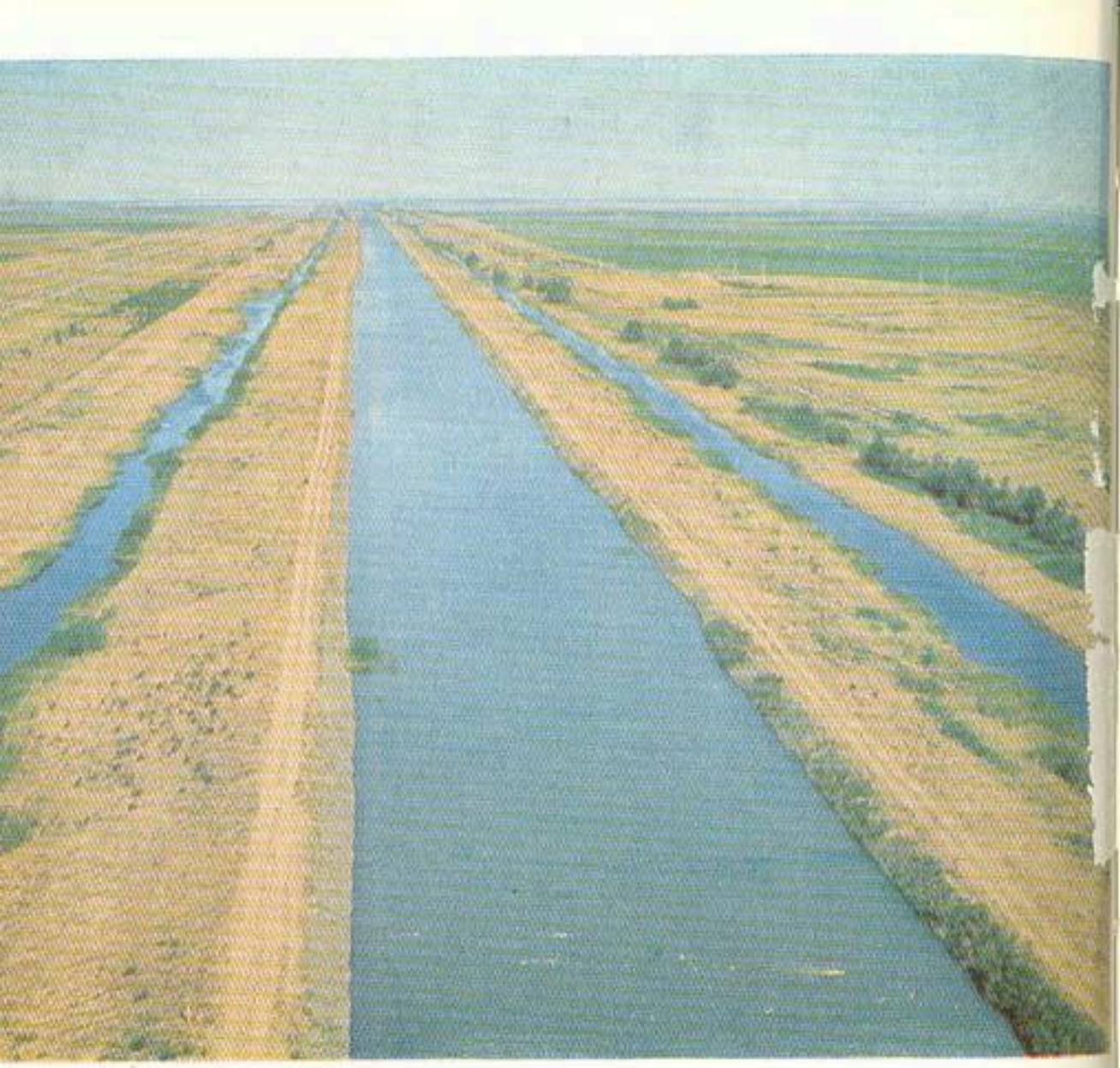

Рис. 39. Канал Иртыш — Караганда.

ракумского канала. Основная сложность при его строительстве — это необходимость подать воду из р. Иртыша к водоразделам рек Шидерти и Нуры с помощью большого числа насосных станций, водохранилищ и других искусственных сооружений.

Строительство канала осуществлялось с 1962 по 1974 г. ИртышГЭСстроем по проекту института «Гидропроект». В 1965 г. из состава ИртышГЭСстроя было выделено управление «Иртышканалстрой», переданное позднее в Главриссовхозстрой, которое и завершило работы по строительству канала.

По инженерно-геологическим условиям трассу канала можно разделить на четыре характерных участка (канал Иртыш — Караганда, 1973).

Первый участок, или Прииртышье, начинается от р. Иртыша и кончается 105-м километром. Здесь канал протрассирован частично в дамбах, частично в выемках по равнине, сложенной в основном четвертичными отложениями, представленными песчаниками и галечниками, которые подстилаются глинами.

Второй участок протяженностью около 70 км (от 105 до 175-го километра) проходит по водоразделу рек Иртыша и Шидерти. Здесь канал пересекает мощную толщу скальных пород палеозоя и элювия северных отрогов Казахского мелкосопочника.

Третий участок (от 175 до 380-го километра) проходит по Пришидертинской равнине, где сравнительно небольшие по протяженности участки выходов скальных пород чередуются с участками, сложенными рыхлым, различным по составу аллювием и глинистыми отложениями неогеновых равнин.

Часть трассы канала на этом участке до 356-го километра протрассирована по руслу р. Шидерти, а часть — по ее береговой террасе.

Русловый участок канала состоит из десяти водохранилищ, образующих единый водоподающий тракт системой связывающих их каналов и насосных станций. Водохранилища с земляными плотинами служат для пропуска воды вверх по реке в режиме антиреки.

Четвертый участок (от 380 до 458-го километра) проходит по водоразделам рек Шидерти, Нуры, Коклекты. Инженерно-геологические условия здесь близки к условиям третьего участка, однако, помимо скальных пород и глин, имеются рыхлые отложения аллювия и суглинисто-супесчаный покров делювиально-пролювиальных отложений.

В целом инженерно-геологические условия канала могут считаться благоприятными, за исключением отдельных участков водопроницаемых гравийно-галечниковых и мягкопластичных грунтов со слабой несущей способностью.

По топографическим и гидрогеологическим условиям на трассе могут быть выделены участки: в полувыемке — полунасыпи при отсутствии и при наличии грунтовых вод в сечении канала.

На протяжении 297 км канал проходит в полувыемках в супесчаных и песчаных грунтах (74 км), суглинках и глинах (135 км) и

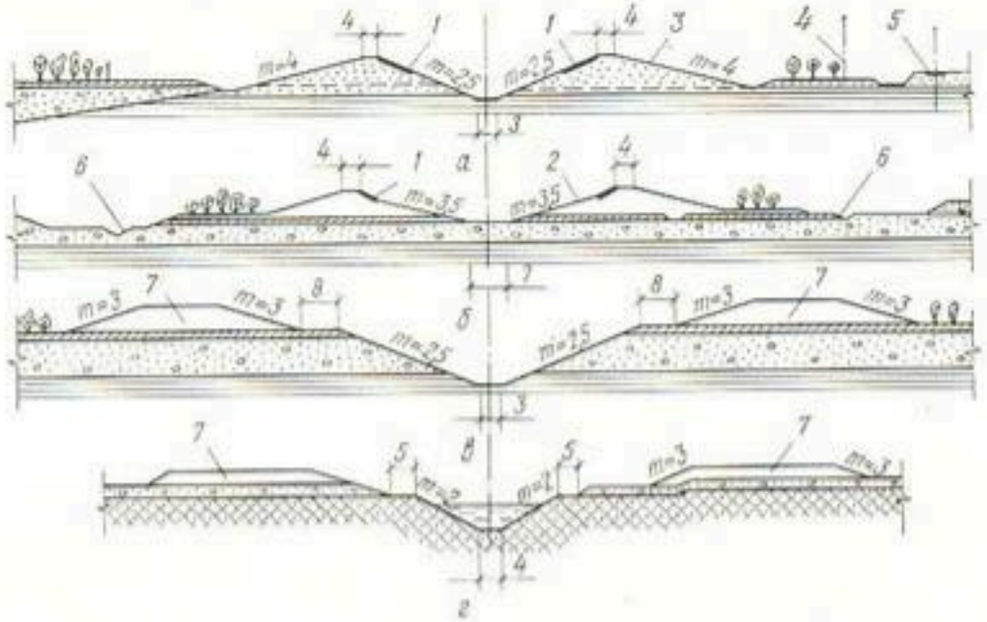

Рис. 40. Типовые поперечные сечения канала Иртыш — Караганда:

а — участки в полувыемке — полунасыпи; *б* — то же, на экранируемом участке; *в* — то же, в выемке (мягкие грунты); *г* — то же (скальные грунты): *1* — крепление щебнем; *2* — экран; *3* — пригрузка; *4* — линия электропередачи; *5* — автомобильная дорога; *6* — резерв; *7* — кавальер. (Размеры в м.)

в скальных грунтах (88 км). На 57 км трасса канала проходит с преобладанием насыпи.

Сечение канала — трапецеидальное, ширина по дну на большей части 3...4 м, на отдельных участках 16 м, заложение откосов 1 : 2,5 и 1 : 3 — в мягких грунтах, 1 : 2 — в интенсивно-выветрелых скальных грунтах и 1 : 1 и 1 : 0,5 — в скальных грунтах (рис. 40).

Откосы канала в зоне колебания уровней воды на участках насыпи и в тонкозернистых песках закреплены слоем щебня (фракции 10...15 см) толщиной 20 см и мелкой горной массой 30...40 см (Смирнов, 1974).

На строительстве канала в период выполнения максимальных объемов земляных работ было занято более 100 экскаваторов с преобладанием шагающих типа ЭШ-5/45, ЭШ-4/40, карьерных типа ЭКГ-4,6, универсальных типа ЭГ-400 и Э-2503, более 200 скреперов, в том числе Д-392 и Д-511 вместимостью ковша 15 м³, около 300 бульдозеров, в том числе Д-384 на тракторе ДЭТ-250, более 600 автомобилей разных типов.

На строительстве был внедрен и получил широкое распространение бригадный метод производства земельно-скальных работ с оплатой за единицу конечной продукции (объема выемки полного профиля канала) по аккордному наряду (Шачков, 1975).

По этому принципу были организованы экскаваторные и скреперные бригады. В состав экскаваторных бригад входили восемь экскаваторов Э-2503 и три бульдозера Д-271 мощностью 74 кВт, до двух экскаваторов ЭШ-5/45 и ЭШ-4/40 и один бульдозер Д-271,

один из экскаваторов ЭГ-400, СЭ-3, Э-2005, 5 ... 6 автомобилей-самосвалов КрАЗ-256. Скреперные бригады включали до 60 самоходных скреперов Д-357 и Д-392, 18 тракторов Т-180 и ДЭТ-250, 15 бульдозеров и рыхлителей, 7 пневмокатков Д-551, 7 автоцистерн на автомобилях ЗИЛ. Самоходные скреперы использовали при транспортировке грунта на расстояние 1 ... 4 тыс. м. В состав скреперных бригад из прицепных скреперов входили 50 скреперов Д-374 и Д-498, 8 ... 10 тракторов Т-100, 12 ... 15 бульдозеров и рыхлителей, пневмокатки и автоцистерны. Прицепные скреперы использовали для транспортировки грунта на расстояние 0,2 ... 1 тыс. м.

Основные объемы земляных работ на строительстве канала Иртыш — Караганда выполнены экскаваторами (77%).

На участках трассы, где глубины выемки составляли 8 ... 10 м, использовались экскаваторы Э-2503, при бо́льших глубинах — шагающие экскаваторы ЭШ-4/40 и ЭШ-5/45.

При разработке канала на втором участке в русле р. Шидерти под защитой двух перемычек осушали участок русла со сбросом воды вниз по течению реки. Затем бульдозерами Д-271 или Д-384 (при наличии скального основания) или экскаваторами Э-2503 или ЭШ-5/45 (при илистом или глинистом основании) канал разрабатывался за 1...2 прохода и проводилось рыхление дресвяно-щебенистого элювия. После рыхления дресвяно-щебенистый скальный грунт разрабатывался двумя боковыми проходами драглайна Э-2503 или комплектом из двух драглайнов Э-2503 или ЭШ-5/45. Отвалы грунта разравнивали бульдозерами Д-271 и Д-384.

Практика строительства показала, что для нормальной работы экскаваторов в зимнее время на мерзлых мягких грунтах и в летнее время на скальных грунтах необходимо, чтобы буровзрывные работы и рыхление опережали экскаваторные работы не менее чем на 250 ... 300 м с подготовкой ежедневно 150 ... 200 м трассы, или 4 ... 5 тыс. м³ разрыхленного грунта, для ЭШ-5/45 и 100...150 м, или 1,5...3 тыс. м³ разрыхленного грунта, для Э-2503. Расчеты и практика работы крупных экскаваторов показали, что применение шагающих экскаваторов типа ЭШ-5/45 на строительстве канала Иртыш — Караганда целесообразно при годовых объемах работ не менее 1 млн. м³ (Котельников, Романов, Заремская, 1970).

Хотя участие скреперов на строительстве канала Иртыш — Караганда выражается в разработке 12% объема выемки грунта канала (в основном отсыпка насыпи дамб из грунтов выемки канала на участках полувыемки — полунасыпи), и возведением плотин гидроузлов, опыт их применения на этом канале представляет значительный интерес.

На земляных работах скреперы применяли преимущественно на участках полувыемок — полунасыпей при отсутствии грунтовых вод и наличии в выемках суглинков, которые сразу же использовали для устройства дамб.

Скреперы работали круглый год, в том числе и зимой при температуре до минус 25 ... 30°С. Грунты, промерзающие до 0,8 м, перед разработкой их скреперами рыхлили рыхлителями Д-652С, РМГ-2,

РМГ-1 на тракторах ДЭТ-250, Д-711С и Т-180 при продольно-поперечных проходах рыхлителей. При глубине промерзания более 1 м рыхление проводилось буровзрывным способом. Взорванные мерзлые грунты перед разработкой скреперами дополнительно рыхлили (Шачков, 1975).

Бульдозерами на строительстве канала выполнено около 6% объема выемки. Основная область их применения — устройство выемки канала в местах пересечения трассы с линиями электропередачи, насыпей высотой до 1,5 м, постоянных кавальеров и расчистки р. Шидерти.

Кроме того, небольшие объемы земляных работ (около 3%) при устройстве выемки канала были разработаны землеройно-фрезерными машинами ЗФМ-3000 и ЗФМ-2. Однако недоработки конструкции машин, частые поломки, отсутствие запасных частей, тяжелые зимние условия Казахстана и неудобства разработки сечения канала этими машинами явились результатом отказа от их дальнейшего применения.

Из опыта строительства канала Иртыш — Караганда можно сделать следующие выводы:

разработка и внедрение технологии возведения насыпей дамб канала и плотин в зимний период скреперами из связных грунтов при постоянных отрицательных температурах — эффективный метод, позволяющий в течение круглого года возводить насыпи скреперами, сократить продолжительность строительства, улучшить использование техники, снизить стоимость земляных работ;

бригадный способ выполнения земляных работ с оплатой за объем выемки полного профиля канала — весьма прогрессивный способ. Он позволяет увеличить производительность труда и выработку, улучшить качество работ, резко сократить сроки строительства и издержки строительного производства и значительно снизить незавершенное производство.

Самур-Апшеронский канал. Система сооружений Самур-Апшеронского канала в Азербайджанской ССР является крупным комплексным мелиоративным и водохозяйственным объектом. Вводом этого канала в эксплуатацию в 1976 г. было обеспечено орошение и сельскохозяйственное освоение 88 тыс. га земель Прикаспийской низменности и Апшеронского полуострова, а также водоснабжение городов Баку и Сумгаита. Строительство канала осуществлялось очередями, начиная с 1939 г. Первая очередь строительства канала (старое название Самур-Дивичинский) пропускной способностью 26 ... 16 м³/с, длиной 108 км в земляном русле предусматривала орошение 70 тыс. га. Канал построен в 1939 ... 1940 гг. методом народной стройки. Забирая воду бесплотинным водозабором из р. Самура, он доходил до р. Атачай в Дивичинском районе. Вторая очередь строительства канала начата в период 1951 г., а завершена в 1955 г. Канал также в земляном русле длиной 86 км доведен до Апшеронского полуострова. Общая длина канала составила 194 км, были построены Самурский гидроузел в голове канала, водозаборный узел на р. Вельвеличай для подпитывания канала,

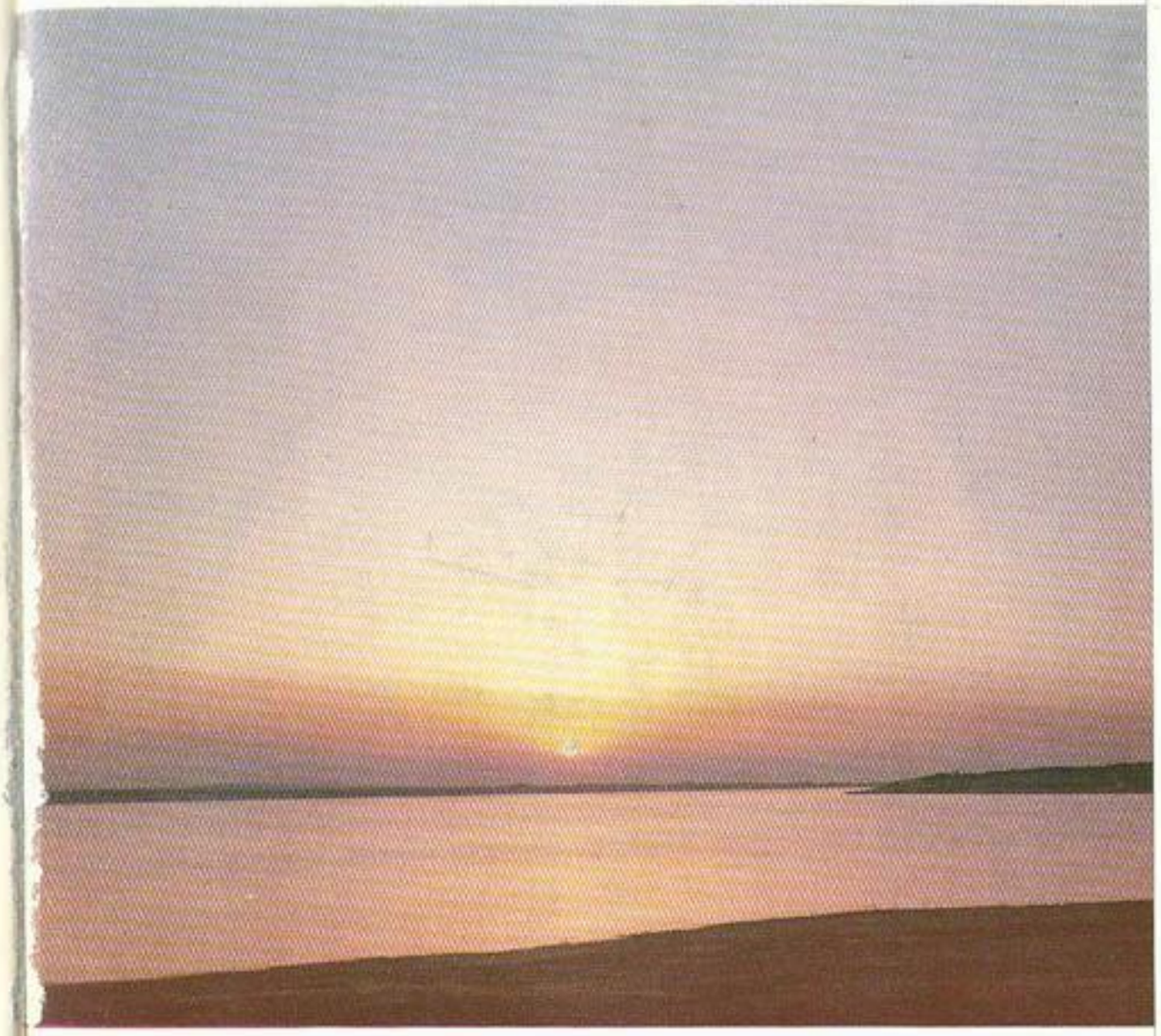

Рис. 41. Джейранбатанское водохранилище на Самур-Апшеронском канале.

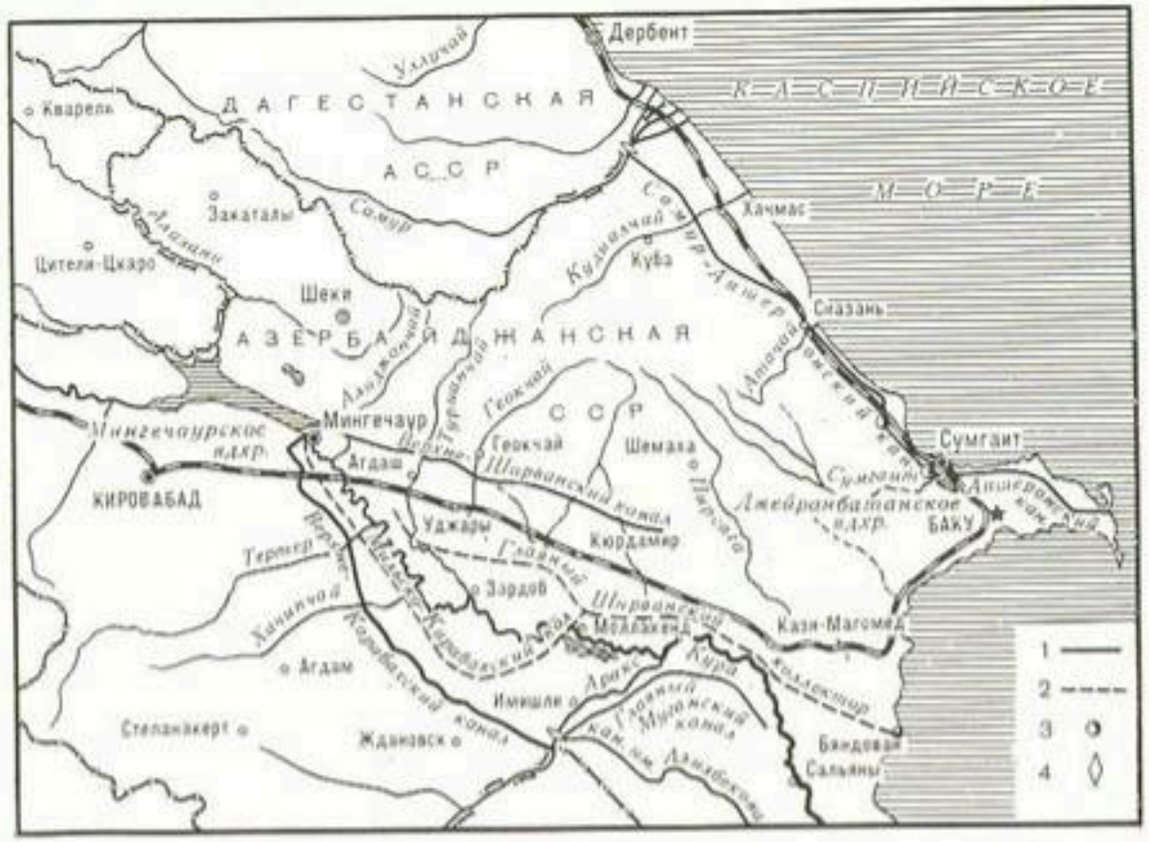

Рис. 42. Схемы Самур-Апшеронского и Верхне-Ширванского каналов и Главного Ширванского коллектора:

1 — каналы; *2* — коллекторы; *3* — насосные станции; *4* — гидроузлы.

перекачечные насосные станции, Джейранбатанское наливное водохранилище объемом 136 млн. м³ в конце канала на Апшеронском полуострове (рис. 41). Комплекс этих мероприятий позволил дополнительно оросить 17 тыс. га земель на Апшеронском полуострове (рис. 42).

Однако уже в начале 60-х годов остро встал вопрос об улучшении водоснабжения городов Баку и Сумгаита, который решался увеличением водоподачи по Самур-Апшеронскому каналу.

Новый Самур-Апшеронский канал (САК), строительство которого началось в середине 1960 г. на базе коренной реконструкции действующего Самур-Дивичинского канала, решил ряд важных народнохозяйственных задач. В настоящее время это один из технически совершенных каналов Советского Союза. За проектирование, строительство и эффективную эксплуатацию САК большой группе специалистов водохозяйственных и сельскохозяйственных организаций Азербайджанской ССР в 1981 г. присуждена премия Совета Министров СССР за наиболее выдающиеся проекты и строительство по этим проектам.

К прогрессивным решениям, реализованным в проекте САК, относятся:

производство строительно-монтажных работ в условиях действующего канала с постепенным наращиванием водоподачи в Джейранбатанское наливное водохранилище, полный объем которого доведен до 186 млн. м³;

мероприятия по борьбе с фильтрацией воды из открытого земляного русла;

внедрение полносборных крупнопанельных закрытых железобетонных водоводов, рассчитанных на пропуск 35 м³/с на отдельных участках трассы с наличием оползней;

прокладка русла канала в выемках глубиной до 30 м и насыпях высотой до 20 м в зоне просадочных грунтов;

проектирование, строительство и эксплуатация новых совершенных отстойников озерного типа объемом 9,9 млн. м³ с гидравлическим и гидромеханическим способами очистки;

внедрение созданных в процессе проектирования САК блочных унифицированных автоматизированных систем «Баку-1» и «Баку-2», приборов к ним, а также программ управления насосными станциями для комплексной автоматизации всех сооружений канала;

комплекс природоохранных мероприятий.

Канал реконструировался с 1960 по 1976 г. Главазмелиоводстроем по проекту Азгипроводхоза.

Канал длиной 182 км с головным расходом воды 55 м³/с протрассирован у подножия восточных отрогов Большого Кавказского хребта в весьма сложных топографических и разнообразных инженерно-геологических условиях. После завершения реконструкции пропускная способность канала была удвоена (рис. 43).

Русло канала открытое, трапецеидальное, строительной глубиной 3...4 м, шириной до 4...6 м, с откосами 1 : 1,5 и 1 : 2 и уклоном дна 0,00030 ... 0,00014. На всей длине русло САК облицовано монолитным бетоном и железобетоном толщиной соответственно 15 и 12 см.

На САК построено 443 современных гидротехнических сооружения, обеспечивающих транспортировку, учет и распределение воды в заданном режиме (рис. 44, 45).

Вдоль канала устроена автомобильная дорога с твердым покрытием, линия связи с каналами телемеханики, связывающая все водорегулирующие сооружения.

В проекте реконструкции САК впервые в Советском Союзе на мелиоративном объекте была создана система комплексной автоматизации работы канала и водораспределения из него. Эта система, стоимость устройства которой составила 1,6 млн. р., обеспечила значительную экономию воды за счет уменьшения технологических холостых сбросов, что дало ежегодный экономический эффект более 1 млн. р. При реконструкции канала выполнено 14 млн. м³ земляных работ, из них 7 млн. м³ выемки, 800 тыс. м³ бетонных и железобетонных работ, в том числе 550 тыс. м³ облицовки канала, смонтировано 3 тыс. т металлоконструкций и установлено силовое оборудование мощностью 27,5 тыс. кВт.

К одному из наиболее сложных решений при реконструкции канала относится производство строительных работ на объектах САК

Рис. 43. Самур-Апшеронский канал.

Рис. 44. Песколовка водозаборного узла на р. Вельвеличай, подпитывающего Самур-Апшеронский канал.

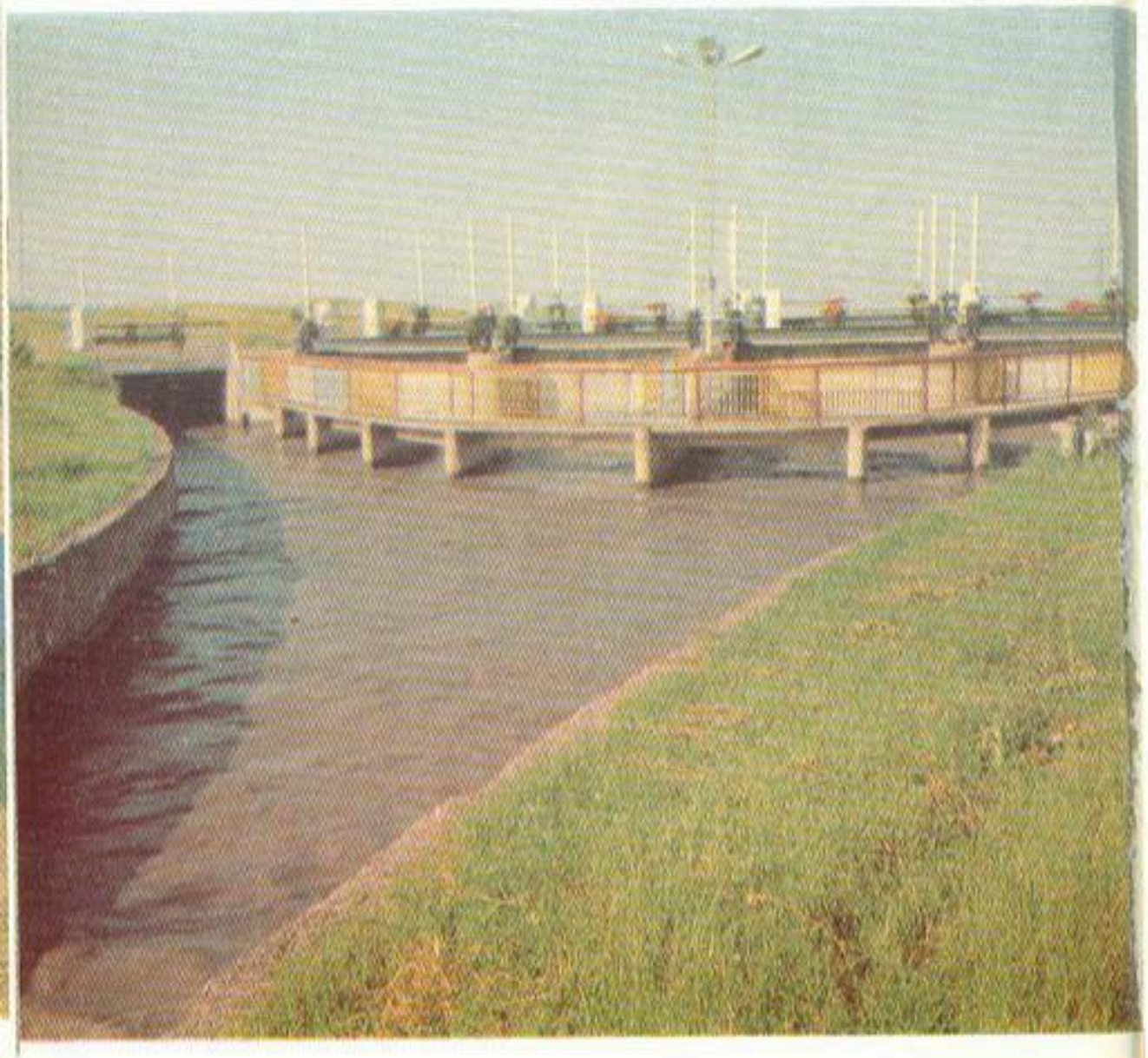

Рис. 45. Камера отстойника водозаборного узла на р. Кудиалчай, подпитывающего Самур-Апшеронский канал.

без перерывов водоподачи по реконструируемому руслу и с постепенным наращиванием подаваемых расходов по каналу.

Строительное производство по всей трассе канала было подчинено главному условию — постоянному и непрерывному вводу в эксплуатацию законченных строительством объектов. Практически почти ежеквартально завершали строительство и реконструкцию отдельных участков трассы с сооружениями, которые без промедления осваивались эксплуатационной службой.

Канал реконструировали отдельными участками длиной от 500 до 5 тыс. м, на которых в зависимости от конкретных условий велись следующие работы: спрямление старого русла и прокладка по целине нового в бетонной облицовке; строительство нового русла в бетонной облицовке на месте старого канала с устройством обводных русл, обеспечивающих транзитную водоподачу; строительство нового канала с прокладкой его параллельно старому в стесненных городских условиях в виде сборных железобетонных закрытых водоводов и открытых лотков из элементов заводского изготовления.

Начальный 26-километровый участок старого Самур-Апшеронского канала проходил по косогору в толще просадочных суглинков, имел малые уклоны и огибал многочисленные лощины и пологие хребты. Недостаточная транспортирующая способность канала на этом участке вызывала необходимость непрерывной очистки русла от ила, причем годовые объемы очистных работ достигали 1 млн. м^3.

При реконструкции САК на этом участке новый канал был проложен по спрямленной трассе в выемках глубиной до 30 м, насыпях высотой до 20 м. На его трассе были устроены два отстойника озерного типа, один из которых включен в комплекс постоянных сооружений САК, а другой длиной 12 км заилен в первые годы эксплуатации канала. Длина старой трассы канала в районе заиленного отстойника была сокращена на 12 км, увеличен уклон нового облицованного бетоном русла, что обеспечило транспортирующую способность потока и незаиляемость канала.

Оптимальное решение конструкции облицовки канала и способов производства работ было найдено в результате опытно-производственных экспериментов, предшествующих массовым бетонным работам по облицовке канала.

Особенность облицовки, впервые примененной на строительстве САК, заключается в укладке ее не на традиционное песчано-гравийное основание, а на противофильтрационный грунтовой экран, создаваемый глубоким уплотнением грунта по периметру канала.

На первом 13-километровом участке канал протрассирован в пылеватых просадочных суглинках. Противофильтрационные мероприятия на этом участке состояли из следующих последовательно выполняемых работ: длительной замочки сечения канала с последующим глубинным уплотнением экскаваторными трамбовками, устройства двухслойной бетонной и армированной бетонной облицовки с гидроизоляционным слоем между ними из асфальтовой мастики. Такой тип облицовки оказался технологичен в строи-

тельстве, надежен в эксплуатации и в дальнейшем получил широкое распространение в водохозяйственном строительстве Азербайджана. Бетонную облицовку канала выполняли со специальной обработкой ее поверхности (укрытие свежеуложенного бетона полиэтиленовой пленкой толщиной 0,2 ... 0,3 мм) для достижения требуемой прочности, водонепроницаемости, морозостойкости, а также снижения шероховатости.

При прокладке русла канала по территории городской застройки г. Дивичи и нефтяного промысла в толще водоносных грунтов (супесь, суглинки с прослоями песка), а также на косогорных участках построены и с успехом эксплуатируются более 10 лет полносборные крупнопанельные железобетонные водоводы из элементов заводского изготовления. Водоводы состоят из бортовых стенок, днища и перекрытия (подземный вариант) или распорной балки (наземный вариант).

Швы между бортовыми стенками и плитами дна с выпусками арматуры омоноличены по типу «Передерий», вертикальные швы — цементно-песчаным раствором или бетоном с мелкозернистым заполнителем.

После испытания этих конструкций на строительстве САК они получили распространение на водохозяйственных стройках Азербайджана.

При выполнении земляных работ на строительстве Самур-Апшеронского канала применяли экскаваторы вместимостью ковша 1 м^3 и частично 0,5 ... 0,75 м^3, бульдозеры на тракторах мощностью 74 кВт, прицепные скреперы вместимостью ковша 6...8 м^3.

Главный Ширванский коллектор. Этот коллектор обеспечивает отвод в Каспийское море дренажных вод с мелиорируемых земель Ширванской и Мильско-Карабахской степей в Азербайджанской ССР с общей площади более 200 тыс. га (рис. 42).

Главный Ширванский коллектор (ГШК) был построен в период с 1955 по 1964 г. строительными организациями Кура-Араксводстроя (ныне Главазмелиоводстрой) по проекту Азгипроводхоза.

Главный Ширванский коллектор общей длиной 216 км и пропускной способностью от 2 м^3/с в голове до 37 м^3/с в концевой части на протяжении первых 160 км протрассирован по депрессии сбросов паводковых вод рек Ширванской степи в р. Куру (так называемое Ширванское Карасу), затем на 10-километровом участке, пересекая Али-Байрамлинскую возвышенность, следует по юго-восточной части Ширванской низменности и заканчивается у мыса Бяндован сбросом в Каспийское море.

Преобладающие грунты на первых 160 км трассы ГШК суглинки и супеси, реже встречаются пески и глины. Характерная особенность грунтов этого участка — высокая степень пылеватости.

Грунты остальной части трассы представлены древнекаспийскими глинами; пески, супеси и суглинки здесь встречались небольшими участками и залегали в виде включенных в глины линз.

Гидрогеологические условия трассы строящегося коллектора на первом 160-километровом участке, преобладающая глубина вы-

Рис. 46. Пересечение Главным Ширванским коллектором железной дороги на участке глубокой выемки.

емки которого составляла 4 ... 7 м, характеризовались неглубоким залеганием грунтовых вод (от 1...2 до 3...5 м), а также в отдельных местах заболоченностью. На участке пересечения коллектором Али-Байрамлинской возвышенности, где глубина выемки достигала 32 м, уровень грунтовых вод вскрывался на отметках, близких к дну коллектора. После участка глубокой выемки грунтовые воды вскрывались на глубинах 5 ... 6 м, а после 200-го километра поднимались до 1 ... 2 м от поверхности земли.

Частичное прохождение трассы коллектора по заболоченным участкам Карасу, потребовавшее проведения специальных мероприятий по осушению, водоотводу, водоотливу и использованию сланей при работе экскаваторов, осложняло ведение строительных работ на ГШК. Наличие на участках трассы длиной 8,5 км выемки глубиной от 20 до 32 м, пересечение коллектором действующих железных и автомобильных дорог, в том числе и на участке глубокой выемки, большая протяженность коллектора и отсутствие транспортных коммуникаций вдоль трассы также усложняли строительные работы на ГШК (рис. 46).

При строительстве ГШК общие объемы земляных работ составили: выемка 29,9 млн. м^3, насыпь 0,53 млн. м^3.

Разработку широких и сравнительно неглубоких участков выемки в условиях отсутствия заболоченности и грунтовых вод, а также части поперечного профиля выше уровня грунтовых вод проводили прицепными скреперами вместимостью ковша 6 м^3 с форми-

рованием притрассовых кавальеров. Участки выемки, где работа скреперных агрегатов была затруднена или требовала проведения специальных мероприятий по осушению подошвы забоя и водоотводу, разрабатывали одноковшовыми экскаваторами драглайн.

Работа экскаватора на заболоченных участках велась со сланей с предварительным отводом и сбросом стока мелких рек, являющихся источником заболачивания территории. Формирование постоянных кавальеров и перемещение грунта экскаваторной разработки проводили бульдозерами, на отдельных участках грунт перекидывали экскаваторами.

Наиболее сложным при производстве земляных работ на ГШК оказалось устройство глубокой выемки от 170 до 178,5 километра трассы. На этом участке, протяженность которого составляет 4% общей длины, было сосредоточено 47% объемов земляных работ.

Разработка глубокой выемки ГШК — сложная техническая задача, и проводилась она с применением шагающих экскаваторов.

Грунт верхнего яруса выемки на глубину от 2 до 6 м разрабатывали прицепными скреперами вместимостью ковша 6 м³ при работе по схеме «восьмерка» с перемещением его в притрассовые двухсторонние кавальеры на расстояние 100 . . . 230 м. Ввод шагающих экскаваторов в забой проводили по специально устраиваемым выездам шириной 15 м с уклоном 0,04%. На отдельных участках глубокой выемки разработку экскаваторами вели с поверхности земли. Проектом производства работ было намечено устройство первичной центральной траншеи глубиной 8...10 м и откосами 1 : 1,5, уширяемой и углубляемой в дальнейшем несколькими проходками шагающих экскаваторов с правого и левого бортов.

Грунт экскаваторных отвалов был намечен к перекидке (2 . . . 3) в контуры постоянных кавальеров также шагающими экскаваторами ЭШ-4/40 (рис. 47).

Доработка дна и откосов поперечного профиля до проектного сечения была намечена экскаваторами драглайн типа Э-1004 вместимостью ковша 1 м³ с погрузкой грунта на автомобили-самосвалы. В процессе реализации проекта строители несколько усовершенствовали намеченные решения с целью сокращения объема перекидываемого грунта.

По предложению строителей глубина первичного центрального забоя была увеличена до 19 м, дно этого забоя было опущено и доведено до отметок подошвы проходки экскаватора Э-1004, дорабатывающего сечение коллектора до проектного. Дальнейшую разработку грунта шагающими экскаваторами проводили поперечными забоями без углубления выемки, то есть при разработке правого борта выемки применяли схему, намеченную проектом для левого борта. Предложенная строителями схема позволила уменьшить перекидки грунта и повысить производительность шагающих экскаваторов в отдельные месяцы до 1,5 раза. Это было достигнуто в основном за счет отказа от систематического углубления выемки при разработке II ... IV забоев в плотных грунтах и перехода на уширение центрального забоя.

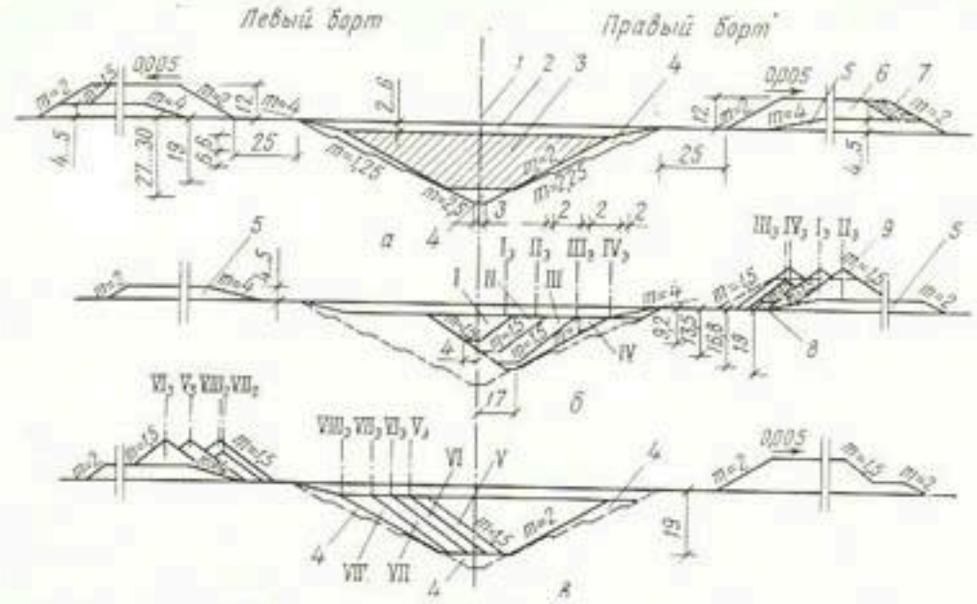

Рис. 47. Схема разработки участка глубокой выемки Главного Ширванского коллектора:

а — выемка глубиной 27...30 м, разработанная скреперами и шагающими экскаваторами; *б*, *в* — схемы разработки правого и левого бортов выемки; I...VIII — забои экскаватора ЭШ-4/40; I_0 — VIII_0 — оси проходок экскаваторных отвалов забоев I...VIII с указанием количества перекидок грунта; *1* — ось коллектора; *2* — грунт, разрабатываемый скреперами; *3* — грунт, разрабатываемый экскаваторами ЭШ-4/40 в отвал с перекидками; *4* — грунт, разрабатываемый экскаватором драглайн типа Э-1004 на автомобильный транспорт; *5* — скреперный отвал; *6*, *7* — отвалы от разработки экскаваторами Э-4/40 и Э-1004; *8* — грунт, перемещаемый бульдозером; *9* — срезка верха экскаваторных отвалов бульдозером. (Размеры в м.)

Опыт работы шагающих экскаваторов на ГШК был использован в водохозяйственном строительстве Азербайджанской ССР при устройстве глубоких выемок и выполнении крупномасштабных проектов при строительстве обводного русла р. Куры на дюкере на Мильско-Карабахском коллекторе (МКК), на 20-километровом участке соединительной ветки МКК на участке после дюкера под р. Курой до подключения МКК к ГШК.

Верхне-Ширванский канал. Этот канал расположен на территории Ширванской степи (Азербайджанская ССР). Верхне-Ширванский канал (ВШК) обеспечивает водоподачу из Мингечаурского водохранилища для орошения 86 тыс. га земель в Ширванской степи, находящихся между ВШК и ГШК (рис. 42). Строительство канала протяженностью 123,5 км с головным расходом воды 78 м³/с осуществлялось с 1954 по 1958 г. строительными организациями Кура-Араксводстроя (ныне Главазмелиоводстрой) по проекту Азгипроводхоза. На первых 93 км трасса ВШК проходит в земляном русле, последние 30 км — в бетонной облицовке.

По инженерно-геологическим условиям на трассе ВШК могут быть выделены два характерных участка. Первый участок от начала до 95-го километра протрассирован в суглинистых, глинистых и песчаных грунтах, а также в гравийно-галечниковых отложениях. В период строительства грунтовые воды на участке залегали ниже дна канала, лишь на отдельных небольших участках они превыша-

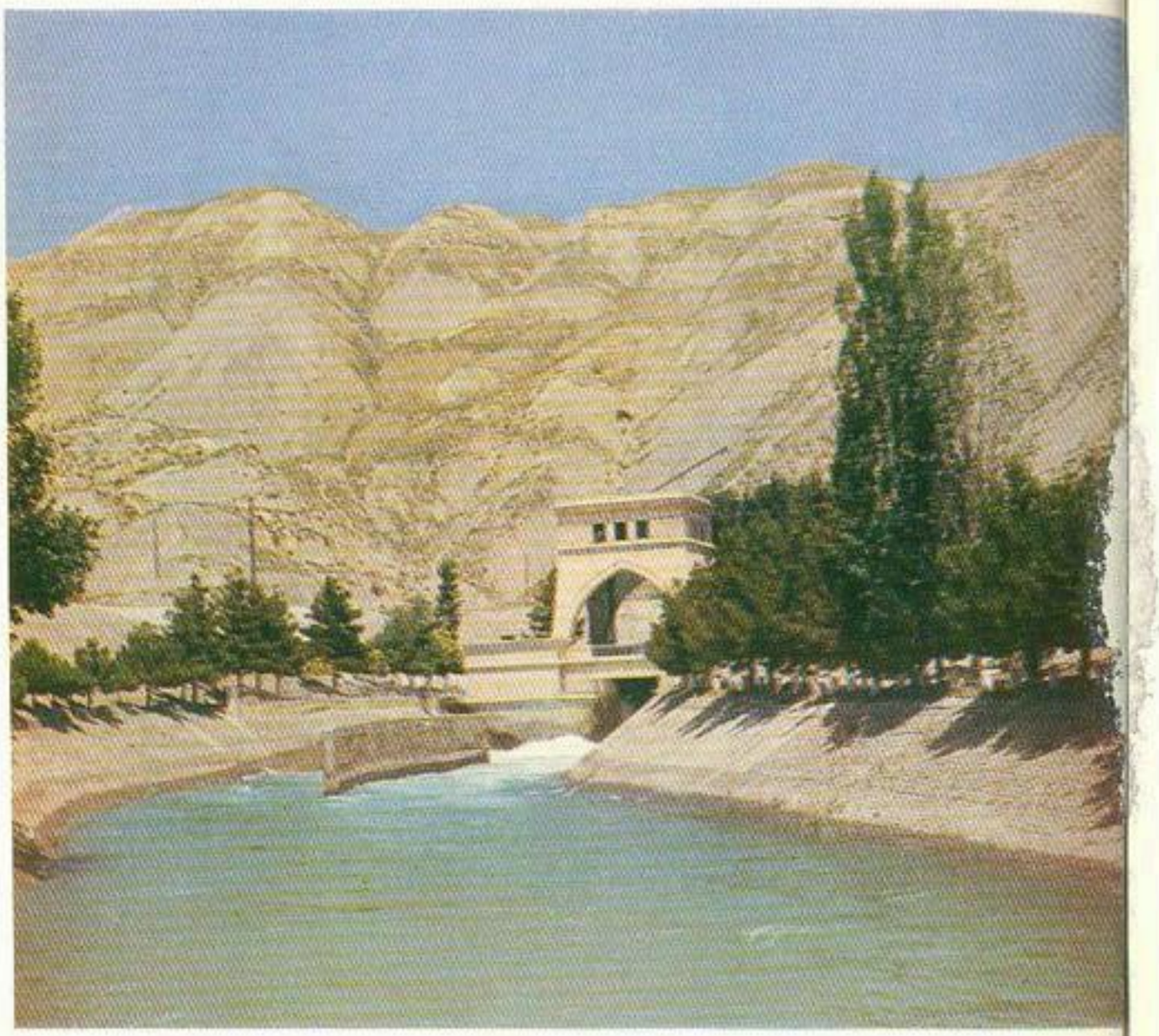

Рис. 48. Головной участок Верхне-Карабахского канала.

ли отметки дна канала. Второй участок от 95-го километра до конца проходит по толще суглинистых, супесчаных и реже глинистых грунтов и песков. Грунтовые воды на участке залегали в основном ниже дна канала, лишь на участке от 96,6 до 101-го километра уровень грунтовых вод в период строительства поднимался выше дна канала.

Инженерно-геологические, гидрогеологические условия канала, а также трассировка его на большей части длины в полувыемке — полунасыпи предопределили применение на земляных работах экскаваторов и прицепных скреперов вместимостью ковша соответственно 1 и 6 м^3 и бульдозеров на тракторах мощностью 59 кВт.

На строительстве канала была внедрена поточная технология ведения земляных работ на участке от 7 до 20-го километра по проекту производства работ, разработанному Азгипроводхозом. Эта часть канала была разбита на характерные с точки зрения применения различных комплексов землеройных машин участки. На участках, протрассированных в полувыемке — полунасыпи, при глубинах выемки менее 4 м и высотах насыпи более 1 м в качестве ведущих машин землеройного комплекса были приняты скреперы вместимостью ковша 6 м^3, а на участках с глубинами выемки более 4 м и высотами насыпи менее 1 м — экскаваторы драглайн вместимостью ковша 1 м^3.

В состав комплексно-механизированных скреперных и экскаваторных отрядов, обеспечивающих выполнение всего комплекса земляных работ по устройству канала, были введены бульдозеры, грейдеры и грунтоуплотняющие машины.

При поточном методе строительства канала соблюдалась строгая непрерывная последовательность развертывания строительных работ, при которой разрыв между разработкой выемки и завершающим этапом — уплотнением периметра канала — резко сократился по сравнению с традиционной технологией, возросли темпы работ и качество их выполнения.

За 10 месяцев 1956 г. строители сдали участок канала в 8,5 км, в то время как до внедрения поточной технологии за весь 1955 г. были завершены работы только на участке в 4,3 км.

Строительные машины при поточном строительстве участка ВШК перемещались только вперед, пропуски отдельных работ и участков трассы, которые вызывали бы необходимость возврата на доработки и доделки, не допускались.

Темп движения потока задавался скоростью продвижения основных машин — скреперов и экскаваторов. В состав комплексно-механизированных отрядов потока входили передвижные ремонтно-механические мастерские, обеспечивающие техническое обслуживание и нормальную эксплуатацию строительной техники.

Скреперные отряды выполняли следующие основные работы: рыхление грунта основания насыпи и по трассе канала; послойную разработку грунта выемки скреперами с предварительным рыхлением при необходимости плотного грунта; планировку откосов выемки после скреперной разработки грейдерами; уплотнение периметра

канала трамбующей плитой на экскаваторе Э-505 (дно канала) и вальцовой трамбовкой на экскаваторе Э-1004 (откосы канала).

При послойной разработке грунта скреперами первый ярус на глубину 1 м от поверхности земли был разработан при поперечном движении скреперов без устройства въездов. Разработка второго яруса на глубину 3 м проводилась при продольном движении скреперов с выездом из выемки по съездам, располагаемым через 50 м. Разработкой третьего яруса при продольном движении скреперов с выездом через 100 м и разборкой промежуточных въездов достигалась проектная глубина канала.

На участке экскаваторной разработки выполняли следующие основные работы: разработку сечения канала экскаваторами; перемещение экскаваторных отвалов в кавальеры; уплотнение дна и откосов канала трамбующей плитой и вальцовой трамбовкой на экскаваторах Э-505 и Э-1004.

Разработку канала экскаваторами проводили по двух- и трехпроходным схемам. В составе экскаваторной бригады, проводившей разработку выемки канала по двухпроходной схеме, было два экскаватора типа Э-1004 и один бульдозер на тракторе С-80, а в составе бригады, работающей по трехпроходной схеме, — три экскаватора типа Э-1004 и два бульдозера на тракторах С-80.

Двухпроходная схема, сулившая, на первый взгляд, более рациональное использование параметров экскаваторов и уменьшение объема переработки грунта, оказалась менее целесообразной, чем трехпроходная, при которой первичная пионерная проходка уширяется двумя боковыми забоями. Если при двухпроходной схеме месячная выработка экскаваторов не превышала 15 тыс. м^3, то при трехпроходной она составляла 25 тыс. м^3.

Применение поточной технологии на земляных работах ВШК наряду с ускорением строительного производства и улучшением качества работ позволило снизить проектную стоимость 1 м^3 выемки с 0,38 до 0,3 р. (в ценах с 01.01.61).

В последние годы в процессе эксплуатации канала наблюдается подъем уровня грунтовых вод в пределах приканальной полосы, связанной с отсутствием дренажа вдоль канала, а также оползание внутренних откосов на участках от 39 до 41 и от 89 до 90-го километра на общей длине около 3 км. Общее состояние канала хорошее.

Каналы Тартар — Евфрат и Тартар — Тигр. Настоящая работа не охватывает мирового опыта строительства крупных каналов, а ограничивается кратким описанием крупнейшего в мире гидротехнического комплекса — каналов Тартар — Евфрат и Тартар — Тигр в Иракской Республике. Строительство их осуществлялось при техническом содействии строительных организаций Минводхоза СССР советскими строительными машинами, оборудованием и автомобильным транспортом. По параметрам эти каналы наиболее близки к проектируемым в настоящее время каналам переброски и перераспределения речного стока в СССР.

Каналы Тартар — Евфрат и Тартар — Тигр входят в гидротех-

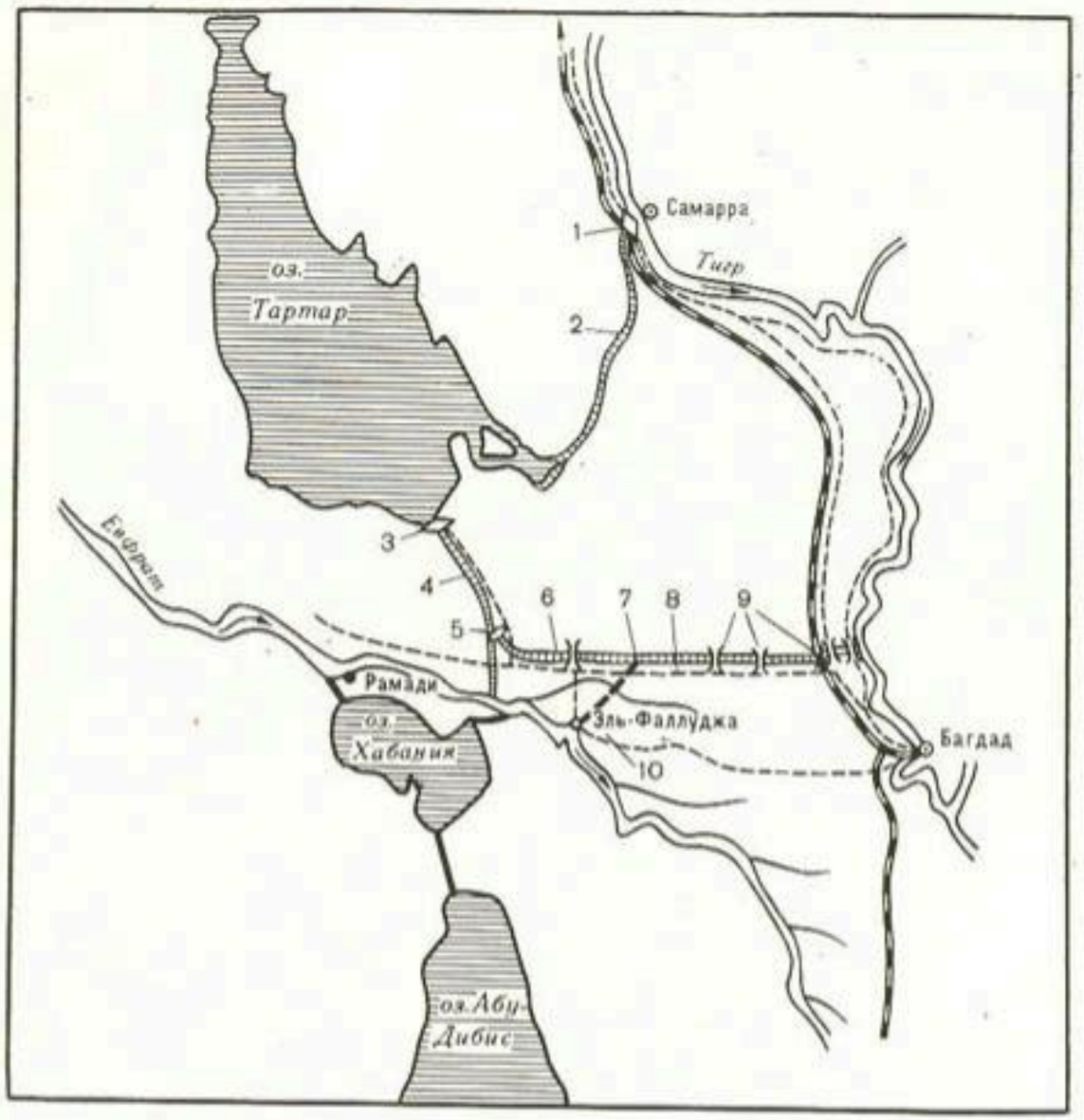

Рис. 49. Схемы каналов Тартар — Евфрат и Тартар — Тигр:

1 — головное сооружение канала Тигр — Тартар; *2* — канал Тигр — Тартар; *3* — головной шлюз-регулятор канала Тартар — Евфрат; *4* — канал Тартар — Евфрат; *5* — вододелительный узел на канале Тартар — Тигр; *6* — канал Тартар — Тигр; *7, 8, 9* — сопрягающее сооружение, мосты, инспекторская дорога канала Тартар — Тигр; *10* — спрямляющий канал до р. Евфрата.

нический комплекс, задачами которого являются: защита от наводнений столицы Иракской Республики г. Багдада и огромных массивов сельскохозяйственных земель в пойме р. Тигра; рассоление озера Тартар для использования его в последующем в качестве противопаводкового и ирригационного водохранилища многолетнего регулирования; повышение водообеспеченности орошаемых земель в низовьях р. Евфрата.

В состав комплекса (рис. 49) входят: построенный в 1956 г. канал Тигр — Тартар (фактически это широкая до 2...3 км пойма староречья с односторонней оградительной дамбой) с расходом до 11 тыс. м^3/с, сбрасывающий паводковые воды р. Тигра в озеро Тар-

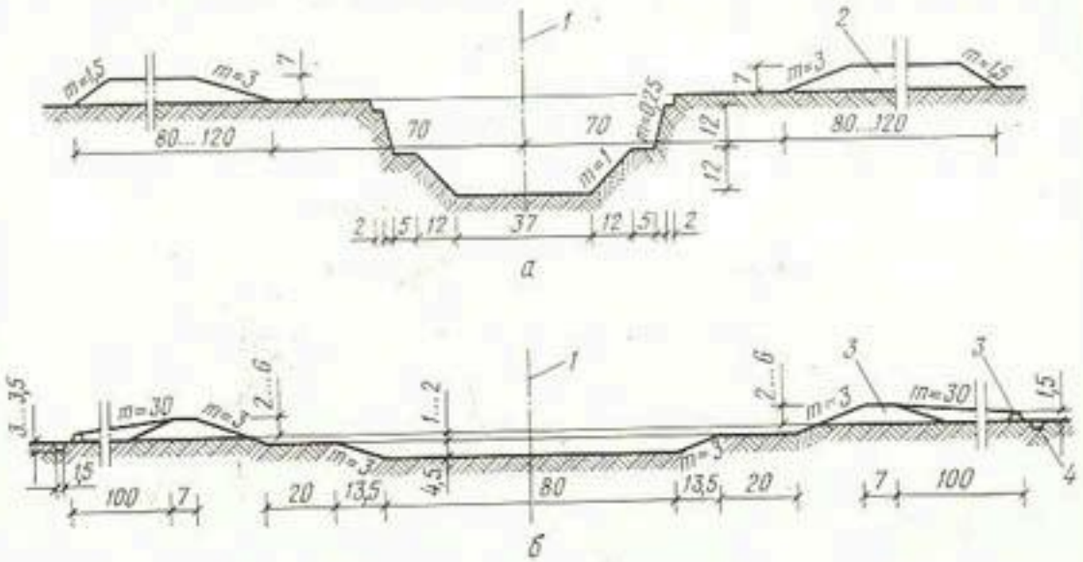

Рис. 50. Поперечное сечение канала Тартар — Евфрат:

а — платовый участок (разработан в основном экскаваторами ЭКГ-4,6Б на транспорт); *б* — пойменный участок (разработан в основном земснарядами); *1* — ось канала; *2* — отвалы грунта; *3* — ограждающие дамбы; *4* — дренажные траншеи.

тар, головное сооружение этого канала у г. Самарры, включающее подпорную плотину, шлюз-регулятор и ГЭС; канал Тартар — Евфрат с головным шлюзом-регулятором; строящийся канал Тартар — Тигр, соединяющий канал Тартар — Евфрат с р. Тигром.

Основные показатели канала Тартар — Евфрат: расход 1,1 тыс. м³/с, протяженность 37 км, ширина по дну 37 ... 80 м, глубина выемки до 33 м, объем выемки 51,2 млн. м³, насыпи — 0,3 млн. м³. Канал построен за период с 1972 по 1976 г.

По инженерно-геологическим условиям трассу канала Тартар — Евфрат можно разделить на два участка.

Первый (платовый) участок длиной около 31 км в пределах выемки представлен переслаивающимися слоями мергелистых глин IV группы с прослоями конгломератов, кристаллических гипсов, мергелей V ... VI групп, плотного и слабосцементированного песка. Прикрывающие этот слой платовые отложения сложены песчаными грунтами (до 2,5 м), песчаниками или суглинками, сцементированными гипсом IV ... V групп (6 ... 8 м) и гравием (3 ... 6 м).

Второй (пойменный) участок представлен песчано-илистыми и глинистыми грунтами II ... III групп (рис. 50).

Технология разработки выемки канала приведена ниже (Золотухин, Фоменко, 1975):

по всей трассе канала разработку верхнего 2,5-метрового слоя выполняли бульдозерами Д-652АС мощностью 228 кВт по поперечно-траншейной схеме с перемещением грунта в отвал на расстояние до 120 м. При разработке грунтов III и IV групп проводили предварительное рыхление их рыхлителями на этих же бульдозерах;

на участках трассы общей длиной 21 км, где в пределах выемки канала преобладали грунты III и IV групп, выемки в пределах глубин 2 ... 10 м разрабатывали самоходными скреперами Д-357М по

кольцевой и продольно-лобовой схемам с перемещением грунта на расстояние до 400 м и предварительным его рыхлением рыхлителями Д-652АС;

платовые отложения V ... VI групп мощностью 4 ... 10 м, встречающиеся до 27-го километра трассы в основном между участками скреперных работ, разрабатывали экскаваторами ЭКГ-4,6Б (грунты предварительно рыхлили взрывами) с погрузкой в автомобили-самосвалы БелАЗ-540 грузоподъемностью 27 т;

лежащий ниже грунтовых вод слой верхнефарсовых и платовых пород на всем протяжении трассы также был разработан экскаваторами ЭКГ-4,6Б с погрузкой на БелАЗ-540 и перемещением в отвалы на расстояние до 1 км. Грунтовые воды отводились двумя дренирующими траншеями, устраиваемыми вдоль обеих бровок откосов выемки экскаваторами Э-1252Б с оборудованием обратная лопата со сплошной режущей кромкой;

пойменный участок трассы, проходящей в сильно обводненных аллювиальных грунтах в полувыемке с глубиной выемки до 8 м и высотой дамб до 5 м, был разработан дизельным земснарядом модели CS 3-20 (США) подачей 250 ... 300 м³/ч по грунту с транспортировкой в дамбы и отвалы на расстояние до 500 м.

Общий объем земляных работ, выполненных различными строительными машинами, составил 51,2 млн. м³ (табл. 1).

1. ОБЪЕМЫ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫЕ РАЗЛИЧНЫМИ МАШИНАМИ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАНАЛА ТАРТАР — ЕВФРАТ

Группа грунта	Итого		Земснаряды подачей 250 ... 300 м³/ч		Бульдозеры мощностью 228 кВт		Скреперы самоходные вместимостью ковша 8 м³		Экскаваторы	
	тыс. м³	%	тыс. м³	%	тыс. м³	%	тыс. м³	%	тыс. м³	%
I	4 220	8	—	—	—	—	—	—	4 220	8
II	21 780	42	4200	8	3580	7	7 600	15	6 400	15
III	3 800	8	—	—	—	—	—	—	3 800	8
IV	16 200	32	680	2	1400	3	6 000	11	8 120	16
V...VII	5 200	10	—	—	2200	4	—	—	3 000	6
Всего	51 200	100	4800	10	7180	14	13 600	26	25 540	50

Опыт строительства канала Тартар — Евфрат показал достаточно высокую эффективность применения бульдозеров Д-652АС и самоходных скреперов Д-357М при разработке грунтов III...IV групп с предварительным их рыхлением рыхлителями Д-652АС. Среднемесячная производительность бульдозеров на этих работах 10 тыс. м³, скреперов — 10 ... 12 тыс. м³.

Высокую эффективность на разработке разрыхленных взрывами скальных пород при строительстве канала Тартар — Евфрат показали также карьерные экскаваторы ЭКГ-4,6Б. Среднемесячная произ-

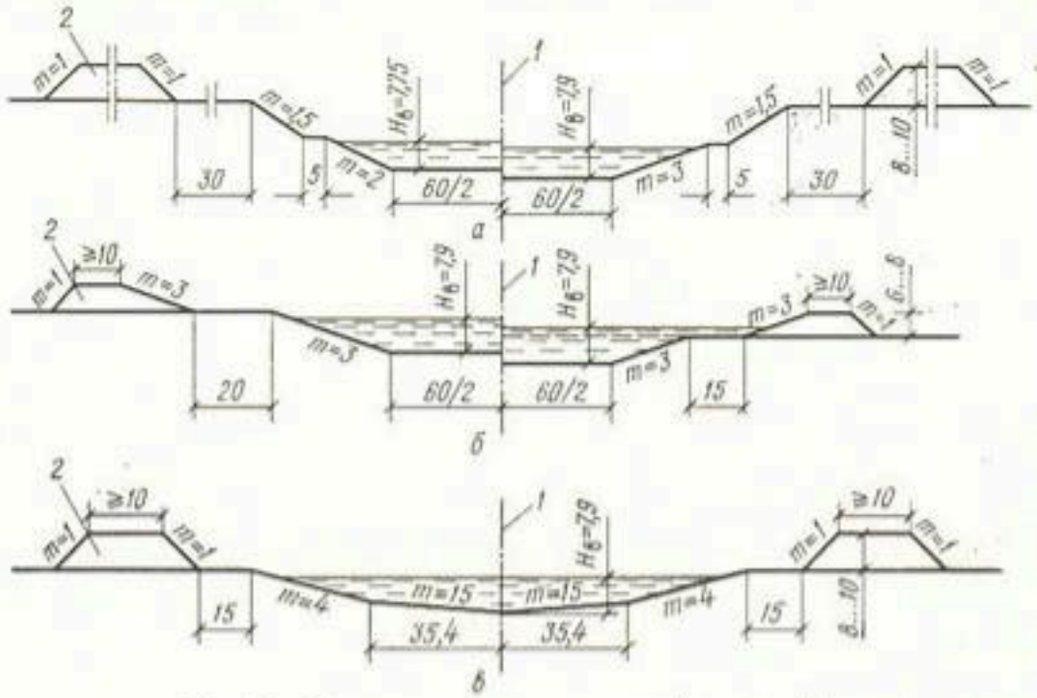

Рис. 51. Поперечное сечение канала Тартар — Тигр:

а — первый участок, 0...33-й километр (разработан в основном экскаваторами ЭКГ-4,6Б на транспорт); *б* — второй участок, 33...56-й километр (разработан экскаваторами ЭШ-5/45 и ЭКГ-4,6Б); *в* — третий участок, 56...65-й километр (разработан шагающими экскаваторами ЭШ-5/45); *1* — ось канала; *2* — отвал грунта.

водительность их при работе с автомобилями-самосвалами БелАЗ-540 равна в среднем 60 . . . 70 тыс. м³.

Применение рациональной технологии рыхления скальных пород взрыванием скважинных зарядов с высотой уступа 10 м перед разработкой их экскаваторами ЭКГ-4,6Б позволило до минимума сократить расход взрывчатых веществ на 1 м³ грунта и довести его до 0,2 кг/м³.

Основные показатели канала Тартар — Тигр: расход 600 м³/с, протяженность 65 км, объем выемки 55 млн. м³, глубина выемки до 25 м. Заложение откосов в твердых грунтах с прослоями слабых и твердых песчаников 1 : 2, в песках с прослоями суглинков 1 : 3, в плывунных песках сечение канала принято параболическим с заложением откосов в нижней части 1 : 15, в верхней 1 : 4 (рис. 51). Строительство канала осуществляется с 1977 г.

В состав комплекса входят головной вододелительный узел, сопрягающее сооружение, мосты, инспекторская автомобильная дорога, три дюкера, газонефтепровод, линия электропередачи, объединительные оросители, отсечно-перехватывающие дрены и другие сооружения.

По инженерно-геологическим условиям по трассе канала Тартар — Тигр можно выделить три характерных участка.

Первый участок (от 0 до 33-го километра) аналогичен платовому участку канала Тартар — Евфрат, но отличается более высоким залеганием грунтовых вод, наличием мощных включений водообиль-

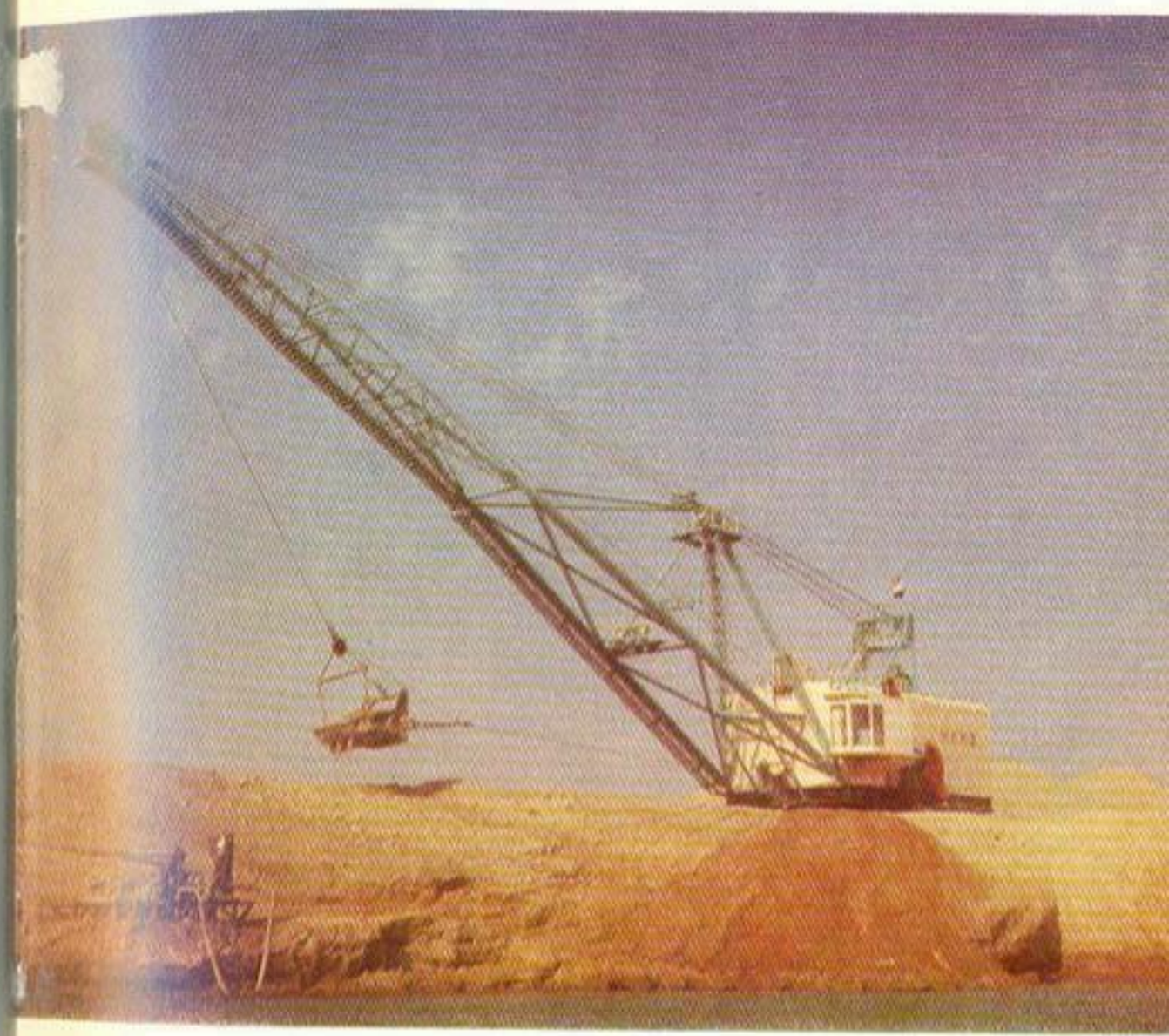

Рис. 52. Шагающий экскаватор ЭШ-5/45 на строительстве канала Тартар — Тигр.

ных песчаных и гравийно-песчаных линз. Грунты относятся к III ... IV группам.

Второй участок (33 ... 56-й километр) представлен в верхней части (до 8 ... 10 м) преимущественно глинами, суглинками, супесями II ... III групп. Грунтовые воды расположены на глубине от 0,5 до 5 м.

Третий участок (56 ... 65-й километр) в верхней части сложен глинами и суглинками, в нижней — мелкозернистыми и иловатыми песками, обладающими плывунными свойствами. Грунтовые воды залегают на глубине 2 ... 3 м.

Земляные работы на первом участке канала выполняли по аналогии с разработкой платового участка канала Тартар—Евфрат с использованием экскаваторов ЭКГ-4,6Б и автомобилей-самосвалов БелАЗ-540. Самоходные скреперы на строительстве не применяли.

Откосную часть сечения (при откосах 1 : 3) устраивали бульдозерами Д-652АС с разработкой грунта «сверху вниз» по откосу с перемещением его в забой экскаваторами ЭКГ-4,6Б. Работы вели после предварительного рыхления грунта взрывами.

На втором участке земляные работы проводили по следующей технологии. Левую часть поперечного сечения канала (около 30% всего объема) после предварительного рыхления взрывом разрабатывали шагающим экскаватором ЭШ-5/45 (рис. 52). Устроенная в результате этого пионерная выемка-дрена на фоне постоянно действующего водоотлива позволяла осушить правую часть сечения канала и без снижения производительности выполнять земляные работы экскаваторами ЭКГ-4,6Б с автомобилями-самосвалами БелАЗ-540. Максимальная месячная производительность ЭШ-5/45 достигла 130 тыс. м^3.

Третий участок разрабатывали шагающим экскаватором ЭШ-5/45 в шесть проходок с перемещением грунта в отвалы бульдозерами Д-652АС. Земляные работы вели при постоянном водоотливе.

Основные показатели крупных каналов, рассмотренных в первой главе, приведены в приложении 1, а распределение объемов выемки этих каналов по механизмам — в приложении 2.

ГЛАВА 2

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ И ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАНАЛОВ

Отечественной и зарубежной практикой накоплен большой опыт строительства крупных мелиоративных каналов, который должен быть в полной мере использован при устройстве новых каналов. Обобщение этого опыта (глава 1), а также анализ строительного оборудования позволяют сделать ряд выводов и рекомендаций, по которым можно наметить общие закономерности применения различных технологических схем земляных работ. Они также могут быть использованы при выборе строительной техники для крупных мелиоративных каналов.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН В КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА КРУПНЫХ КАНАЛОВ

1. При строительстве крупных каналов расходом более 50 м^3/с в песчаных, супесчаных, суглинистых и глинистых грунтах преобладающие объемы земляных работ выемки выполняют как в условиях наличия, так и отсутствия грунтовых вод.

При наличии грунтовых вод в пределах выемки применяют средства гидромеханизации, экскаваторы драглайн, обратная и прямая лопаты (последние по возможности эффективного осушения подошвы забоя), комбинированные способы с использованием скреперно-бульдозерных комплексов (верхняя часть сечения до отметок, превышающих на 1 ... 1,5 м статический уровень грунтовых вод), а также средства гидромеханизации и экскаваторы драглайн (нижняя часть сечения), взрывной способ (при технико-экономическом обосновании) и экскаваторы непрерывного действия (при эффективном осушении забоя).

При отсутствии грунтовых вод в пределах выемки применяют скреперно-бульдозерные комплексы, экскаваторы цикличного и непрерывного (многочерпаковые, цепные, компактные роторные, землеройно-фрезерные машины — ЗФМ и др.) действия, средства гидромеханизации (при технико-экономическом обосновании), взрывной способ.

2. При разнородных (мягких покровных и твердых подстилающих) грунтах в сечении каналов глубиной более 10 ... 15 м в условиях наличия и отсутствия грунтовых вод грунты выемки разрабатывают комбинированным способом: верхние мягкие — скреперно-

бульдозерными комплексами; нижние скальные и полускальные — экскаваторами с оборудованием прямая лопата в комплексе с автомобилями-самосвалами. При необходимости грунт рыхлят взрывным способом.

3. В зависимости от расстояний перемещения грунта при строительстве крупных каналов рекомендуется применять следующие строительные машины:

10 . . . 100 м — бульдозеры и погрузчики на гусеничных и колесных тракторах, шагающие драглайны, земснаряды и строительные экскаваторы (драглайны и обратные лопаты), многочерпаковые цепные и роторные экскаваторы;

от 100 до 1000 м — прицепные и самоходные скреперы, земснаряды, многочерпаковые цепные и роторные экскаваторы с транспортно-отвальной системой непрерывного действия, обеспечивающей подачу грунта в отвал, шагающие драглайны (при перемещении грунта до 200 . . . 300 м);

более 1000 м — экскаваторы с оборудованием прямая и обратная лопата, а также погрузчики в комплексе с автотранспортом, земснаряды, самоходные скреперы.

4. В условиях скальных и полускальных, а также глинистых и других связных грунтов весьма эффективен способ устройства выемки каналов взрывом на выброс. При технической возможности его применения он особенно эффективен в случае ограниченных трудовых ресурсов. При оценке экономической эффективности взрывного способа учитывают весь комплекс экономических факторов по методике приведенных затрат.

5. При строительстве крупных каналов в условиях безводной песчаной пустыни следует стремиться к максимальному использованию средств гидромеханизации с ведением воды за собой по пионерной прорези.

6. При устройстве выемки каналов средствами гидромеханизации целесообразно проводить опережающую разработку приоткосных секторов с отработкой откосов каналов экскаваторами, скреперами или бульдозерами и организовывать по образовавшимся параллельным каналам пропуск воды для земснарядов. Оставшееся ядро при этом дорабатывают земснарядами.

7. При устройстве выемки каналов в мелкозернистых барханных песках и в других несвязных грунтах и наличии соответствующих условий (достаточное количество воды, наличие на трассе естественных понижений для аккумулирования воды и складирования смываемого грунта) следует рассмотреть целесообразность применения способа саморазмыва.

8. В ряде случаев при прохождении канала по заболоченным или залитым водой участкам более эффективным, чем гидромеханизация, может оказаться применение крупных, например, шагающих драглайнов, работающих со специально устраиваемых грунтовых подушек, возвышающихся над уровнем воды на 1,5 . . . 2 м.

9. При разработке выемок каналов глубиной более 12...15 м возможно использование шагающих драглайнов вместимостью ковша

до 15 м³ при работе в отвал. Шагающие экскаваторы следует размещать на участках сосредоточения больших объемов земляных работ, обеспечивающих непрерывное использование экскаваторов в течение нескольких лет. При решении вопроса о применении этих машин следует учесть и перспективу дальнейшего их использования.

10. Эффективная обработка откосов каналов, устраиваемых экскаваторами драглайн в нескальных грунтах при наличии грунтовых вод в пределах выемки, достигается заглублением пионерной траншеи ниже дна канала на 0,5...1 м и организацией систематического водоотвода от забоя экскаватора.

11. Эффективные глубины разработки грунта скреперами вместимостью ковша 8 и 15 м³ составляют 10...12 м. В отдельных случаях допускается применять скреперы при разработке выемки каналов глубиной до 20...25 м.

12. При строительстве каналов в мягких связных грунтах в условиях отсутствия грунтовых вод в пределах выемки часть грунта до глубины 3...3,5 м следует разрабатывать бульдозерами по траншейной схеме.

13. При разработке выемки каналов в барханных сыпучих песках целесообразно применять бульдозеры на гусеничных тракторах мощностью 74 кВт и более при дальности перемещения грунта до 100 м. Экскаваторы драглайн в подобных условиях не рекомендуется использовать.

14. В условиях пустыни и полупустыни, где строительство осуществляется при значительном дефиците воды, дамбы каналов допускается устраивать из грунта не доведенного до оптимальной влажности. При этом ширину и высоту дамб увеличивают по сравнению с нормативной и определяют расчетным путем с учетом осадки грунта при замочке. Окончательные размеры дамб назначают после проведения опытных работ по уплотнению насыпи за счет замочки периметра опытного участка (отсека) канала при заполнении его водой.

15. Коэффициент перехода от профильных объемов выемки к рабочим при устройстве крупных каналов колеблется от 1,3 до 2, составляя для большинства каналов в среднем 1,5...1,6. С увеличением доли гидромеханизации и скреперных работ в общем объеме разработки грунта этот коэффициент уменьшается.

16. В рабочих объемах земляных работ на многих каналах от 30 до 50...60% общего объема приходится на бульдозерные работы.

17. При выборе схем механизации земляных работ для крупных каналов не следует ограничиваться только серийно выпускаемым оборудованием, надо рассмотреть целесообразность изготовления специальных мощных высокопроизводительных машин, обращая особое внимание на землеройные машины непрерывного действия.

18. При наличии условий для выполнения больших объемов земляных работ в течение длительного времени различными способами и комплексами строительных машин следует создавать специализированные на определенных видах земляных работ строительные подразделения (скреперные, экскаваторные, гидромехани-

зированные). В составе таких подразделений целесообразно организовывать комплексные бригады с оплатой за единицу конечной продукции — объем выемки и насыпи полного профиля канала.

19. При строительстве каналов большой протяженности работы целесообразно вести на нескольких участках при движении строительных потоков навстречу один другому.

20. Скреперные комплексы при технико-экономическом обосновании целесообразности их применения могут быть использованы на земляных работах круглый год, в том числе и зимой в условиях низких температур до минус 30°С при промерзании грунта на глубину более 1 м. Предварительное рыхление грунта перед разработкой рекомендуется проводить механическим (при глубине промерзания грунта до 0,8...1 м) и взрывным (при глубине промерзания более 1 м) способами. Разрыхленный грунт разрабатывают скреперами с помощью тракторов-толкачей. Наличие в грунте плоских комков размером до 0,5 м не препятствует загрузке и разгрузке большегрузных скреперов.

21. Дамбы канала из связных грунтов допускается возводить зимой при отрицательных температурах, что сокращает сроки строительства и повышает эффективность техники. В разрыхленном мерзлом грунте, используемом для возведения насыпей, содержание смерзшихся комков размером более 10...15 см не должно превышать $^1/_2$...$^1/_3$ толщины уплотняемых слоев (соответственно для тонких и мощных уплотняемых слоев). Допустимое количество мерзлого грунта в теле дамб канала указывают в проекте.

22. При строительстве крупных каналов в условиях песчаной пустыни в целях уменьшения заносов каналов песком при ветровой эрозии (как в процессе производства работ, так и в период эксплуатации) высоту кавальеров ограничивают пятью метрами, придавая внешним их откосам крутизну 1:6. Рекомендованные параметры в соответствующих условиях требуют корректировки.

23. Для выбора обоснованных решений по способам и технологическим схемам механизации крупномасштабных земляных работ в процессе разработки проекта рекомендуется проводить опережающие опытно-производственные работы на экспериментальных участках, желательно на трассе намеченного к строительству канала. Эти работы выполняются подразделениями генподрядной строительной организации по специальному проекту. Затраты на проведение опытных работ должны быть предусмотрены в расчетах стоимости проекта крупного канала.

Обобщенные рекомендации по применению землеройных, землеройно-транспортных машин и других способов разработки и транспортировки грунта при строительстве крупных каналов приведены в приложении 3, в котором нашли отражение только основные и характерные условия, встречающиеся при производстве земляных работ. При подборе землеройных машин для конкретного канала, кроме рекомендаций приложения, необходимо учитывать условия строительства, влияющие на выбор машин.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ КАНАЛОВ СКРЕПЕРНО-БУЛЬДОЗЕРНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ И ПОГРУЗЧИКАМИ

Скреперы и бульдозеры благодаря относительной простоте конструкции, большой мобильности и маневренности являются универсальными и высокопроизводительными землеройными машинами для массового применения при строительстве мелиоративных каналов. Они могут работать как самостоятельно, так и в комплексе с другими землеройными машинами.

Бульдозерные работы. При строительстве крупных мелиоративных каналов бульдозеры как самостоятельные машины могут выполнять следующие работы: срезку растительного слоя с площади выемки, основания дамб, резервов и кавальеров; разработку выемки каналов в нескальных грунтах до глубины 3...4 м, а в отдельных случаях, как это было на Каракумском канале, и до 10 м с перемещением грунта на расстояние до 100 м в отвалы и насыпи; возведение дамб каналов высотой до 1,5...2 м из грунта выемки и боковых резервов; зачистку недоборов по дну и откосам каналов после другой землеройной техники; планировку гребня и откосов кавальеров, периметра и берм каналов; перемещение грунта, разработанного другими землеройными машинами в постоянные и временные отвалы и возвращение его при необходимости обратно; послойное разравнивание грунта при устройстве насыпей дамб каналов; засыпку местных понижений; расчистку полосы отчуждения каналов от древесно-кустарниковой растительности и пней; формирование выездов (съездов) землеройно-транспортных машин.

На земляных работах бульдозеры, как правило, используют вместе с другими землеройными и землеройно-транспортными машинами. Так, бульдозеры могут быть использованы вместе со скреперами при отсыпке нижних слоев насыпи из притрассовых резервов или из грунта выемки. Ими может быть перемещен грунт, подвезенный скреперами или автомобилями-самосвалами, при отсыпке насыпей «с головы» в процессе устройства каналов на заболоченной или залитой водой местности, проведено разравнивание грунта и др.

На производительность бульдозеров оказывают влияние условия работы, вид грунта, степень квалификации машиниста и др.

Влияние этих условий на производительность бульдозеров изучалось отечественными учеными (Ю. Б. Дейнего и др.) и зарубежными специалистами (компания «Катерпиллар» и др.). Если принять за 100% производительность гусеничного бульдозера при хорошей квалификации машиниста в дневных условиях, то в дождь, туман, снежную погоду, а также в ночное время она снижается на 20%. При высокой квалификации машиниста она может повыситься на 10%, а при низкой — снизиться на 40%. При спаренной работе производительность бульдозеров повышается на 15...25%. При разработке ранее разрыхленного грунта производительность бульдозеров увеличивается примерно на 20% и уменьшается на 20...40% (по сравнению с разработкой грунта II...III групп) при разработке

Рис. 53. График изменения производительности бульдозеров при работе на уклоне.

скального или мерзлого, предварительно разрыхленного грунта.

Продольный уклон от 5 до 20% уменьшает производительность с 0,95 до 0,65 при работе вверх по уклону и увеличивает ее с 1,1 до 1,25 при работе под уклон (рис. 53).

Важным условием повышения производительности бульдозеров является использование рельефа местности и работа их под уклон. Наиболее оптимальные условия для их работы складываются при продольных уклонах 10...15%. Предельная крутизна откосов без анкеровки не должна превышать 30°. При работе бульдозеров отвал должен наполняться грунтом на расстоянии не более 6...8 м и за 12...15 с. В процессе устройства выемок каналов бульдозеры могут работать по траншейной и траншейно-комбинированной схемам.

При перемещении грунта на расстояние более 50 м эффективна спаренная и строенная работа бульдозеров. Производительность бульдозеров при этом повышается на 15...30%.

Разработка выемки каналов бульдозерами может проводиться в поперечном и продольном относительно оси канала направлениях. Для удобства работы бульдозеров при устройстве выемки каналов ширину их забоя по дну рекомендуется принимать 5—6 м и более, хотя эти машины могут работать в условиях, ограниченных шириной ножа отвала.

При устройстве выемки каналов бульдозеры могут работать и в комплексе с другими землеройными машинами на доработках дна и откосов. Точность работы бульдозеров на доработках, как правило, не превышает 5...7 см, хотя квалифицированные операторы достигают бóльшей точности.

Анализ выполнения бульдозерных работ в водохозяйственном строительстве показывает неравномерность их в течение года. Ориентировочное распределение годовой выработки бульдозеров по кварталам может быть принято: I — 16%, II — 30%, III — 32% и IV — 22%.

Для повышения производительности бульдозеров наряду с совершенствованием технологических схем на отвалах устанавливают открылки. На производительность существенно влияет и схема зарезания ножа бульдозера. При разработке легких и средних грунтов применяют клиновую схему, при которой вначале нож заглубляется на максимально возможную глубину и поднимается по мере разработки и перемещения грунта с полным выглублением к концу пути набора. В тяжелых грунтах обычно рекомендуется гребенчатая схема, отличающаяся от клиновой тем, что на пути набора грунта проводят 2...3 частичных выглубления ножа при перегрузках двигателя с последующими заглублениями его на максимально возможную глубину в зависимости от загрузки двигателя.

Скреперные работы. В последние годы скреперы получают все более широкое распространение при строительстве мелиоративных каналов. Работая, как правило, вместе с бульдозерами, скреперы срезают растительный слой с поверхности выемки и основания дамб, возвращают его обратно при рекультивации кавальеров, разрабатывают выемки и возводят насыпи дамб каналов. Степень использования скреперов зависит от климатических условий района строительства, вида и состояния грунтов, конфигурации выемки и насыпи, дальности транспортировки грунта и объема работ на объекте.

Учет конфигурации выемки и насыпи заключается в том, что размеры канала должны обеспечивать свободу маневрирования скрепера в пределах выемки и насыпи с учетом практического значения радиуса поворота (Ясинецкий, Фенин, 1975).

Для глубоких и широких выемок, что характерно для крупных каналов, эффективную глубину разработки скреперами устанавливают исходя из технико-экономических показателей. В подобных случаях может оказаться целесообразным зонирование выемки по глубине с применением для каждого диапазона глубин различных комплектов: в пределах первых 2...3 м — бульдозеров, ниже до 5...8 и 10...12 м соответственно прицепных и самоходных скреперов с различной вместимостью ковша, а для разработки остальной части выемки — одноковшовых экскаваторов с вывозом грунта транспортными средствами.

При устройстве участков канала в полувыемке и в насыпи следует обратить особое внимание на возможность использования скреперов как землеройно-транспортных машин, обеспечивающих послойную укладку грунта в профильную насыпь.

Наиболее перспективными районами применения скреперов являются юг и средняя полоса страны, хотя есть случаи применения их и на севере.

Значительные трудности возникают при разработке скреперами сухих сыпучих песков, а также тяжелых глинистых грунтов. Скреперы не могут быть использованы при устройстве выемки каналов в грунтах с крупными каменистыми включениями, при наличии в пределах выемки канала невыкорчеванных пней и крупных корней, в обводненных неосушенных забоях.

Для облегчения разработки песчаных грунтов и лучшего заполнения ковшей скреперов рекомендуются следующие мероприятия: увлажнение песчаного грунта; разработка грунта по гребенчатой схеме с последовательными заглублениями и подъемами ковша; использование тракторов-толкачей; набор грунта в ковш скрепера при работе на подъем в 2...3°; применение скреперов с элеваторной загрузкой ковша. Песчаный грунт целесообразно разгружать тонкими слоями, обеспечивающими лучшую проходимость скреперов по отвалам и лучшее их уплотнение.

При разработке песчаных грунтов самоходными скреперами для увеличения проходимости и повышения тягового усилия давление в шинах должно быть снижено.

Тяжелые грунты, трудно поддающиеся разработке скреперами, необходимо предварительно рыхлить плугами или тракторными рыхлителями, а в процессе разработки применять тракторы-толкачи. Рыхление грунта следует выполнять в объемах сменной производительности скреперной бригады на участке длиной примерно 500 м. Набор грунта в ковш скрепера при разработке глинистых грунтов рекомендуется проводить под уклон в 5...8°. Влияние погодных условий и степени подготовки скрепериста на производительность такое же, как и при бульдозерных работах.

Наиболее распространенные в мире и все серийно выпускаемые самоходные отечественные скреперы оборудованы одним двигателем и имеют открытый ковш фронтальной загрузки. Время загрузки самоходных скреперов зависит от мощности трактора-толкача. Число скреперов, обслуживаемых одним трактором-толкачом, определяется соотношением продолжительности циклов скрепера и трактора-толкача (табл. 2).

2. РЕКОМЕНДУЕМОЕ ЧИСЛО СКРЕПЕРОВ, ОБСЛУЖИВАЕМЫХ ОДНИМ ТРАКТОРОМ-ТОЛКАЧОМ

Дальность перемещения грунта, м	Прицепные скреперы		Самоходные скреперы	
	вместимостью ковша, м³			
	до 6	8 ... 10	8 ... 10	15
100	2	2	—	—
250	4	3	2	—
500	5	4	3	4...5
700	—	6	4	7...8
1 000 и более	—	—	6	9...12

Практика строительства каналов показала, что мощность тракторов-толкачей должна быть в 1,5...2 раза больше мощности основного тягача или равна ей.

Самоходные скреперы вместимостью ковша 8 и 15 м³ должны работать с тракторами-толкачами.

Замена тракторов-толкачей на менее мощные приводит к увеличению времени загрузки и снижению производительности скреперов.

При устройстве выемки каналов скреперами на непахотных и малоценных землях рекомендуется соблюдать оптимальную высоту кавальеров, определяемую с учетом максимальной производительности скреперов.

При уменьшении высоты кавальеров ширина их возрастает, а это приводит к увеличению дальности транспортировки грунта; с

увеличением высоты кавальеров в свою очередь также повышается продолжительность транспортных операций в основном за счет увеличения длины въезда и снижения скорости движения на подъем. Наибольшая производительность скреперов достигается при оптимальном соотношении высоты и ширины кавальеров. Высоту кавальеров при этом определяют по формуле (Ясинецкий, Фенин, 1975)

$$H_к = K_m \sqrt{\omega_к},$$

где $\omega_к$ — площадь поперечного сечения кавальера, м²; K_m — коэффициент, зависящий от заложения откосов въездов $m_в$.

$$K_m = 1 / 2 \sqrt[4]{1 + m_в^2},$$

$m_в$...	3	4	5	6	8	10	12	15
K_m...	0,40	0,35	0,31	0,29	0,25	0,22	0,20	0,19

Для средних условий при $m_в = 4...8$ значение K_m в расчетах можно принимать равным 0,3.

Рациональная высота кавальеров каналов, отсыпаемых на непахотных и малоценных землях, при площади поперечного сечения 10; 20; 30; 40; 50; 100; 150; 200 и 250 м² составляет соответственно 1; 1,5; 1,8; 2,1; 2,3; 3,3; 4; 4,6 и 5 м (Руководство по производству земляных работ скреперами. — М.: Стройиздат, 1976, 96 с.).

На участках канала, протрассированных по освоенной территории, размеры кавальеров, отсыпанных скреперами (ширина понизу и высота), а также полосы отчуждения для размещения кавальеров устанавливают технико-экономическими расчетами, учитывающими сельскохозяйственные и другие издержки.

Между бровкой канала и подошвой откоса кавальера на участках в выемке оставляют берму, ширину которой назначают из условий устойчивости откоса выемки, безопасности работ и удобства эксплуатации действующего канала в пределах 6 м, а на крупных каналах и больше.

Дальность транспортирования грунта скреперами в значительной степени зависит от вместимости ковша и транспортной скорости. Целесообразная дальность транспортирования грунта самоходными скреперами вместимостью ковша 8 м³ составляет 0,3...1,5 тыс. м, при 15 м³ — до 3 тыс. м, при 25 м³ — до 5 тыс. м; для прицепных скреперов вместимостью ковша до 6, 8, 10 и 15 м³ соответственно 100...350, 150...500, 300...800 и 0,5...1,5 тыс. м.

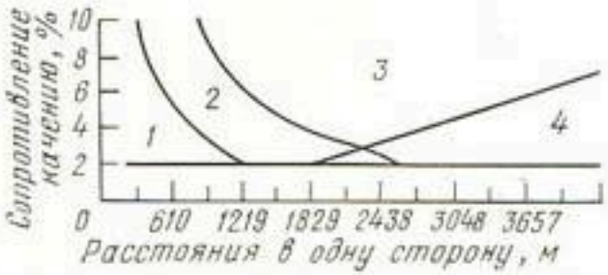

Рис. 54. Зоны эффективных условий работы самоходных скреперов и землевозов:

1, 2 — скреперы соответственно с элеваторной загрузкой ковша и с толкачом; 3, 4 — автомобили-землевозы с задней и донной разгрузкой.

Проработками специали-

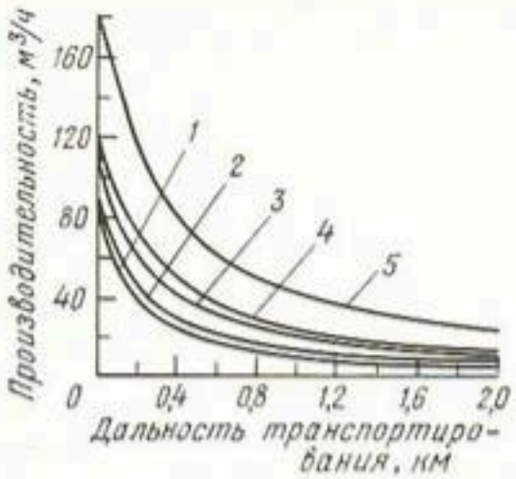

Рис. 55. Зависимость эксплуатационной среднечасовой производительности скреперов от дальности транспортирования грунта II группы:

1, 2, 3 — скреперы прицепные с ковшами вместимостью соответственно 8, 10 и 15 м³ без толкача; *4, 5* — скреперы самоходные с ковшами вместимостью 8 и 15 м³ с толкачом.

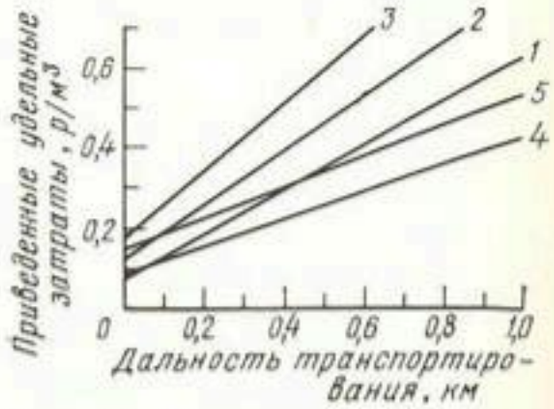

Рис. 56. Зависимость приведенных удельных затрат на разработку и перемещение грунта II группы прицепными и самоходными скреперами от дальности транспортирования грунта:

1, 2, 3 — скреперы прицепные с ковшами вместимостью соответственно 8, 10 и 15 м³; *4, 5* — скреперы самоходные с ковшами вместимостью 8 и 15 м³.

стов компании «Интернэшнл Харвестер» (International, 1975) установлены зоны экономичных условий работы самоходных скреперов вместимостью ковша не более 16,8 м³ в зависимости от дорожных условий и дальности перемещения грунта (рис. 54).

Средняя эксплуатационная производительность скреперов и приведенные удельные затраты на разработку грунта зависят от дальности транспортирования (рис. 55, 56) (Канторер, 1973).

Увеличение приведенных удельных затрат на разработку и перемещение грунта скреперами с бо́льшими вместимостями ковшей связано с производством большекубовых скреперов малыми сериями, а также высокой стоимостью этих машин. В то же время использование крупных скреперов ведет к повышению производительности труда, что имеет большое значение при ограниченных трудовых ресурсах.

Для облегчения подъема груженых скреперов на насыпь или спуска их к месту набора грунта устраивают прислонные въезды и съезды или оставляют перемычки. При выполнении работ по строительству каналов прицепными скреперами примерные расстояния между въездами (съездами) при глубине выемки (высота насыпи) 2...4, 5...7 и 8 м допускается принимать равными соответственно 50...60, 100 и 150 м.

Для самоходных скреперов перемычки или въезды (съезды) устраивают примерно через 300...400 м. При строительстве крупных каналов расстояния между въездами определяются в зависимости от местных условий проектами производства работ. Ширина въездов (съездов) при одностороннем движении скреперов должна быть не менее: 4 м — для скреперов вместимостью ковша до 6 м³,

4,5 м — до 10 м³, 5,5 м — более 10 м³. Нижнюю часть въездов уширяют до 5...7 м для обеспечения поворотов скрепера.

При необходимости разворота скреперов вместимостью ковша 8 м³ и более на возводимой насыпи ширина полосы должна быть не менее 15...20 м.

Наибольшие продольные уклоны въездов и съездов для прицепных и самоходных скреперов зависят от их типа и транспортных условий (табл. 3).

3. ПРЕДЕЛЬНЫЕ УКЛОНЫ ЗЕМЛЕВОЗНЫХ ДОРОГ ДЛЯ СКРЕПЕРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ДВИЖЕНИЯ И ТИПА ТРАКТОРА-ТЯГАЧА (СНиП III-8—76; руководство по производству земляных работ скреперами, 1976)

Тип трактора-тягача	С грузом		Без груза	
	подъем	спуск	подъем	спуск
Гусеничный	0,15	0,25	0,17	0,30
Колесный	0,12	0,20	0,15	0,25

По отношению к продольной оси канала или насыпи дамбы въезды и съезды располагают: в поперечном направлении — прямыми, в продольном — прислонными. Оси прислонных съездов рекомендуется размещать под углом 25...40° к оси насыпи.

Многолетней практикой скреперных работ установлены рациональные схемы движения скреперов: кольцевая, спиральная, восьмеркой, по зигзагу (змейкой), челночно-поперечная, челночно-продольная (табл. 4).

Ориентировочная область применения скреперов с ковшами различных вместимостей при строительстве мелиоративных каналов зависит от их параметров (табл. 5).

Разработку выемки каналов глубиной более 3...5 м целесообразно проводить ярусами, применяя на каждом из них соответствующую схему.

Учитывая, что отечественной промышленностью осваиваются мощные высокопроизводительные самоходные скреперы вместимостью ковша 25 м³, В/О «Союзводпроект» разработало ряд технологических схем устройства этими машинами крупных мелиоративных каналов глубиной более 10...15 м в мягких грунтах при отсутствии грунтовых вод в пределах рабочего сечения. В этих схемах разработка грунта намечена по способу, суть которого сводится к тому, что набор грунта осуществляется при движении скреперов сверху вниз по торцевому откосу выемки канала, формируемому с заложением от 1:9 до 1:10.

Достаточная ширина крупных каналов позволяет скреперам осуществлять разворот на дне и выезд по торцевому откосу. При большой глубине канала и значительной протяженности торцевого откоса развороты скреперов целесообразно устраивать в пределах

4. РАЦИОНАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СХЕМ ДВИЖЕНИЯ СКРЕПЕРОВ ВМЕСТИМОСТЬЮ КОВША 8 м³ И БОЛЕЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ ГЛУБИНОЙ ДО 8...10 М

Схема движения скрепера	Глубина канала или высота насыпи, м	Область применения
Кольцевая и восьмеркой	4...5 4...8	Возведение насыпей из грунта боковых резервов и разработка выемки каналов с отсыпкой грунта в насыпь или кавальер
Змейкой	2,5...6	Возведение насыпей канала из грунта односторонних и двухсторонних резервов при длине захватки 200 м и более
Спиральная	До 2,5	Возведение широких насыпей из грунтов двухсторонних резервов и разработка широких выемок с укладкой грунта в кавальеры. Работы выполняют без устройства въездов и съездов
Челночно-продольная	До 5...6	Возведение насыпей с откосами не круче 1 : 2 из грунтов двухсторонних резервов, разработка выемки каналов с перемещением грунта в двухсторонние кавальеры
Челночно-поперечная	До 1,5	То же, а также при планировочных работах. Эта схема применима при большой ширине выемок, соизмеримых с длиной пути набора грунта

Примечания. 1. Производительность скреперов при движении по схеме восьмерка на 3...5% выше, чем при кольцевой схеме, при движении змейкой — на 15% и при челночно-поперечной схеме — на 20...25%. — 2. При использовании скреперов вместимостью ковша 15 и 25 м³ глубина разработки может быть увеличена до 10—12 м, а в отдельных случаях и более.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СКРЕПЕРОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ И УДЕЛЬНЫХ ОБЪЕМАХ ВЫЕМКИ КАНАЛОВ (Руководство по производству земляных работ скреперами, 1976)

Ширина канала по дну, м	Глубина канала, м	Проектный объем грунта на 1 м длины канала, м³	Вместимость ковша, м³
3...6	До 8	До 200	7...10
8...10	5...10	150...400	10...15
10...15 и более	8...10 и более	300...3 000	15...25

торцевого откоса на горизонтальных полках шириной не менее 20 м (рис. 57). Использование торцевых откосов позволяет исключить работы по устройству въездов и съездов. Указанный способ в отличие от разработки грунта горизонтальными слоями обеспечивает хорошее перемешивание грунта при разработке выемки или резерва, что имеет большое значение при возведении высококачественных насыпей. Данную схему работы скреперов целесообразно применять для работы скреперов вместимостью ковша 8; 15 и 25 м³.

Наиболее прогрессивной формой организации труда на земляных работах, выполняемых скреперами в специализированных уп-

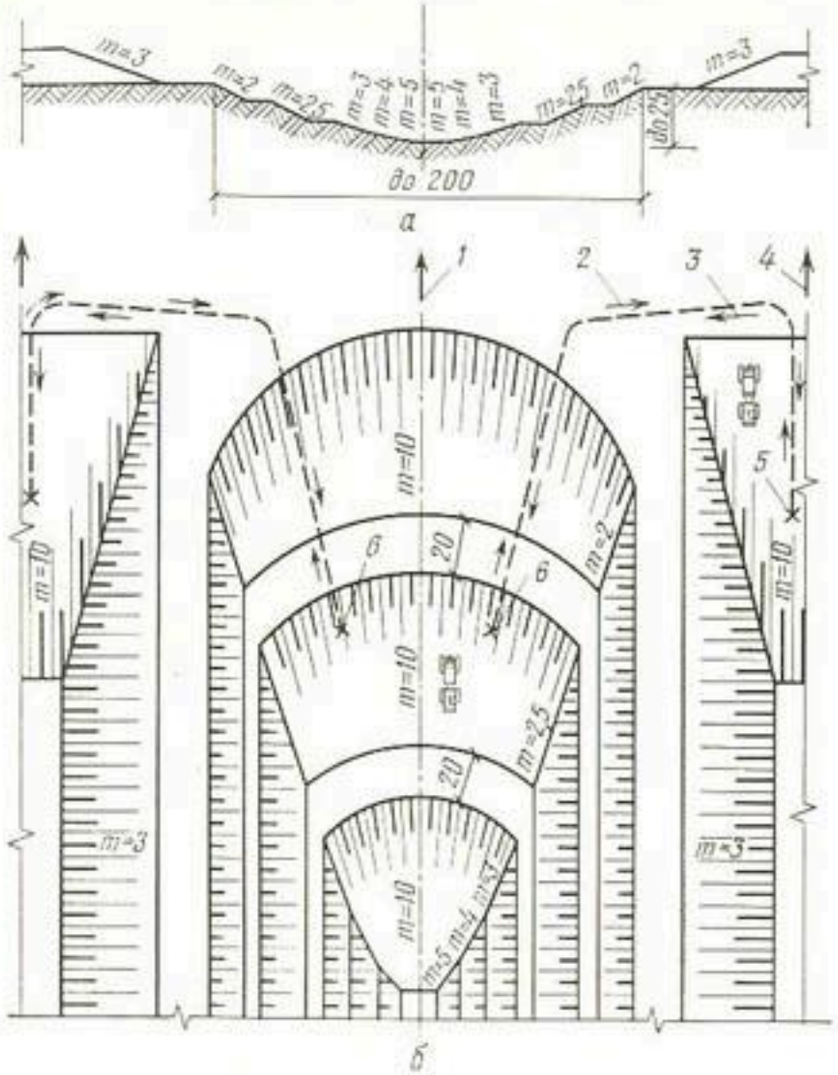

Рис. 57. Схема разработки крупного канала в выемке самоходными скреперами с ковшами вместимостью 25 м³:

а — поперечное сечение канала в выемке; *б* — схема производства работ; *1* — направление разработки канала; *2, 3* — путь движения груженых и порожних скреперов; *4* — направление отсыпки кавальера; *5, 6* — центры тяжести отвалов и скреперной разработки. (Размеры в м.)

равлениях и трестах механизации, являются хозрасчетные бригады, входящие в состав скреперных участков. В состав участков, кроме скреперов, входят также тракторы-толкачи, автогрейдеры, бульдозеры и передвижные ремонтные мастерские. При комплектовании участка кадрами механизаторов необходимо учитывать двухсменную работу механизмов.

Главное преимущество скреперных бригад — широкие возможности повышения производительности, снижения трудовых затрат и улучшения качества работ за счет лучшего использования техники, сокращения числа комплектующих машин, специализации скреперов на выполнении определенных видов работ, введения системы бригадного подряда с оплатой за объем полного профиля канала.

Передовой опыт организации скреперных работ в специализированных трестах механизации показывает, что при транспортировании грунта на расстояние от 500 до 3 тыс. м целесообразно использовать скреперы за счет сокращения экскаваторных работ.

Работы погрузчиками. В последние годы в практике гидротехнического строительства намечается тенденция использования одноковшовых фронтальных погрузчиков на землеройно-транспортных и землеройно-погрузочных работах при разработке выемки каналов, устройстве дамб и плотин. Хотя в нашей стране серийно выпускаются одноковшовые фронтальные погрузчики на пневмоколесном и гусеничном ходу грузоподъемностью до 4 т, они еще не получили распространения в строительстве мелиоративных каналов. Основной областью их применения пока остаются погрузочные работы на карьерах и складах сыпучих материалов.

Учитывая перспективность использования погрузчиков на земляных работах при строительстве мелиоративных каналов, В/О

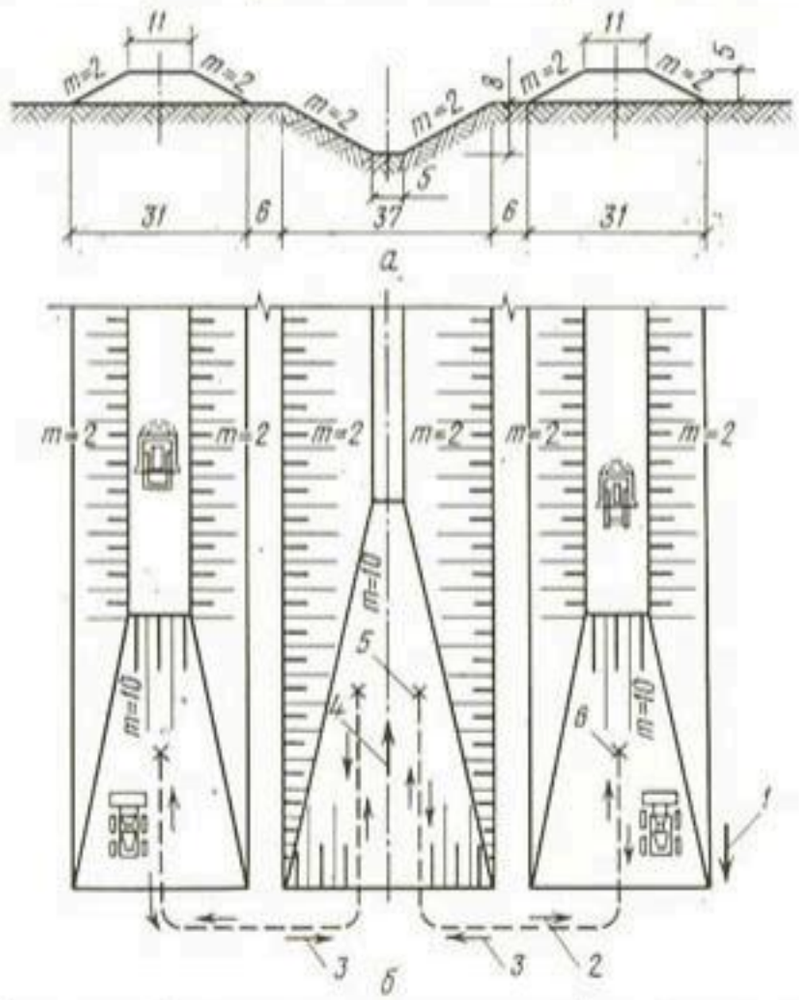

Рис. 58. Схема разработки канала одноковшовыми фронтальными погрузчиками мощностью 239 кВт:

а — поперечное сечение канала в выемке; *б* — схема производства работ; *1* — направление разработки канала и отсыпки кавальеров; *2, 3* — путь движения груженых и порожних погрузчиков; *4* — направление движения погрузчиков при наборе грунта; *5, 6* — центры тяжести забоя и отвалов. (Размеры в м.)

«Союзводпроект» разработаны технологические схемы механизации земляных работ с применением одноковшовых фронтальных погрузчиков в качестве землеройно-транспортных машин. Они самостоятельно выполняют земляные работы при строительстве крупных каналов в нескальных грунтах и при отсутствии грунтовых вод или эффективном осушении забоя.

В разработанных схемах пневмоколесные погрузчики работают под уклон «лобового» забоя, перемещая грунт на расстояние до 120 м в двухсторонние кавальеры (рис. 58). При разработке грунта в движении под уклон увеличиваются тягово-сцепные характеристики и сокращается время наполнения ковша.

При строительстве каналов в выемках с глубиной более 8...10 м погрузчики целесообразно использовать вместе с автомобилями-

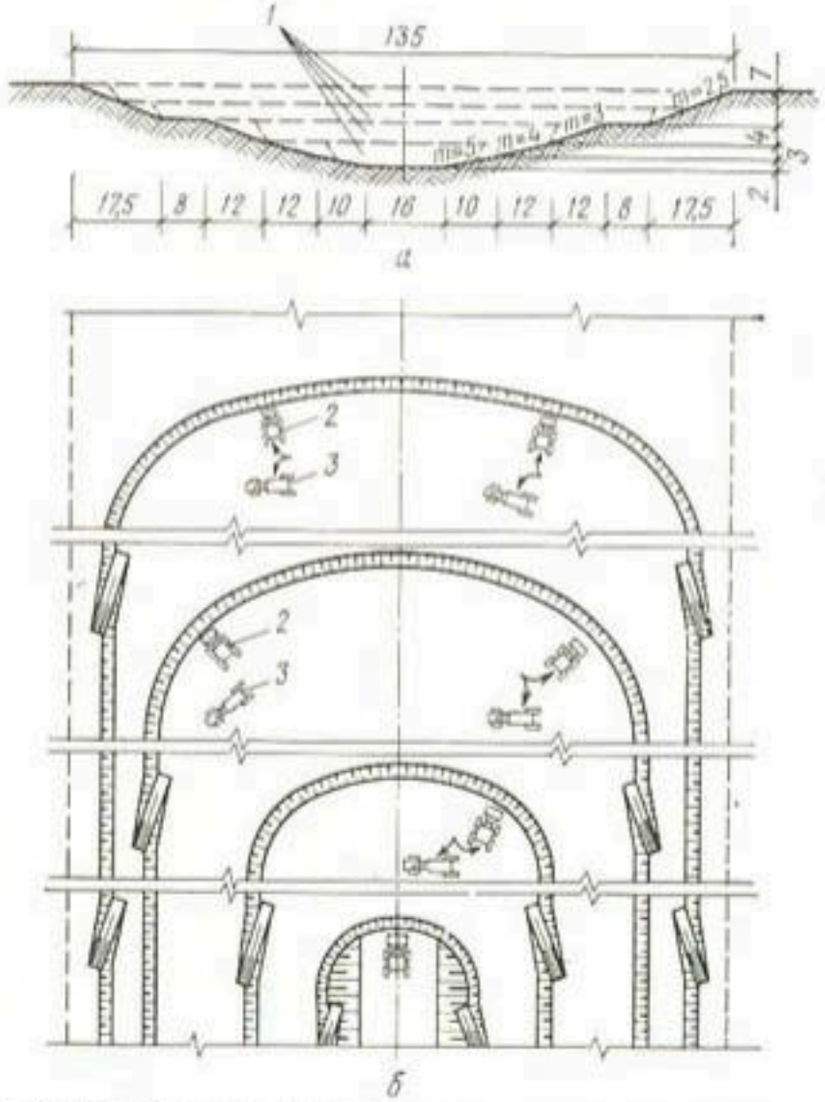

Рис. 59. Схема разработки крупного канала в выемке одноковшовыми пневмоколесными погрузчиками мощностью 239...405 кВт в комплексе с автомобилями-землевозами:

а — поперечное сечение канала в выемке; *б* — схема производства работ; *1* — ярусы разработки; *2* — погрузчик; *3* — автомобиль-землевоз. (Размеры в м.)

землевозами (рис. 59). Это вызвано тем, что эффективность погрузчиков, эксплуатируемых в режиме землеройно-транспортных машин, ограничивается дальностью транспортирования грунта в пределах до 150...200 м. При подборе землевозного транспорта к погрузчику рекомендуется соблюдать соотношение грузоподъемности погрузчика и землевоза от 1:3 до 1:5.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ КАНАЛОВ ЭКСКАВАТОРАМИ ЦИКЛИЧНОГО И НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Одноковшовые экскаваторы цикличного действия широко применяют при строительстве мелиоративных каналов. Наибольшее распространение в отечественной практике получили строительные экскаваторы с оборудованием драглайн. При сооружении каналов в выемках с глубиной, значительно превышающей наибольшую глубину копания строительных драглайнов, при соответствующем технико-экономическом обосновании применяют шагающие экскаваторы. Альтернативным решением может быть разбивка выемки на ярусы и проходки в соответствии с рабочими параметрами применяемых экскаваторов. Ярусы выемки разрабатывают экскаваторами с оборудованием драглайн, обратная или прямая лопата, вывоз грунта в кавальеры осуществляется землевозным транспортом.

Наивысшая производительность экскаваторов цикличного действия достигается при работе в отвал. При погрузке на транспорт производительность снижается примерно на 10...15% против работы в отвал. Это справедливо для условия, когда обеспечена ритмичная работа автотранспорта. Практически при работе экскаваторов с транспортными средствами часто наблюдаются потери времени из-за простоев экскаваторов в ожидании автотранспорта.

При разбивке яруса (уступа) на проходки ширину каждой экскаваторной проходки рекомендуется принимать равной или несколько меньшей наибольшего радиуса резания экскаватора.

Строительство каналов экскаваторами драглайн. Основными типами забоев при строительстве каналов драглайнами являются лобовой (торцевой) и боковой. При разработке грунта боковыми забоями ось проходки экскаватора может находиться как в пределах разрабатываемого массива, так и за его пределами.

К преимуществам бокового забоя относится возможность более полного использования рабочих параметров экскаваторов при перемещении грунта на бо́льшие расстояния, чем при работе лобовым забоем. Однако ширина проходок, разрабатываемых при боковом забое, по верху выемки практически не превышает наибольшего радиуса резания, составляя в большинстве случаев 0,7...0,8 его значения, а глубина забоев не превышает 0,75 наибольшей глубины резания. Наибольшее применение боковые забои находят при разработке по бестранспортной схеме широких выемок в несколько проходок, когда требуется свести до минимума переэкскавацию грунта.

При работе лобовыми забоями ось перемещения экскаватора находится в пределах его забоя, и разработка грунта ведется с наименьшим поворотом стрелы в плане. Выемки шириной поверху от 1,5 до 2 значений наибольшего радиуса резания целесообразно разрабатывать лобовыми забоями с перемещением экскаватора по зигзагу.

При работе драглайнов с укладкой грунта в насыпи и отвалы угол поворота стрелы экскаватора в плане обычно составляет: при сооружении выемок 90...120°, в отдельных случаях и более, при возведении насыпей, как правило, не более 90°. При погрузке на транспортные средства, подаваемые к экскаватору в одном уровне с его подошвой, угол поворота стрелы драглайнов при экскавации в плане обычно составляет 70...180°.

Глубина разработки каналов экскаваторами драглайн вместимостью ковша до 3 м³ обычно не превышает 20,5 м (табл. 6).

6. ГЛУБИНА РАЗРАБОТКИ КАНАЛОВ ЭКСКАВАТОРАМИ ПРИ БОКОВОЙ И ЛОБОВОЙ ПРОХОДКАХ (Справочник по общестроительным работам, 1975)

Вместимость ковша, м³	Длина стрелы, м	Угол наклона стрелы к горизонту, °	Глубина разработки при проходке, м	
			боковой	лобовой
0,65	10,0	30...45	4,4...3,8	7,3...5,6
	13,0		6,6...5,9	10...7,8
1	13,0	30...45	5,8...4,9	9,5...7,4
	16,0		8,0...7,1	12,2...9,6
1,5...3	17,5	30...45	9,3...6,5	13...10,2
	25,0		14...12,5	20,5...16,6

При строительстве мелиоративных каналов с удельными объемами выемки более 20...30 м³ экскаваторами драглайн возникает проблема перемещения отвалов выемки в пределы контура постоянных кавальеров. В отдельных случаях при разработке переувлажненных глинистых грунтов, обладающих плохой водоотдачей, практически невозможно перемещать экскаваторные отвалы бульдозерами в течение длительного (иногда до года) времени. Продолжительное выдерживание грунта во временных отвалах до состояния, допускающего перемещение его бульдозерами, нецелесообразно, так как при этом значительно возрастают сроки строительства каналов. Не всегда у строителей имеются бульдозеры с уширенным гусеничным ходом. В этих условиях для ускорения строительных работ и ввода каналов в эксплуатацию в расчетные сроки строители вынуждены ставить драглайны на перекидку грунта в постоянные кавальеры. При решении рациональной технологии земляных работ по конкретным каналам в подобных условиях наряду с подбором землеройной

техники и экономичной технологии при определении стоимости работ приходится решать вопрос о числе перекидок грунта.

В институте «Кубаньгипроводхоз» при участии одного из авторов книги П. П. Чаталбашева разработан алгоритм решения задачи по выявлению средневзвешенного числа перекидок грунта экскаваторами с помощью ЭВМ. Многократное использование этой программы и сопоставление результатов машинного расчета с ручным показало, что расчеты средневзвешенного числа перекидок грунта при устройстве мелиоративных каналов и коллекторов экскаваторами драглайн в условиях переувлажненных глинистых грунтов с достаточной для практических целей точностью можно выполнить на ЭВМ.

В условиях неоднократных перекидок грунта экскаваторами следует выявить расчетный угол поворота экскаватора от центра тяжести забоя до отвала, так как значение этого угла при нескольких перекидках оказывает существенное влияние на число перекидок. С достаточной для практических расчетов точностью для экскаваторов драглайн вместимостью ковша до 1,5 м³ угол можно принять равным: при совмещении оси проходки экскаватора с нижней бровкой откоса — 120°; при совмещении оси проходки экскаватора с верхней бровкой откоса — 136°; при расположении оси проходки вне экскаваторного забоя — 144°.

Для ориентировочных расчетов угол поворота стрелы драглайна для всех забоев можно принять единым и равным 135°. (Приведенные рекомендации справедливы для сравнительно небольших сечений выемок по ширине и глубине.)

Влияние угла поворота стрелы экскаватора в плане и глубины забоя на производительность экскаваторов изучалось отечественными учеными (А. Д. Брудастов, А. Д. Аверин, Ю. А. Ветров и др.) и зарубежными специалистами (табл. 7).

7. ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАБОЯ И УГЛА ПОВОРОТА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭКСКАВАТОРА (RAHCO, 1978)

Глубина забоя, % оптимальной	Угол поворота от забоя до отвала, °						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0,93	0,89	0,85	0,80	0,72	0,65	0,59
50	1,01	0,96	0,91	0,85	0,76	0,69	0,63
60	1,10	1,03	0,96	0,91	0,81	0,73	0,66
80	1,22	1,12	1,04	0,98	0,86	0,77	0,69
100	1,26	1,16	1,07	1,00	0,88	0,79	0,71
120	1,20	1,11	1,03	0,97	0,86	0,77	0,70
140	1,12	1,04	0,97	0,91	0,81	0,73	0,66
150	1,08	1,00	0,92	0,87	0,77	0,70	0,64
160	1,03	0,96	0,90	0,85	0,75	0,67	0,62

Влияние погодных условий и степени подготовки машиниста экскватора на производительность, по наблюдениям специалистов

США, примерно такое же, как и при бульдозерных и скреперных работах.

Вопрос о применении лобового или бокового забоев при устройстве мелиоративных каналов драглайнами решается в каждом конкретном случае в проектах организации строительства и производства работ.

Строительство каналов экскаваторами с оборудованием прямая лопата. Такие экскаваторы применяют при разработке выемки каналов, когда использование драглайнов или других землеройных машин нецелесообразно или затруднено. Конструктивные особенности прямой лопаты не позволяют применять этот вид оборудования на работах с отсыпкой грунта в отвал. Только в отдельных случаях, например при необходимости предварительного рыхления грунта перед разработкой другим землеройным оборудованием, экскаваторы с оборудованием прямая лопата используют на работах в отвал, в большинстве же случаев они работают с землевозным транспортом.

Лобовые (торцевые) экскаваторные забои могут быть: узкими, шириной поверху от 0,8 до 1,5 наибольшего радиуса резания; нормальной ширины — от 1,5 до 1,8 наибольшего радиуса резания; широкими, превышающими удвоенное значение наибольшего радиуса резания.

В узких забоях транспортные средства подают по подошве забоя с одной стороны сзади экскаватора. Однако более рациональным в этих условиях является размещение подъездных путей выше уровня стоянки экскаватора параллельно оси его проходки. В этом случае автомобили-самосвалы и автомобили-землевозы не теряют времени на развороты и движение задним ходом; предельный угол поворота платформы экскаватора не превышает 120°, что увеличивает его производительность. В забоях нормальной ширины транспортные средства, как правило, размещаются на подошве забоя экскаватора попеременно с двух сторон от оси его проходки. Такая схема исключает простои экскаватора при смене землевозов.

Для лучшего использования рабочих параметров экскаваторов и уменьшения недоборов грунта экскаваторы устанавливают в забое таким образом, чтобы расстояние от оси вращения до бокового откоса забоя было несколько меньше наибольшего радиуса резания. Высота забоя прямой лопаты, как правило, не должна превышать наибольшую высоту резания. В отдельных случаях, когда в процессе экскавации ожидается осыпание или самообрушение грунта, допустимо небольшое увеличение высоты забоя.

Когда параметры забоя не могут удовлетворить этим требованиям и высота забоя оказывается больше максимальной высоты резания экскаватора, необходимо принять меры для обрушения козырьков верхней части забоя.

Транспортные средства в забое экскаваторов устанавливают таким образом, чтобы средний угол поворота платформы экскаватора от центра тяжести забоя до автомобиля-самосвала или автомобиля-землевоза находился в пределах 60...65° и не превышал 80...90°.

Недоборы грунта при экскавации против заданной отметки не должны превышать 0,2 м для экскаваторов вместимостью ковша до 1,25 м³ и 0,3 м для экскаваторов вместимостью 1,25...3 м³. При работе экскаваторов с гидроприводом недоборы грунта сокращаются на 30...40%. Разработку недоборов в зависимости от конкретных условий строительства проводят землеройным и землеройно-транспортным оборудованием.

При работе экскаваторов в узком лобовом забое и необходимости подачи транспортных средств по подошве забоя автомобили подают задним ходом и устанавливают под погрузку экскаватора при угле поворота его платформы до 120...130°.

Подача автотранспорта задним ходом рекомендуется на расстояние не более 75...80 м. При бóльших расстояниях подачи следует рассмотреть возможность устройства на подошву забоя дополнительных съездов или площадок для разворота транспорта.

Грузоподъемность землевозных автотранспортных средств зависит от вместимости ковша экскаватора и дальности транспортирования грунта (табл. 8).

8. РАЦИОНАЛЬНАЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ (т) АВТОМОБИЛЕЙ-САМОСВАЛОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВМЕСТИМОСТИ КОВША ЭКСКАВАТОРА И ДАЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГРУНТА (СНиП III-8—76)

Дальность перемещения грунта, км	Вместимость ковша экскаватора, м³					
	0,65	1	1,25	1,6	2,5	4,6
0,5	4,5	7	7	10	—	—
1,0	7	10	10	10	12	27
1,5	7	10	10	12	18	27
2,0	10	10	12	18	18	27
3,0	10	12	12	18	27	40
4,0	10	12	18	18	27	40
5,0	10	12	18	18	27	45

При выборе типа автомобиля-самосвала необходимо учитывать тип и состояние дорог и искусственных сооружений на них. При вместимости ковша экскаватора 0,65, 1...1,6, 2,5 и 4,6 м³ наименьшая грузоподъемность автомобилей-самосвалов составит соответственно 4,5, 7...10, 12 и 27 т.

При перевозке земляных масс на расстояние до 4 км число автомобилей самосвалов, обслуживающих один экскаватор, в зависимости от вместимости ковша и грузоподъемности транспортных средств колеблется от 3...4 до 10...11 (табл. 9). Расчетное число транспортных средств должно быть увеличено с учетом среднего коэффициента выхода автомобилей из парка.

Для выполнения объема земляных работ до 20 тыс. м³ в месяц рекомендуется применять экскаваторы вместимостью ковша 0,5...0,65 м³, при 20...60 тыс., 60...100 тыс. и более чем 100 тыс. м³ соответственно 1...1,25, 2 и 2...4,6 м³ (Моисеев, Шайтанов, Якобсон,

9. СРЕДНЕЕ ЧИСЛО АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОДНОГО ЭКСКАВАТОРА

Вместимость ковша, м³	Дальность транспортирования, км	Число автомобилей-самосвалов грузоподъемностью			
		4,5 т	7 т	12 т	27 т
1,0	0,5	6	4	3	—
	1,0	8	6	3	—
	1,5	11	7	5	—
	2,0	13	9	6	4
	4,0	17	11	9	7
2,0	0,5	—	—	4	3
	1,0	—	—	7	3
	1,5	—	—	9	5
	2,0	—	—	10	5
	4,0	—	—	15	6
3,0	0,5	—	—	—	3
	1,0	—	—	—	4
	1,5	—	—	—	5
	2,0	—	—	—	6
	4,0	—	—	—	8
4,6	0,5	—	—	—	5
	1,0	—	—	—	6
	1,5	—	—	—	7
	2,0	—	—	—	9
	4,0	—	—	—	11

1976). При объемах земляных работ более 2...3 млн. м³ целесообразно применение шагающих драглайнов.

Строительство каналов экскаваторами непрерывного действия. В отечественной и мировой практике строительства крупных каналов экскаваторы непрерывного действия пока не получили широкого распространения. Имеются лишь единичные случаи их применения, например на строительстве каналов Иртыш—Караганда, Днепр—Кривой Рог, Шерабадском и др.

При строительстве каналов за рубежом в последнее время применяют бесстреловые высокопроизводительные машины непрерывного действия с рабочими органами роторного и фрезерного типов. По принципу работы эти машины в некоторой степени сходны с отечественной землеройно-фрезерной машиной, но в отличие от нее некоторые землеройные комплексы, например «Рахко», имеют самоходные ленточные конвейеры и отвалообразователь, обеспечивающие транспортирование и укладку грунта в кавальеры, отстоящие от забоя машины на 300...400 м и более.

Для строительства крупных каналов компания «Рахко» предполагает изготавливать землеройный комплекс производительностью 2 ... 4 тыс. м³/ч. Самоходные ленточные конвейеры и отвалообразователи этого землеройного комплекса без снижения производительности могут перемещать грунт вверх и вниз по уклону до 15...20%. При необходимости подачи грунта с уклоном от 20 до 45% применяют специальные приспособления для удержания грунта на ленте от соскальзывания.

При строительстве крупных каналов со значительными глубинами и большими удельными объемами работ представляется целесообразным использование многоковшовых цепных экскаваторов типа выпускаемых в ГДР объединением народных предприятий «ТАКРАФ». Эти экскаваторы предназначены для вскрышных работ на карьерах, где они успешно эксплуатируются несколько десятилетий и при небольших конструктивных изменениях могут быть использованы на строительстве крупных мелиоративных каналов.

Многоковшовые цепные экскаваторы можно с успехом использовать в южных районах и в средней полосе нашей страны, то есть в условиях с относительно короткой и мягкой зимой. Работа этих машин в промерзающем на большую глубину забое затруднена в связи с относительно небольшими усилиями резания грунта ковшами цепи, вероятностью возникновения вибрации и снижения производительности.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ КАНАЛОВ СРЕДСТВАМИ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

Целесообразность применения земснарядов на строительстве крупных мелиоративных каналов определяется следующими основными факторами: геологическими и гидрогеологическими условиями (если грунты выемки представлены мягкими породами, а значительная часть разрабатываемых грунтов залегает ниже уровня грунтовых вод); достаточным количеством воды; наличием электроэнергии для работы электрических земснарядов, заболоченных участков и водных акваторий на трассе.

При выборе типа земснаряда необходимо учитывать объемы работ и сроки их выполнения, условия разработки и дальность транспортирования грунта, а также соображения организационного порядка (возможность доставки и применения на строительстве дизельных или электрических земснарядов, а также перспективы последующего использования их после строительства канала). Предварительный выбор типа и числа земснарядов при строительстве каналов зависит от сезонного объема работ (табл. 10).

10. ВЫБОР ЗЕМСНАРЯДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЗОННЫХ ОБЪЕМОВ РАБОТ

Объем земляных работ за сезон, млн. м³	Рекомендуемое число земснарядов типа		
	100-40	300-40; 350-50; 400-70	500-60
0,5	2	1	—
1	4	2	—
2	—	3	2
5	—	—	4
10	—	—	8

Окончательный выбор числа и типа земснарядов проводят при составлении проекта организации строительства путем сравнительных технико-экономических расчетов.

Опыт строительства показал, что чем крупнее земснаряд, тем выше его технико-экономические показатели. При выборе типа земснарядов необходимо учитывать ряд обстоятельств, влияние которых на экономические показатели работы установить трудно: намыв узкопрофильных сооружений крупными земснарядами вести сложно; они неудобны для выполнения рассредоточенных объемов работ даже в том случае, если общий объем работ велик; обеспечение энергией одного крупного земснаряда по условиям включения может оказаться значительно сложнее, чем нескольких снарядов с той же суммарной мощностью; при необходимости работы на малых глубинах, а также для выполнения узких прорезей применение крупных земснарядов вызывает определенные трудности; для обслуживания крупных земснарядов требуется более квалифицированный персонал.

Разработка профильных выемок обычно осуществляется прорезями, ширина которых определяется проектом. Для обеспечения нормального папильонирования земснарядов типа 100-40 и разворота плавучего пульповода ширина прорези по урезу воды должна быть не менее 30 м, для типа 300-40 и 350-50Л — не менее 35 м, для типа 500-60 — не менее 45 м.

При разработке земснарядами подводных выемок получаемые временные откосы впоследствии уполаживают до заложения естественного откоса данного грунта под водой. В связи с этим планировку подводных откосов профильных выемок, разработанных земснарядами, обычно не проводят. Крутизна подводных откосов в несвязных грунтах при разработке выемок земснарядами зависит от типа грунта (табл. 11).

11. КРУТИЗНА ПОДВОДНЫХ ОТКОСОВ В НЕСВЯЗНЫХ ГРУНТАХ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ЗЕМСНАРЯДАМИ

Грунт	Крутизна откоса	
	в стоячей воде	в текущей воде
Песчано-гравийный	1 : 1,5...1 : 2	1 : 2...1 : 2,5
Мелко- и среднезернистый песок	1 : 3...1 : 3,5	1 : 4...1 : 6
Тонкозернистый песок	1 : 4...1 : 5	1 : 5...1 : 6

При разработке подводных забоев высота их лимитируется возможной глубиной разработки для данного земснаряда.

Наименьшая глубина разработки ниже уровня воды для земснаряда с подачей по воде 801...1 000 м³/ч составляет 1,8 м, 1 001...2 000 м³/ч — 2,5 м, 2 001...3 500 м³/ч — 3,5 м, 3 501...7 500 м³/ч — 5 м и более 7 500 м³/ч — 6 м (СНиП III-8—76).

На интенсивность разработки грунта земснарядами влияет высота забоя. Оптимальные общие высоты подводного и надводного

забоев для различных типов земснарядов, работающих с рыхлителями, рекомендуется принимать следующими: для типов 100-40 — 4 м; 300-40 и 350-50Л — 6 м и для типа 500-60 — 8 м.

Для крупных земснарядов высота надводных забоев не должна превышать 4...5 м, особенно если надводный забой сложен из связных грунтов, дающих при подмыве нависающие «козырьки».

Если имеется реальная угроза образования «козырьков», в носовой части крупных земснарядов должны быть установлены гидромониторы для обрушения размывом грунта в надводной части забоя.

Если глубина выемки от уреза воды превышает максимальную глубину разработки грунта, последнюю проводят в несколько ярусов при условии, что возможно понижение уровня воды в выемке. При этом глубину погружения грунтозаборного устройства земснаряда увязывают с высотой одного яруса.

При разработке профильных выемок важное значение имеют допуски на точность производства работ земснарядами по длине, ширине по дну и глубине выемки. Переборы по откосам и дну каналов, подлежащим креплению после предварительной откачки воды, недопустимы.

В случае разработки неукрепляемых каналов или каналов, укрепляемых каменной наброской в воду, недоборы по дну недопустимы. Допустимые переборы по дну должны быть учтены при составлении проекта сооружения (табл. 12).

12. ДОПУСТИМЫЕ ПЕРЕБОРЫ ПО ДНУ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАНАЛОВ ЗЕМСНАРЯДАМИ (СНиП III-8 — 76)

Подача по воде, м³/ч	Наименьшая толщина защитного слоя грунтов, м		Допустимые отклонения, м		
	несвязных	связных	по длине и ширине выемок по дну и откосам (на каждой стороне выемки)	от проектной отметки защитного слоя	переборы дна каналов (в среднем)
Более 7 500	2	1,1	±2,0	±0,9	0,9
3 501...7 500	1,5	0,9	±1,8	±0,7	0,6
2 001...3 500	1,25	0,7	±1,5	±0,5	0,5
1 001...2 000	1	0,5	±1	±0,3	0,3
801...1 000	0,7	0,5	±0,8	±0,3	0,3

Допустимые отклонения установлены для условий разработки подводных выемок папильонажными снарядами с применением в качестве рабочего органа механической фрезы.

В практике строительства каналов способом гидромеханизации применяют оборотное водоснабжение в тех случаях, когда дебит естественных источников, используемых для водоснабжения земснарядов, оказывается недостаточным.

В общем балансе воды, возвращающейся в выемку с карт намыва, следует учитывать приток грунтовых вод. Данные о возможном их дебите устанавливают при изысканиях. При работе на водообороте надо помнить, что вода, поступающая с карт намыва, содержит большое количество взвешенных мелких частиц грунта, которые заиляют выемку.

Объем работ на повторную переработку грунта, поступающего со сбросной водой в выемку канала, определяется проектом на основании сведений о гранулометрическом составе грунта выемки, технологии намыва и др.

При разработке земснарядами каналов шириной по дну до 20 м и средней глубиной 7...8 м выемку, как правило, ведут одной про-

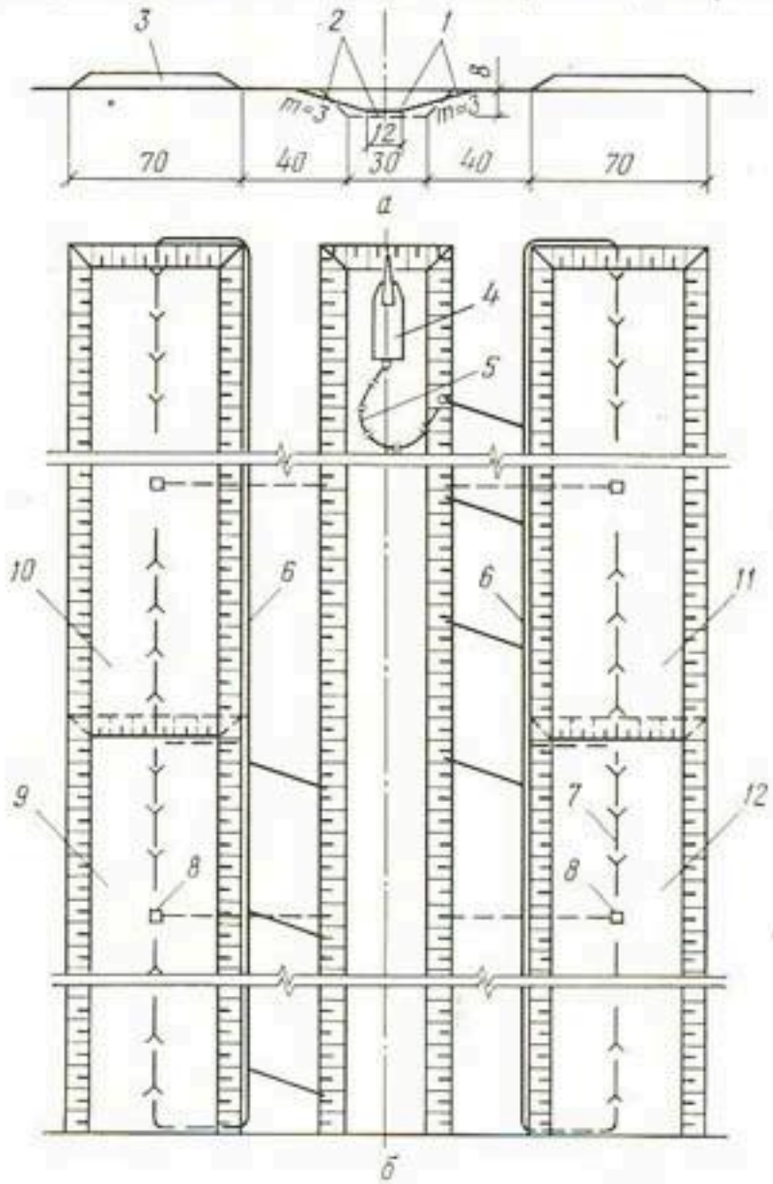

Рис. 60. Схема разработки выемки канала земснарядами:

а — поперечное сечение канала; *б* — схема производства работ; *1* — проектное сечение канала; *2* — профиль, разрабатываемый земснарядами; *3* — кавальеры канала; *4* — земснаряд; *5* — плавучий пульповод; *6*, *7* — магистральные и рабочие пульповоды; *8* — водосбросные колодцы; *9*, *10*, *11*, *12* — первая, вторая, третья и четвертая карты намыва. (Размеры в м.)

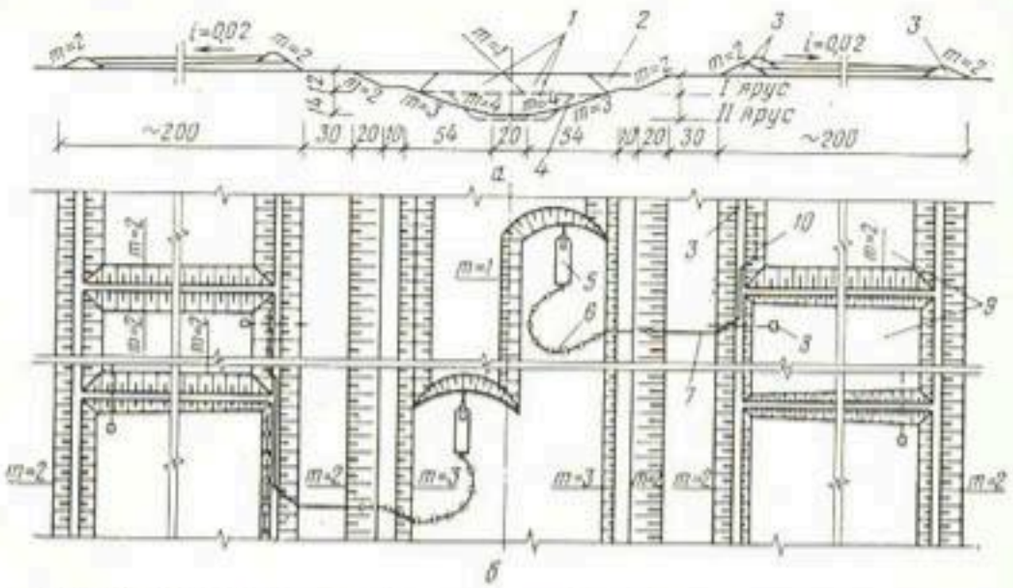

Рис. 61. Схема разработки выемки глубокого канала земснарядами:

а — поперечное сечение канала; *б* — схема производства работ; *1* — грунт, разрабатываемый земснарядами; *2* — то же, землеройными машинами; *3* — дамбы обвалования; *4* — проектное сечение канала; *5* — земснаряды; *6*, *7* — плавучие и магистральные пульповоды; *8* — водосбросные колодцы; *9* — карты намыва; *10* — рабочие пульповоды. (Размеры в м.)

резью с заложением откосов в процессе разработки от 1 : 1 до 1 : 1,5.

Ширина разработки по дну определяется из условия, чтобы после уполаживания откосов площадь сечения с естественными откосами была равна проектной площади канала (рис. 60).

Когда при гидромеханизированной разработке необходимо выдержать проектные заложения откосов канала, призмы грунта у откосов разрабатывают землеройными машинами, а центральную часть — земснарядами.

При разработке земснарядами широких каналов в связных грунтах со средней глубиной более 20 м выемку проводят несколькими прорезями с отработкой сечения канала ярусами. Экскаваторами, бульдозерами или скреперами разрабатывают две параллельные траншеи приоткосных секторов, грунт выемки которых используют на отсыпку дамб обвалования. Одну из траншей используют как прорезь для подкачки воды (рис. 61).

При укладке грунта в кавальеры или насыпи всю намываемую площадь разбивают на отдельные карты, длину которых определяют по формуле

$$L_к = Q/bh_t,$$

где Q — подача земснаряда по грунту, м³/сут; b — средняя ширина намываемого сооружения, м; h_t — заданная интенсивность намыва. Согласно опытным данным, рекомендуется 0,3...0,5 м/сут. Суточная интенсивность намыва грунта по высоте корректируется в конкретных условиях в зависимости от фильтрационных свойств грунта, его самоуплотнения и водоотдачи.

Длина и ширина карт намыва зависят от подачи земснаряда (табл. 13).

13. РАЗМЕРЫ КАРТ НАМЫВА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗЕМСНАРЯДОВ

Подача по воде, тыс. м³/ч	Длина, м	Минимальная ширина, м
0,8...1	75...200	15(5)
1...2	100...250	25(10)
2...3,5	150...300	60(15)
3,5...7,5	200...400	100(30)
Более 7,5	250...500	150(50)

Примечание. В скобках указана минимальная ширина по гребню сооружения.

При строительстве каналов разработка грунта выемки гидромониторными установками имеет ограниченное применение, за исключением нескольких примеров отработки гидромониторами сечения каналов, например Шерабадского. К основным недостаткам, препятствующим распространению этого оборудования, относятся: значительные (до 20%) недоборы грунта, требующие привлечения других землеройных машин; необходимость предварительного рыхления связного грунта; трудности в передвижках гидромониторов и трубопроводов в переувлажненных связных грунтах и др.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ КАНАЛОВ ВЗРЫВНЫМ СПОСОБОМ

Основная задача, которая решается при строительстве каналов взрывами на выброс, — это получение выемки канала заданного профиля при принятых параметрах заложения зарядов взрывчатых веществ (ВВ) и оптимальной схеме взрывания.

Проектирование взрывных работ начинают с рассмотрения типовых поперечников канала, определения глубины заложения зарядов W и показателя действия взрыва *n*.

Выбор схемы расположения зарядов решается в каждом конкретном случае с учетом возможности допущения переборов грунта по дну канала и других условий (рис. 62).

Выбор метода взрывных работ определяется физико-механическими свойствами грунтов выемки и глубиной заложения заряда. Наиболее широкое распространение при строительстве каналов имеет метод горизонтальных линейно-протяженных зарядов выброса, размещаемых в удлиненных горизонтальных выработках. Этот метод подразделяется на несколько разновидностей: траншейные, щелевые и штольневые заряды.

Траншейные заряды применяют при строительстве каналов глубиной до 15 м в грунтах I...III группы (по таблице 10-1 СНиП IV-10—77). В грунтах IV группы и в более прочных породах этот метод применяют при дополнительном рыхлении грунта взрывами в пределах выемки, разрабатываемой в последующем экскаваторами.

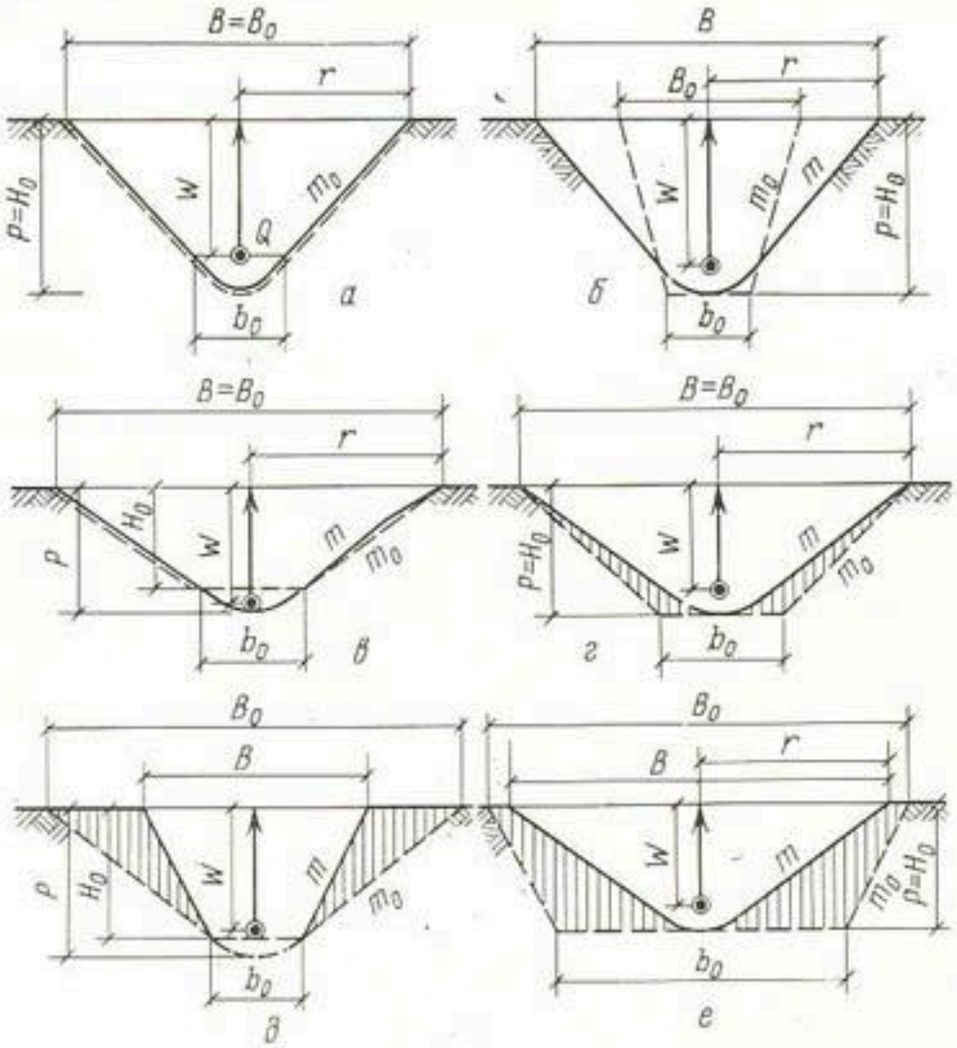

Рис. 62. Типовые схемы заложения зарядов выброса применительно к характерным параметрам каналов:

а — воронка взрыва вписывается в проектный профиль канала, $P=H_0$, $B=B_0$, $b=b_0$, $m=m_0\leqslant 3$; *б* — воронка взрыва больше проектного профиля канала, $P=H_0$, $B>B_0$, $b=b_0$, $m>m_0$, $m_0<1$; *в* — воронка взрыва вписывается в проектный профиль канала с переуглублением дна, $P>H_0$, $B=B_0$, $b=b_0$, $m=m_0$; *г* — воронка взрыва меньше проектного профиля канала, переуглубление дна не допускается, $P=H_0$, $B=B_0$, $b<b_0$, $m>m_0$; *д* — то же, переуглубление дна допускается, $P>H_0$, $B<B_0$, $b=b_0$, $m<m_0\geqslant 3$; *е* — то же, переуглубление дна не допускается, $P=H_0$, $B<B_0$, $b<b_0$, $m>m_0$; H_0, B_0, b_0, m_0 — глубина, ширина поверху, ширина по дну и откосы проектного профиля канала; P, B, b, m — то же воронки взрыва; W — глубина заложения заряда; r — радиус раствора воронки взрыва.

Щелевые заряды используют при строительстве каналов глубиной до 5 м в грунтах до VI группы и в мерзлых грунтах.

Штольневые заряды находят применение при строительстве каналов глубиной более 15 м в полускальных и скальных грунтах, а также в косогорных условиях.

Для всех разновидностей линейно-протяженных зарядов выброса принята единая методика расчета зарядов и проектирования взрывов, отличающаяся параметрами заложения зарядов и условиями производства работ по проходке, заряжению и забойке зарядной выемки. Массу линейно-протяженного заряда определяют по формуле

$$Q_м = \frac{2K_в W^2 (0{,}4+0{,}6n^3) K_з}{n+1},$$

где $Q_м$ — масса заряда на 1 м его длины, кг; $K_в$ — расчетный удельный расход ВВ, определяемый по таблице 14, кг/м³; W — глубина заложения заряда (линия наименьшего сопротивления), м; n — показатель действия взрыва, определяемый отношением радиуса воронки взрыва (r) к глубине заложения заряда (W); $K_з$ — коэффициент, учитывающий глубину заложения заряда (при $W>25$ м, $K_з=\sqrt{W/25}$).

14. РАСЧЕТНЫЕ УДЕЛЬНЫЕ РАСХОД ЭТАЛОННОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА (аммонит № 6-ЖВ), ПО ДАННЫМ ТРЕСТА «СОЮЗВЗРЫВПРОМ»

Грунты, породы	Группа грунта по классификации СНиП IV-10—77	Коэффициент крепости по шкале М. М. Протодьяконова	Плотность (средняя) грунта, тыс. т/м³	Расчетный удельный расход ВВ, кг/м³
Песок	I	—	1,50	1,6...1,8
Песок плотный или влажный	I...II	—	1,65	1,2...1,3
Суглинок тяжелый	II	—	1,75	1,2...1,5
Глина ломовая	III	—	1,95	1,0...1,4
Лёсс	III...IV	—	1,70	0,9...1,2
Мел, выщелоченный мергель	IV...V	0,8...1,0	1,85	0,9...1,2
Гипс	IV	1...1,5	2,25	1,1...1,5
Известняк-ракушечник	V...VI	1,5...2	2,10	1,4...1,8
Опока, мергель	IV...VI	1...1,5	1,90	1...1,3
Туфы трещиноватые, плотные, тяжелая пемза	V	1,5...2	1,10	1,2...1,5
Конгломерат, брекчии на известковом и глинистом цементе	IV...VI	2,3...3	2,20	1,1...1,4
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, слюдистый, мергель серицитовый	VI...VII	3...6	2,20	1,2...1,6
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известковом цементе	VII...VIII	5...6	2,70	1,2...1,8
Известняк, песчаник, мрамор	VII...IX	6...8	2,80	1,2...2,1
Гранит, гранодиорит	VII...X	6...12	2,80	1,7...2,1
Базальт, диабаз, андезит, габбро	IX...XI	6...18	3,00	1,7...2,2
Кварцит	X	12...14	3,00	1,6...1,9
Порфирит	X	16...20	2,80	2...2,2

При использовании других ВВ, приведенных в таблице 14, значения $K_в$ умножают на расчетный коэффициент, приведенный ниже: акватол М-15 — 0,76; аммонал скальный № 3, граммонал А-8 — 0,8; аммонит скальный № 1 — 0,81; детонит М — 0,82; алюмотол — 0,83; динамон АМ-10 — 0,84; гранулит АС-8 — 0,89; аммонал водоустойчивый — 0,91; акватол МГ — 0,92; гранулит АС-4 — 0,98; аммонит № 6-ЖВ; граммонит 79/21—1; аммонит № 7-ЖВ — 1,04; динафталит — 1,08; акватол 65/35 — 1,1; грам-

монит 50/50В — 1,11; гранулит С-2, гранулит М, игданит, граммонит 30/70-В — 1,13; граммонит 30/70 —1,14; гранулотол — 1,2.

Функция показателя действия взрыва $f(n)=0{,}4+0{,}6\ n^3$ определяет увеличение массы заряда, необходимое для получения воронки выброса заданного объема. При показателе действия взрыва $n=1$ значение функции $f(n)$ равно 1, при $n=1{,}25$ $f(n)=1{,}57$, при $n=1{,}5$ $f(n)=2{,}43$, при $n=1{,}75$ $f(n)=3{,}62$, при $n=2$ $f(n)=5{,}2$, при $n=2{,}25$ $f(n)=7{,}23$, при $n=2{,}5$ $f(n)=9{,}78$, при $n=2{,}75$ $f(n)=12{,}9$, при $n=2{,}75$ $f(n)=12{,}9$,

При выборе типа ВВ следует руководствоваться перечнем рекомендуемых промышленных взрывчатых веществ, а также характеристиками ВВ, учитывая их водоустойчивость и стоимость.

Значения $f(n)$ при различных показателях действия взрыва (n) приведены ниже.

n	1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
$f(n)=0{,}4+0{,}6n^3$	1,00	1,57	2,43	3,62	5,20	7,23	9,78	12,90	16,60

В грунтах пересушенных, сухих и с низкой влажностью целесообразно использовать простейшие и дешевые ВВ типа игданит, в грунтах влажных и обводненных считается обязательным применение водоустойчивых, горячельющихся или неводоустойчивых ВВ с гидроизоляцией.

Ожидаемые результаты взрыва на выброс линейно-протяженного заряда определяются (рис. 63):

шириной (м) воронки взрыва поверху $B=2r=2nW$;

глубиной (м) видимой выемки, вычисляемой по формулам: для скальных грунтов $P=W$, для полускальных — $P=0{,}5Wn$; для нескальных — $P=0{,}33W\ (2n-1)$ и для глинистых, суглинистых и водонасыщенных грунтов $P=0{,}45W(2n-1)$;

фактической глубиной (м) выемки $P_ф$ без учета обратно упавшего грунта:

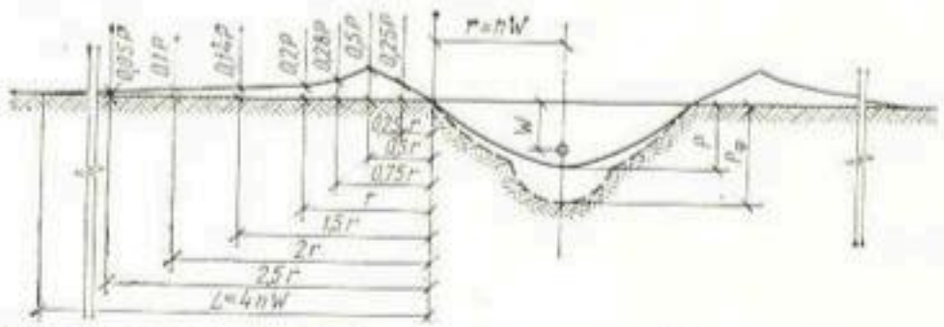

Рис. 63. Профиль воронки выброса и навала грунта на бортах канала при взрыве на выброс:

W — глубина заложения заряда; P — видимая глубина воронки взрыва; $P_ф$ — то же, фактическая, без учета обратно упавшего грунта; L — ширина навала грунта на бортах канала; r — радиус раствора воронки взрыва; n — показатель действия взрыва.

$$P_ф=W+R_к=W+0{,}62\sqrt[3]{Q/K_к};$$

шириной (м) навала на бортах выемки $L=5nW$;

высотой (м) навала на бортах выемки $h=0{,}7W/n$.

При определении W и n исходят из минимальной массы заряда Q, обеспечивающей получение выемки проектного или близкого к нему профиля, и избегают, чтобы $n>3$. Это достигается увеличением глубины заложения заряда W.

При значительной ширине канала по дну или же при заложении откосов более трех принимают многорядное расположение линейно-протяженных зарядов.

Расстояние между рядами зарядов определяют по формуле $a=0{,}5W(n+1)$; проверяют его построением воронок выброса от каждого ряда зарядов с учетом очередности взрывания.

Число рядов зарядов, взрываемых даже коротко замедленно или с замедлением, рекомендуется принимать не более трех. Щелевые и штольневые заряды рассчитывают по тем же формулам, что и траншейные заряды выброса.

Технологический процесс устройства каналов взрывом на выброс грунта траншейными зарядами состоит из отрывки зарядных траншей расчетной глубины по трассе будущего канала, укладки зарядов ВВ, установки средств взрывания и прокладки взрывных сетей, засыпки траншей грунтом и взрыва.

Учитывая линейный характер работ, для проходки зарядных траншей глубиной до 3,5 м применяют высокопроизводительные многоковшовые и цепные экскаваторы, а также баровые машины. Траншеи бо́льшей глубины устраивают одноковшовыми экскаваторами с оборудованием обратная лопата или драглайн.

Важное место в общем технологическом процессе занимает механизация укладки взрывчатого вещества, которая позволяет не только сократить трудоемкость и стоимость зарядных работ, но и обеспечить непрерывность всего процесса работ. Наиболее простым является способ заряжения насыпью, при котором могут использоваться транспортно-зарядные машины, применяющиеся на открытых горных работах.

Наиболее приемлемая форма организации работ при подготовке крупных взрывов на выброс для устройства каналов — совмещенный график, предопределяющий параллельное выполнение основных технологических процессов — проходку зарядной траншеи, укладку ВВ и засыпку траншеи грунтом.

С этой целью для устройства профильных выемок площадью сечения до 30 м² целесообразно применять дреноукладчики. В этом случае по мере движения дреноукладчика цепным баром прорезается узкая траншея, куда из зарядного бункера поступает дозированное количество ВВ. Под прикрытием стенок бункера одновременно укладываются заряды и детонирующий шнур, а забойка заряженной части траншеи осуществляется бульдозерной подвеской, смонтированной на дреноукладчике.

При устройстве более крупных выемок зарядка траншей вслед за отрывкой их экскаватором может вестись с помощью наклонных лотков из автомобиля, движущегося вдоль траншеи, с последующим опусканием боевиков и засыпкой траншеи бульдозером. При этом, как показал опыт применения линейно-протяженных траншейных зарядов выброса при проходке участка Каракумского канала имени В. И. Ленина площадью сечения до 200 м², укладка основного заряда и боевиков может осуществляться и без спуска людей в зарядную траншею.

Последовательный график работ, при котором технологические процессы выполняют поочередно и рассредоточенно во времени, возможен лишь при наличии грунтов с устойчивыми бортами зарядной траншеи.

Предельные глубины выемок, которые можно получить взрывом траншейных зарядов выброса, определяются в основном устойчивостью вертикальных стенок глубоких зарядных траншей.

Согласно исследованиям, максимальная глубина таких стенок зарядной траншеи по геологическим условиям составляет (м):

$$H = \frac{2C}{\gamma} \operatorname{ctg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right),$$

где C — сцепление грунта в массиве, 10^3Па; γ — плотность грунта, т/м³, φ — угол внутреннего трения, °.

Предельные глубины траншей, которые сохраняют устойчивость на время, необходимое для укладки заряда, и глубины выемок, получаемых при взрывах этих зарядов, приведены в таблице 15.

При устройстве каналов с глубинами выемок более 10...12 м, проходящих в породах, имеющих коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову более 3, при соответствующем технико-экономическом обосновании могут применяться сосредоточенные заряды выброса. Выработки для таких зарядов разрабатывают двумя основными методами: бурением скважин с последующей простреп-

15. ПРЕДЕЛЬНЫЕ ГЛУБИНЫ ТРАНШЕЙ, СОХРАНЯЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ УКЛАДКЕ ЗАРЯДОВ ВВ

Грунт	Массовая влажность, %	Предельные глубины, м	
		зарядной траншеи	взрывной выемки
Глины и тяжелые суглинки	14...15	7...9	15...18
	До 14	8...10	14...15
Легкие и лёссовидные суглинки	13...24	7...8	12...13
	До 13	6...7	9...10
Супеси, гравелистые породы, содержащие глинистые частицы	13...24	5...6,5	7...9
	До 13	5...6,5	6...8
Глинистые пески	10...22	5...6	6...8
	До 10	3...3,5	4...5
Лёссы	—	7...8	7...8
Пылеватые пески	—	3...3,5	3,5...4

кой котловых полостей и разработкой шурфов или зарядных камер с использованием шпуровых зарядов рыхления.

Сосредоточенные заряды выброса рассчитывают по формуле М. М. Борескова

$$Q = qW^3(0{,}4 + 0{,}6n^3),$$

где Q — масса заряда, кг; q — удельный расход ВВ, кг/м³; W — глубина заложения заряда (ЛНС); n — показатель действия взрыва.

Расстояния между зарядами и рядами зарядов при многорядном их расположении рассчитывают по той же формуле, что и при линейно-протяженных зарядах.

ГЛАВА 3

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

ЗЕМЛЕРОЙНЫЕ МАШИНЫ

Бульдозеры. Из общего объема земляных работ, выполняемых в целом по стране, на долю бульдозерных работ приходится около 20...35%. Анализ схем механизации при строительстве крупных отечественных каналов показывает, что бульдозерами выполняется от 10 до 60% земляных работ.

В СССР бульдозеры выпускают на гусеничном (табл. 16) и пневмоколесном ходу мощностью соответственно до 243 и 147 кВт. Прошли испытания и намечены к производству бульдозеры на пневмоколесном ходу мощностью 405 кВт.

Другие страны — члены СЭВ выпускают бульдозеры малой и средней мощности. Наиболее мощные гусеничные бульдозеры, выпускаемые этими странами, производят в Польской Народной Республике фирмой «Бумар» по кооперации с американской компанией «Интернэшнл Харвестер» (модель ТД-25С на тракторе мощностью 210 кВт). Несколько таких бульдозеров работают в СССР на прокладке газонефтепроводов, на карьере Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного комбината и на других объектах.

При строительстве крупных мелиоративных каналов на земляных работах преимущественно будут распространены отечественные гусеничные бульдозеры на тракторах мощностью 96, 118, 132, 228, 243 кВт. Бульдозеры на гусеничных тракторах мощностью 368 кВт получат относительно небольшое распространение.

В необходимых случаях при строительстве крупных каналов могут быть использованы отечественные пневмоколесные бульдозеры мощностью 405 кВт, прошедшие испытания и намеченные к производству, гусеничные бульдозеры TD-25C мощностью 210 кВт, выпускаемые в Польской Народной Республике. Кроме того, можно использовать гусеничные бульдозеры мощностью 224....522 кВт, выпускаемые в США, Италии и Японии.

Экскаваторы. В СССР и за рубежом промышленность серийно выпускает одноковшовые шагающие, карьерные и строительные экскаваторы цикличного действия, а также экскаваторы непрерывного действия.

Шагающие экскаваторы драглайн на земляных работах при строительстве крупных каналов широко не применяют. Впервые в отечественной практике гидротехнического строительства эти машины применили в 1950...1952 гг. при устройстве выемок Волго-Донского судоходного канала глубиной 8...15 м (ЭШ-1) и 25...30 м (ЭШ-14/65).

В дальнейшем шагающие экскаваторы применяли при устройстве участка с глубокой выемкой Главного Ширванского коллектора, подводящего русла р. Куры к дюкеру на Мильско-Карабахском коллекторе (АзССР), магистрального канала Комсомольской оросительной системы (Саратовская область), каналов Днепр — Донбасс, Каршинского, Южно-Голодностепского, Иртыш — Караганда, Центрального Голодностепского коллектора, канала Тартар — Тигр (Ирак) и на ряде других объектов.

Вместимость ковша шагающих экскаваторов, применяемых на строительстве каналов, как правило, составляла 4...5 м³. Только на Волго-Донском судоходном канале и магистральном канале Комсомольской оросительной системы были применены экскаваторы ЭШ-14/65 и ЭШ-10/70 вместимостью ковша 14 и 10 м³.

Анализ опыта строительства показал, что каналы в глубоких выемках рекомендуется устраивать отечественными шагающими экскаваторами ЭШ-6/45М, ЭШ-10/70А, ЭШ-13/50 и ЭШ-15/90А-У (табл. 17). Применять на строительстве каналов более крупные экскаваторы нецелесообразно, так как у них больше стоимость, дольше монтаж на площадке (более 1 года). Кроме того, в водохозяйственном строительстве не имеется достаточного числа объектов, где можно было бы применять эти экскаваторы в течение длительного периода.

Карьерные экскаваторы с прямой лопатой выпускают в СССР, США, в ФРГ и Японии.

На строительстве крупных каналов при соответствующих условиях и технико-экономическом обосновании целесообразно использовать только отечественные карьерные гусеничные экскаваторы типа ЭКГ-4,6Б (табл. 18). Они успешно конкурируют с лучшими зарубежными моделями. Применять их следует в сочетании с внедорожными автомобилями-землевозами типа МоАЗ-6507 грузоподъемностью 20 т с широкопрофильными шинами низкого давления, а также с другими внедорожными автомобилями-землевозами грузоподъемностью 25...30 и 45 т и с седельными автопоездами-землевозами грузоподъемностью 45 т. В отдельных случаях при разработке разрыхленных скальных и полускальных грунтов, не требующих при проезде по ним специального твердого дорожного покрытия, в качестве транспортных средств можно применять карьерные автомобили-самосвалы типа БелАЗ-540А и БелАЗ-548А грузоподъемностью 27 и 40 т.

Применять на каналах и крупных гидротехнических сооружениях более крупные карьерные экскаваторы типа ЭКГ-12,5 и ЭКГ-20 не следует из-за значительных осложнений, связанных с их дальнейшим использованием в водохозяйственном строительстве и необходимостью подбора к ним большегрузных транспортных средств. В отдельных случаях при соответствующем обосновании могут быть использованы экскаваторы типа ЭКГ-8И.

Одноковшовые строительные экскаваторы отечественного производства имеют следующие основные особенности: рациональность конструкций с точки зрения ремонта и эксплуатации; высокую

16. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БУЛЬДОЗЕРОВ И БУЛЬДОЗЕРОВ-РЫХЛИТЕЛЕЙ НА ГУСЕНИЧНОМ ХОДУ

Показатели	ДЗ-101	ДЗ-35С	ДЗ-118	ДЗ 94С	ДЗ-129ХЛ	ДЗ-110А	ДЗ-109	ДЗ-104
Класс тяги, кН	40	150	250	250	250	100	100	40
Базовая машина	Т-4АП-2	Т-180Г	ДЭТ-250М	Т-330	Т-330	Т-1301Г-1	Т-1301Г-1	Т-4АП-2
Марка двигателя	А-01М	Д-180Г	Д-308	В-ДВТ-330	В-ДВТ-330	Д-160	Д-160	А-01М
Мощность двигателя, кВт	96	132	228	243	243	118	118	96
Марка рыхлителя	—	ДП-22С	ДП-9С (ДП-9ВХЛ)	ДП-10С	ДП-29ХЛ	ДП-26С	ДП-26С	—
Марка агрегата с рыхлителем	—	ДЗ-35С-ДП-22С	ДЗ-126	ДЗ-94С	ДЗ-129ХЛ	ДЗ-116А	ДЗ-117	—
Управление	Гидравлическое							
Максимальный подъем отвала над опорной поверхностью гусениц, мм	715	700	1 070	1 170	1 780	995	1 050	710
Максимальное заглубление отвала ниже опорной поверхности гусениц, мм	310	400	450	520	700	465	440	300
Управление рыхлителем	Электрогидравлическое							
Число зубьев рыхлителя	—	3	3(1)	1...3	1	1	1	—
Максимальное заглубление рыхлителя, мм	—	500	700(1 200)	700	1 400	450	450	—
Габариты, м:								
бульдозера:								
длина	4,63	6,59	7,58	7,43	7,30	5,53	5,90	4,90
ширина	2,86	3,64	4,31	4,73	4,86	3,22	4,12	3,28
высота	2,54	2,83	3,22	3,45	3,60	3,09	3,09	2,54
бульдозера с рыхлителем:								
длина	—	8,35	8,95	8,74	10,81	6,40	6,56	—
ширина	—	3,64	4,31	4,73	4,73	3,22	4,12	—
высота	—	2,83	3,22	3,45	3,60	3,09	3,09	—
отвала:								
длина	2,86	3,64	4,31	4,73	4,86	3,22	4,12	3,28
высота	0,95	1,48	1,55	1,75	1,88	1,30	1,17	0,98
Угол въезда, град	20	25	22	24	35	24	27	20
Масса, т:								
отвала	1,44	3,40	4,90	7,60	7,65	2,57	3,20	1,78
бульдозера	9,64	19,50	34,40	45,00	45,05	16,57	17,20	9,98
рыхлителя	—	3,20	5,90	4,15	6,20	1,40	1,40	—
трактора	8,20	16,10	29,50	37,40	37,40	14,00	14,00	8,20

17. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ШАГАЮЩИХ ЭКСКАВАТОРОВ

Показатели	ЭШ-6/45М	ЭШ-10/70А	ЭШ-13/50	ЭШ-15/90А-У
Тип рабочего оборудования	Драглайн			
Вместимость ковша при разработке и переэкскавации группы грунтов, м³:				
I и II	6	10	13	15
III и IV	5	8,5	13	15
Длина стрелы, м	45	70	50	90
Угол наклона стрелы к горизонту, град	25...35	30	35	32
Максимальный радиус черпания, м	42,5	66,5	46,5	83,0
Максимальная глубина черпания, м	22,0	35,0	21,0	42,5
Максимальный радиус выгрузки, м	43,5	66,5	46,5	83,2
Максимальная высота выгрузки, м	19,5	27,5	20,5	39,7
Максимальный уклон при шагании, град:				
продольный (при отсутствии поперечного)	±8	±10	±10	±7
поперечный (при отсутствии продольного)	±3	±3	±3	±3
Максимальный уклон при работе, град:				
продольный	±1	±1	±1	±1
поперечный	±1	±1	±1	±1
Среднее давление на грунт, МПа:				
при работе	0,060	0,094	0,084	0,100
при шагании	0,110	0,149	0,135	0,210
Максимальная скорость передвижения, км/ч	0,48	0,20	0,20	0,08
Подводимый ток:				
род	Переменный			
напряжение, В	6000	6000	6 000	6000
Мощность приводного двигателя, кВт	660	1480	1 480	2000
Конструктивная масса, т	285	680	603	1600
Число обслуживающего персонала	2	2	2	4
Продолжительность монтажа, мес	4	8	8	8...9
Высота над уровнем земли, м:				
надстройки	11,45	22,80	22,80	
крыши кузова	6,94	9,60	9,60	11,64
оси пяты стрелы	1,89	2,15	2,15	5,78
Просвет под поворотной платформой, м	1,04	1,28	1,28	1,61
Ширина, м:				
экскаватора	11,5	14,6	14,6	20,1
кузова	7,6	10,0	10,0	16,8
лыжи	1,6	1,8	1,8	2,5
Длина лыжи, м	7,0	11,0	11,0	13,0
Диаметр базы, м	7,7	9,7	9,7	14,0
Расстояние от оси пяты стрелы до оси вращения, м	3,4	5,0	5,0	5,8

надежность в тяжелых условиях работы; высокие мощности двигателей; большие мощности привода и рабочие усилия, рассчитанные на работу в тяжелых условиях.

Бо́льшая часть основных узлов экскаваторов унифицирована, что упрощает их конструкцию и улучшает эксплуатационные пока-

18. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Показатели	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-4У	ЭКГ-8И
Тип рабочего оборудования	Прямая лопата		
Ход	Гусеничный		
Вместимость ковша, м³:			
основного	4,6	4,0	8,0
сменного	—	5,0	6,3 и 10,0
Длина стрелы, м	10,50	20,60	13,35
Угол наклона стрелы к горизонту, град	45	50	47
Длина рукояти, м	8,00	14,98	11,51
Ход рукояти, м	—	5,5	4,3
Максимальный радиус, м:			
черпания	14,4	23,7	18,4
выгрузки	12,65	22,14	16,30
Высота выгрузки при максимальном радиусе выгрузки, м	4,8	9,4	5,7
Максимальная высота черпания, м	10,3	22,2	14,0
Максимальная высота выгрузки, м	6,7	17,5	9,2
Радиус выгрузки при максимальной высоте выгрузки, м	—	18,7	15,6
Радиус копания на уровне стоянки, м	9,0	14,5	12,2
Расчетная продолжительность рабочего цикла на выгрузке при угле поворота 90°, с	23	30	26
Максимальный уклон, преодолеваемый экскаватором, град	12	12	12
Среднее давление на грунт, МПа	0,215	0,200	0,210
Максимальная скорость передвижения, км/ч	0,55	0,45	0,45
Мощность двигателя, кВт	250	250	250
Подводимый ток:			
род		Переменный	
напряжение, В	6 000 или 3 000	6 000	6 000
Масса (без противовеса), т	163	336	338
Число обслуживающего персонала	2	2	2
Продолжительность монтажа, мес	1,0	2,5	2,5
Радиус вращения хвостовой части, м	5,25	7,30	7,30
Ширина кузова, м	5,0	6,5	6,5
Высота над уровнем земли, м:			
крыши кузова	5,47	6,73	6,73
экскаватора без стрелы	5,46	11,60	11,60
оси пяты стрелы	2,54	4,10	4,10
Просвет под поворотной платформой, м	1,86	2,70	2,70
Расстояние от оси пяты стрелы до оси вращения, м	2,25	2,40	2,40
Длина гусеничного хода, м	6,00	7,95...8,23	7,95...8,23
Ширина гусеничного хода, м	5,23	6,98	6,98
Ширина гусеничной цепи, м	0,9	1,4	1,4

затели. Отечественные одноковшовые экскаваторы выпускают универсальными и полууниверсальными. Отечественные и лучшие зарубежные экскаваторы малой мощности (с ковшами вместимостью

до 1,5 м³) имеют практически одинаковые показатели. Значительная часть этих экскаваторов выполнена с гидравлическим приводом.

В последние годы при выполнении ряда земляных работ конкуренцию экскаваторам малой мощности составляют одноковшовые погрузчики. Однако в мелиоративном строительстве и особенно при строительстве каналов, как правило, используют одноковшовые экскаваторы малой мощности.

Преобладающая часть экскаваторных земляных работ при строительстве крупных каналов выполнена экскаваторами драглайн по бестранспортной схеме.

При строительстве крупных каналов и сооружений рекомендуется применять следующие модели отечественных строительных экскаваторов: ЭО-4121А, ЭО-4124, ЭО-5111Е (Э-10011Е), ЭО-5111ЕХЛ, ЭО-5115, ЭО-6112Б (Э-1252Б), ЭО-7111 (Э-2503), ЭО-7111С (Э-2505), Э-2505 СА-2, ЭО-5122, ЭО-5123 и ЭО-6122 со сменным рабочим оборудованием вместимостью ковша от 1 до 3 м³.

При разработке каналов с вывозом грунта из выемки автомобильным транспортом в сочетании с этими экскаваторами можно применять автомобили-самосвалы КамАЗ-5511, МАЗ-5549, КрАЗ-256Б1, КрАЗ-251 грузоподъемностью соответственно 7, 8, 12 и 14 т, автопоезда, состоящие из этих автомобилей-самосвалов и соответствующих самосвальных прицепов, а также внедорожные автомобили-землевозы типа МоАЗ-6507 грузоподъемностью 20 т.

К экскаваторам непрерывного действия относятся роторные (рис. 64) и цепные экскаваторы, а также землеройно-фрезерные машины. В отечественной практике строительства крупных каналов пока имеются лишь единичные примеры применения экскаваторов непрерывного действия, например, на каналах Днепр—Кривой Рог, Иртыш—Караганда и в Узбекской ССР, Главном Каховском магистральном, Волго-Донском.

Однако механизировать земляные работы на крупных каналах можно только с помощью следующей техники:

роторных строительных экскаваторов в компактном исполнении с системой транспортирования грунта от экскаватора до отвала (например, с передаточным мостом и отвалообразователем);

цепных экскаваторов на гусеничном или на рельсовом ходу, выпускаемых объединением народных предприятий ТАКРАФ (ГДР), работающих в комплекте с передаточным мостом и отвалообразователем;

комплекса землеройных машин компании «Рахко» (США) с системой самоходных конвейеров и отвалообразователем;

землеройно-фрезерных машин в комплексе с передаточным мостом и отвалообразователем, а на отдельных участках при соответствующих условиях с большегрузными автомобилями-землевозами.

Применять на строительстве крупных каналов роторные карьерные экскаваторы нецелесообразно из-за их значительной металлоемкости, малой маневренности, длительного (более 1 года) мон-

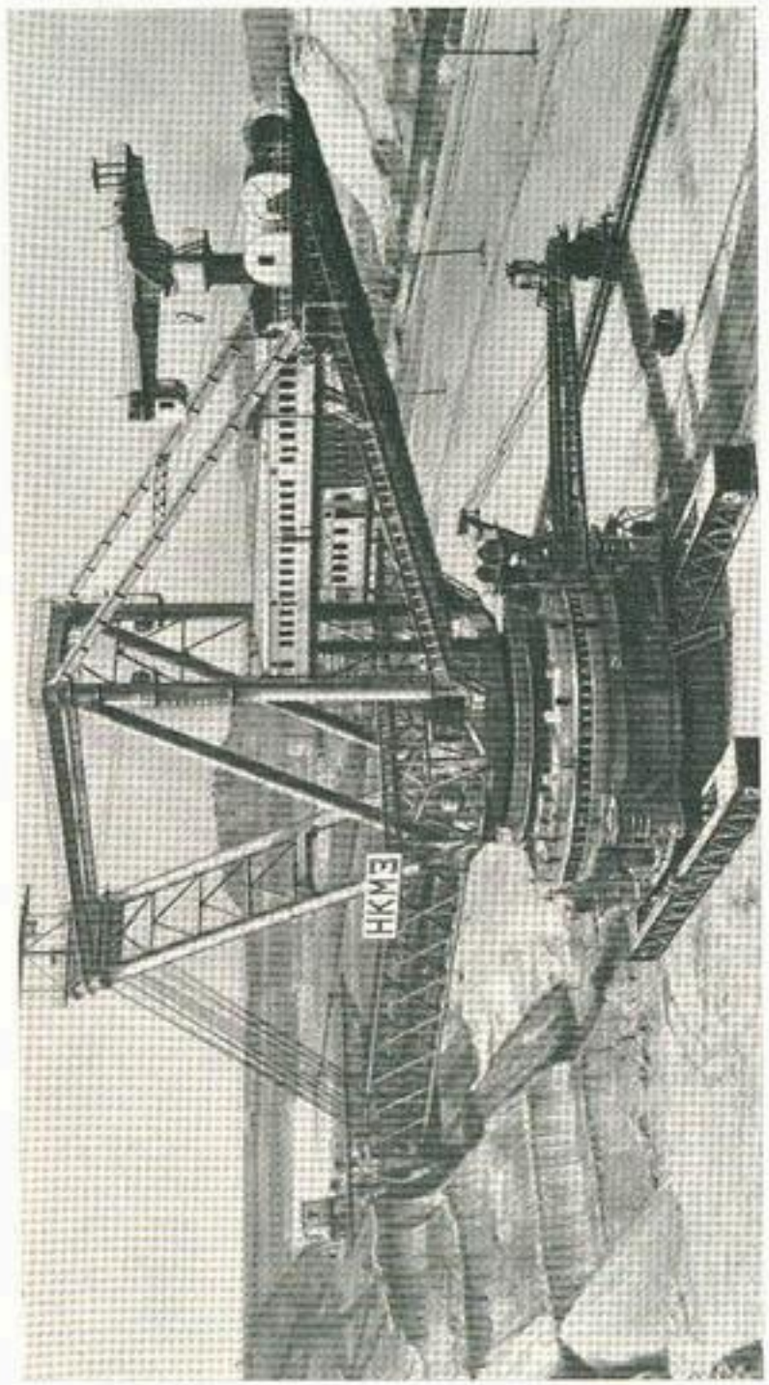

Рис. 64. Роторный экскаватор ЭРШР-1600 40/7 в комплексе с ленточным конвейером.

тажа, крупных габаритов и большой высоты черпания (20 м и более).

В ГДР в настоящее время из моделей цепных экскаваторов на гусеничном ходу наиболее освоен экскаватор ER_s710 (табл. 19). Налажено производство семейства цепных многоковшовых поворотных экскаваторов на рельсовом ходу (табл. 20).

Основные преимущества цепных экскаваторов перед роторными строительными в компактном исполнении при устройстве крупных каналов — возможность нижнего черпания, что исключает необходимость прохождения машины в обводненном забое, тщательная

19. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕПНЫХ МНОГОКОВШОВЫХ ПОВОРОТНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ НА ГУСЕНИЧНОМ ХОДУ ОБЪЕДИНЕНИЯ НАРОДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯ ТАКРАФ, ГДР

Показатели	ER_s 250 8—10 / 8—10	ER_s 250 10—12 / 10—12	ER_s 500 8—10 / 8—10	ER_s 500 10—12 / 10—12
Теоретическая производительность, м³/ч	950	640	1 850	1 250
Глубина черпания, м	8...10	10...12	8...10	10...12
Длина разгрузочной стрелы, м	20	20	23	23
Угол поворота разгрузочной стрелы, град	360	360	360	360
Скорость движения ленты разгрузочной стрелы, м/с	3,5	3,5	3,5	3,5
Ширина гусеничного трака, м	1,8...2,0	1,8...2,0	2...2,24	2...2,24
Скорость движения машины, м/мин	3...6	3...6	2,5...8	2,5...8
Среднее давление на грунт, МПа	0,10	0,10	0,13	0,13
Установленная мощность, кВт	350	350	550	550
Длина кабеля, м	1 000	1 000	600	600
Число обслуживающего персонала	2	2	3	3
Масса, т	300	300	535	535

Продолжение

Показатели	ER_s 560 13—15,5 / 13—15,5	ER_s 560 15—17,5 / 15—17,5	ER_s 560 17—19,5 / 17—19,5
Теоретическая производительность, м³/ч	1 650	1 110	1 100
Глубина черпания, м	13...15,5	15...17,5	17...19,5
Длина разгрузочной стрелы, м	32...40	32...40	32...40
Угол поворота разгрузочной стрелы, град	360	360	360
Скорость движения ленты разгрузочной стрелы, м/с	3,2...6,0	3,2...6,0	3,2...6,0
Ширина гусеничного трака, м	2...2,24	2...2,24	2...2,24
Скорость движения машины, м/мин	2,5...8	2,5...8	2,5...8
Среднее давление на грунт, МПа	0,12...0,10	0,12...0,10	0,12...0,10
Установленная мощность, кВт	780	780	780
Длина кабеля, м	1 200	1 200	1 200
Число обслуживающего персонала	4	4	4
Масса, т	950	950	950

Продолжение табл. 19

Показатели	ER_s 710 13,5—16 / 13,5—16	ER_s 710 15—17,5 / 15—17,5	ER_s 1120 24—27 / 24—27	ER_s 1120 26—29 / 26—29
Теоретическая производительность, м³/ч	2 100	1 400	2 900	1 920
Глубина черпания, м	13,5...16	15...17,5	24...27	26...29
Длина разгрузочной стрелы, м	32...40	32...40	55...65	55...65
Угол поворота разгрузочной стрелы, град	360	360	360	360
Скорость движения ленты разгрузочной стрелы, м/с	4,0...6,0	4,0...6,0	4,0...7,0	4,0...7,0
Ширина гусеничного трака, м	2...2,24	2...2,24	2,8...3,0	2,8...3,0
Скорость движения машины, м/мин	2,5...8	2,5...8	2...6	2...6
Среднее давление на грунт, МПа	0,12...0,10	0,12...0,10	0,13...0,11	0,13...0,11
Установленная мощность, кВт	880	880	1 800	1 750
Длина кабеля, м	1 200	1 200	2 100	2 100
Число обслуживающего персонала	4	4	4	4
Масса, т	960	960	2 250	2 250

планировка откосов канала и возможность зачистки его под любым углом на различном уровне стояния экскаватора, высокий коэффициент использования экскаватора.

Цепные экскаваторы можно применять при температуре окружающей среды не выше 35°С и не ниже минус 10°С, при промерзании грунта не более 100 мм, при скорости ветра не более 20 м/с, при видимости не менее 25 м.

Комплекс землеройных машин компании «Рахко» (США) состоит из компактного роторного экскаватора, самоходных конвейе-

20. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕПНЫХ МНОГОКОВШОВЫХ ПОВОРОТНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ НА РЕЛЬСОВОМ ХОДУ ОБЪЕДИНЕНИЯ НАРОДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯ ТАКРАФ, ГДР

Показатели	E_s 400 7,5—9 / 8	E_s 400 17,5—20 / 17,5	E_s 1120 17—20 / 17—20	E_s 1120 24—27 / 24—27	E_s 1120 26—29 / 26—29
Теоретическая производительность, м³/ч	1 350	1350	2900	2900	950
Глубина черпания, м	8	17,5	17...20	24...27	26...29
Скорость движения ленты, м/с	2...3,5	2...3,5	2,1	1,88...2,5	1,88...2,5
Длина разгрузочной стрелы, м	33	41	—	—	—
Общее число ходовых колес	40	80	64	120	120
Скорость движения машины, м/мин	3,8...8	3,8...8	2,8...9	4...12	4...12
Радиус закругления рельсовой колеи, м	150	150	100	250	250
Установленная мощность, кВт	450	700	1700	1900	1900
Длина кабеля, м	1000	1000	1750	1500	1500
Число обслуживающего персонала	3	4	4	4	4
Масса, т	435	800	1230	1950	1950

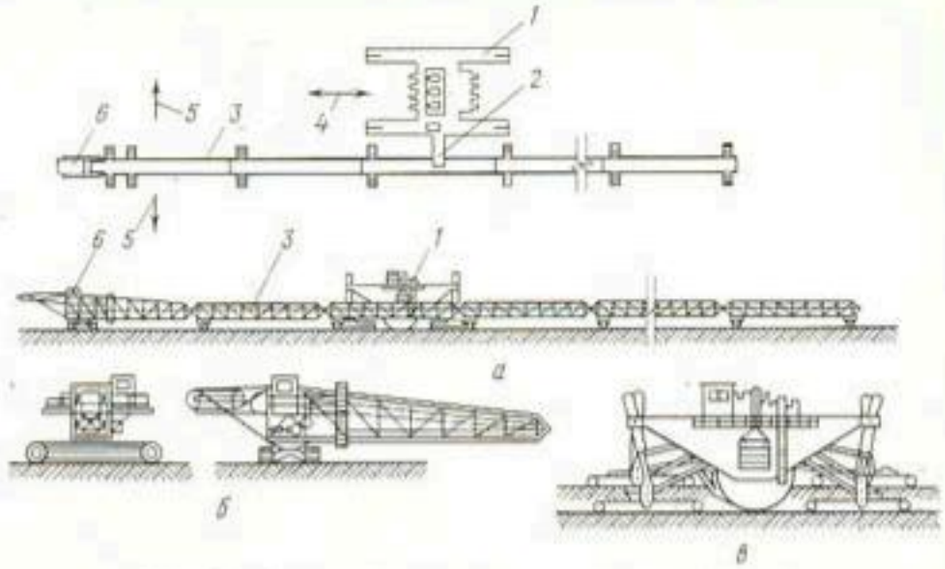

Рис. 65. Землеройный комплекс «Рахко» (США):

а — экскаватор с системой самоходных конвейеров и перегружателем; *б* — перегружатель; *в* — компактный роторный экскаватор; *1* — экскаватор «Рахко»; *2* — разгрузочный транспортер экскаватора; *3* — самоходный гусеничный конвейер; *4* — направление движения экскаватора; *5* — то же, самоходного гусеничного конвейера; *6* — перегружатель.

ров на гусеничном ходу общей длиной около 700 м и самоходного перегружателя (рис. 65). Пульт управления комплексом машин единый. Он установлен на экскаваторе.

Землеройный комплекс «Рахко» выполнил большие объемы земляных работ при строительстве ряда каналов, в частности Калифорнийского акведука в США.

Погрузчики. В последние годы во многих странах отмечается расширение производства одноковшовых фронтальных погрузчиков всех типов. В общем выпуске фронтальных погрузчиков преобладают модели на пневмоколесном ходу.

Более 50% одноковшовых погрузчиков, выпускаемых компаниями развитых капиталистических стран, приходится на долю ведущих американских компаний «Катерпиллар» и «Интернэшнл Харвестер». Около 80% одноковшовых погрузчиков на пневмоколесном ходу выпускают в США с двумя ведущими осями, а более половины погрузчиков имеют шарнирно-сочлененную раму (Баранов, 1975).

Отечественная промышленность освоила и серийно выпускает одноковшовые погрузчики на пневмоколесном и гусеничном ходу грузоподъемностью до 4 т. Прошли испытания и намечены к производству погрузчики на пневмоколесном ходу грузоподъемностью 15 т (табл. 21).

Из стран — членов СЭВ (кроме СССР) пневмоколесные и гусеничные погрузчики грузоподъемностью до 6 т серийно выпускают в Польше и Чехословакии. Погрузчики, выпускаемые в этих странах, импортируются во все социалистические страны, в том числе и в СССР. Часть из них работает на добыче полезных ископаемых на Кольском полуострове в условиях низких температур.

21. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОГРУЗЧИКОВ

Показатели	ТО-6А	ТО-18	ТО-25	ТО-11	ТО-21	ТО-7	ТО-10А
Ход	Пневмоколесный					Гусеничный	
Управление	Гидравлическое						
Тип разгрузки	Фронтальный						
Базовая машина	Специальное шасси		Т-150К	К-702	Специальное шасси	ДТ-75Б-С2	Т-130ПГ-2
Грузоподъемность, т	2	3	3	4	15	2	4
Вместимость основного ковша, м³	1	1,65...1,5	1,5	2	7,5	1...0,8	2
Угол разгрузки ковша при максимальной высоте выгрузки, град	51	54,5	50	55,5	50	50	50
Ширина режущей кромки, мм	2 330	2 440	2 570	2 800	4 100	2 050	2 830
Максимальная высота выгрузки ковша, м	2,70	2,75	2,75	3,20	4,50	2,70	3,20
Вынос ковша при максимальной высоте выгрузки, м	1,00	1,05	1,08	1,22	1,72	0,74	1,10
Максимальный угол запрокидывания ковша, град	42	40	40	41	42	46	40
Габариты, м:							
длина	5,66	7,20	7,00	5,33	10,90	5,61	7,50
ширина	2,34	2,44	2,57	2,80	4,40	2,05	2,90
высота	2,90	3,04	3,36	3,54	4,68	2,30	3,09
колесная база	2,15	2,67	2,90	3,20	4,56	2,76	2,48
Ширина колеи, м	1,84	1,84	1,96	2,15	2,81	1,57	1,88
Двигатель:							
марка	СМД-14НГ	А-01М	СМД-62	ЯМЗ-238НБ	В2-550-ТК-С3	СМД-14НГ	Д-160
мощность, кВт	59	96	127	155	405	59	118
Масса, т	7,1	10,5	10,0	15,7	62,0	9,7	22,5

На строительстве крупных каналов фронтальные погрузчики могут работать в тех же условиях, что и экскаваторы с прямой лопатой, то есть в котлованах сооружений и на участках каналов с грунтами I...II группы и низким или пониженным уровнем грунтовых вод. Погрузчики могут работать в сочетании с автомобилями-самосвалами и автомобилями-землевозами или без них. Последнее относится к пневмоколесным погрузчикам. В этом случае погрузчики могут работать как землеройно-транспортные машины с перемещением грунта на расстояние не более 200 м.

При строительстве крупных каналов и сооружений на них рекомендуется использовать отечественные пневмоколесные и гусеничные и погрузчики грузоподъемностью 2...4 т, выпускаемые серийно, а также одноковшовые фронтальные пневмоколесные погрузчики грузоподъемностью 15 т, намеченные к производству.

Наряду с отечественными погрузчиками при соответствующем обосновании для строительства крупных каналов могут быть использованы погрузчики грузоподъемностью до 6 т стран — членов СЭВ (ПНР, ЧССР), а также погрузчики, выпускаемые в капиталистических странах.

ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

В Советском Союзе за последние годы в общем объеме земляных работ 7...11% было выполнено скреперами, в том числе в водохозяйственном строительстве — до 14%. На некоторых крупных стройках доля скреперных работ достигает 50% и более.

В США скреперами выполнялось 70...80% земляных работ (преимущественно скреперы вместимостью ковша 16...24,5 м³). Причем их применяют при разработке почти всех групп грунтов, включая мерзлые и скальные, которые предварительно рыхлят навесными рыхлителями или взрывами.

Специалисты США считают, что скреперные работы на 24...40% дешевле работ, выполняемых в таких же производственных условиях одноковшовыми экскаваторами в комплексе с землевозным транспортом.

В Советском Союзе в сравнении с США основные объемы земляных работ выполняют одноковшовыми экскаваторами. Такая разница в применении скреперов и экскаваторов на земляных работах вызвана различными климатическими условиями: более суровыми в СССР и мягкими в США. В нашей стране при круглогодовом ведении земляных работ большие объемы приходится выполнять зимой, применяя экскаваторы, которые лучше скреперов приспособлены к разработке мерзлого грунта.

Несвязные сыпучие грунты, не дающие стружки при резании, целесообразно разрабатывать скреперами с элеваторной загрузкой ковша. Однако этими скреперами нельзя разрабатывать крупнообломочные грунты.

Скреперами этого типа за рубежом выполняют около 40% всех скреперных работ.

Опыт эксплуатации этих машин показал, что они выгодны при относительно небольших объемах работ и небольших дальностях перевозки грунта (не более 1 км), когда затраты на транспортировку лишней массы элеватора невелики.

В настоящее время отечественная промышленность серийно выпускает самоходные и прицепные скреперы с ковшом вместимостью от 7 до 15 м³. Прошли испытания и намечены к производству самоходные скреперы вместимостью ковша 25 м³ (табл. 22 и 23).

22. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЦЕПНЫХ СКРЕПЕРОВ

Показатели	ДЗ-20В	ДЗ-77	ДЗ-79
Вместимость ковша, м³:			
геометрическая	7	8	15
с шапкой	9	10	18
Базовый тягач	Т-130.1.Г-2	Т-130.1.Г-2	Т-330
Мощность двигателя, кВт	118	118	243
Ширина резания, м	2,65	2,65	3,03
Заглубление, м	0,15	0,20	0,20
Способ разгрузки ковша	Принудительный		
Максимальная толщина отсыпаемого слоя грунта, м	0,5	0,5	0,5
Дорожный просвет под ножами ковша при движении груженого скрепера, м	0,5	0,5	0,5
Управление рабочими органами	Гидравлическое		
Радиус поворота скрепера, м	6,5	7,1	8,0
Ширина колеи, м	2,15	2,15	2,40
Масса, т	21,0	23,2	58,0
Масса скрепера без трактора-тягача, т	7,0	9,8	18,2
Максимальная скорость движения, км/ч	11,0	11,0	12,7
Габариты скрепера без трактора, м:			
длина	8,79	9,72	11,48
ширина	3,14	3,08	3,56
высота	2,56	2,68	3,45
Средняя эксплуатационная производительность:			
м³ в смену	90	130	230
тыс. м³ в год (для среднего и южного пояса)	32...37	46...52	82...94
Трактор-толкач	Т-130 или Т-180	Т-130 или Т-180	—

Остальные страны — члены СЭВ в настоящее время производят скреперы вместимостью ковша менее 15 м³. Из них самый мощный скрепер вместимостью ковша 10 м³ типа T200S10.1 выпускают в ЧССР. Это самоходный скреперный агрегат с двумя двигателями мощностью 147 кВт. Несколько таких скреперов работают на стройках нашей страны.

Наиболее мощные высокопроизводительные скреперы выпускают в США и Японии.

Следует отметить тенденцию значительного увеличения за рубежом в общем выпуске доли самоходных скреперов за счет со-

23. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОХОДНЫХ СКРЕПЕРОВ

Показатели	ДЗ-11П	ДЗ-74 (полуприцепной)	ДЗ-115 (двухмоторный)	ДЗ-13	ДЗ-107-1 (двухмоторный)
Вместимость ковша, м³:					
геометрическая	8	8	15	15	25
с шапкой	10	10	18	18	29
Базовый тягач	МоАЗ-564П	К-702	БелАЗ—531Б	БелАЗ-531	Тягач с дизельным двигателем В2-550ТК-С5
Мощность двигателя, кВт	158	147	265×2	265	405×2
Грузоподъемность, т	15	16	27	27	47
Ширина резания, м	2,820	2,650	3,036	2,926	3,900
Заглубление, м	0,15	0,20	0,20	0,20	0,40
Способ разгрузки ковша			Принудительный		
Максимальная толщина отсыпаемого слоя грунта, м	0,48	0,50	0,50	0,50	0,60
Управление рабочими органами	Гидравлическое			Электрогидравлическое	
Радиус поворота скрепера, м	7,90	8,00	9,[illegible]0	8,05	12,43
Ширина колея, м	2,20	2,18	2,25	2,25	2,83
Масса, т	20	20	41	34	70
Максимальная скорость движения, км/ч	40,0	44,1	50,0	45,0	50,0
Габариты, м:					
длина	11,01	12,50	13,56	12,30	16,15
ширина	3,24	3,20	3,58	3,40	4,43
высота	3,25	3,38	3,70	3,60	4,30
Средняя эксплуатационная производительность при дальности перемещения 1000 м:					
м³ в смену	100	100	280	200	480
тыс. м³ в год (для среднего и южного пояса)	37...42	37...42	100...114	70...80	170...194
Трактор-толкач	Т-180	Т-180	ДЭТ-250М или Т-330	ДЭТ-250М или Т-330	2×ДЭТ-250м или 2×Т-330

кращения или прекращения выпуска прицепных скреперов. Кроме того, наблюдается уменьшение выпуска скреперов с большой (24,5/33,6 м³) вместимостью ковша.

На земляных работах при строительстве крупных каналов в ближайшие годы рекомендуется применять отечественные скреперы:

самоходные вместимостью ковшей 8, 15 и 25 м³, причем основные объемы, приходящиеся на эти скреперы, должны выполняться скреперами с ковшами вместимостью 8 и 15 м³;

прицепные вместимостью ковшей 7, 8 и 15 м³, при этом основные объемы, приходящиеся на эти скреперы, должны выполняться скреперами с ковшами вместимостью 7 и 8 м³.

Скреперы, выпускаемые странами — членами СЭВ, при строительстве крупных каналов можно применять в основном для удовлетворения общей потребности в них, чтобы уменьшить потребность в отечественных скреперах с ковшом средней вместимости (до 10 м³).

СРЕДСТВА ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

Для строительства крупных каналов в условиях, допускающих крупномасштабное применение средств гидромеханизации, следует использовать отечественные земснаряды 300-40М, 350-50Д, 400-70 и 500-60МН, а также при соответствующем обосновании земснаряды 200-50БК, 200-50Д, МЗ-6 и 180-60 (табл. 24).

В пионерный период строительства и при разработке отдельных участков каналов, куда не подведена линия электропередачи, можно использовать разборные дизельные земснаряды S_1SB-250 и S_1SB-350 подачей 250 и 350 м³/ч по грунту, выпускаемые в ЧССР.

На строительстве крупных каналов также можно использовать мощные земснаряды подачей до 2000 м³/ч, выпускаемые нидерландской фирмой ИХЦ «Холланд».

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Доставка большого количества материалов, изделий и механизмов к объектам при строительстве каналов требует привлечения значительного числа транспортных средств. А из-за разнообразной номенклатуры перевозимых грузов, отличающихся габаритами, массой и условиями транспортирования, необходимо использовать разный специализированный автомобильный транспорт. Для унификации и специализации автомобильного транспорта страны был разработан отраслевой типаж специализированного автомобильного подвижного состава. Этот типаж включает 21 тип, 84 типоразмера и 5 модификаций специализированных транспортных средств для перевозки земляных масс, сыпучих грузов, жидких, полужидких, порошкообразных, мелкоштучных, тарных и длинномерных

24. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМСНАРЯДОВ

Показатели	200-50БК	200-50Д „Ока"	МЗ-6	180—60	300-40М	400—70	350-50Л	500-60МН
Грунтовый насос:								
марка	ЗГМ-2М	16Р-9	16ГрУ-8л	16ГрУТ-8м	20Р-11	20ГрУТ-8м	20Р-11м	500-60М
подача по воде, м³/ч	1 900	2100	2 140	2 200	3 600	4 100	4 000	6 600
напор, м	53	55	56	60	60	68	56	80
условная подача по грунту, м³/ч	190	210	210	220	350	400	400	660
Глубина разработки, м:								
максимальная	8	12	10	10	11	15	10	15
минимальная	1,5	1,5	1,5	2,0	3,5	3,5	3,5	4
Минимальная ширина разрабатываемой прорези, м	30	23	15	25	35	35	35	45
Масса земснаряда без плавучего пульповода, т	130	188	193	155	290	345	230	480
Осадка в рабочем состоянии, м								
Высота от уровня воды (без свай), м	0,7	1,34	1,18	0,9	1,1	1,2	1,1	1,7
	8,0	7,4	5,5	6,2	8,3	8,3	8,4	10,2
Двигатель:								
тип	Электрический	Дизель электрический			Электрический			
установленная мощность, кВт	830	810	810	800	2 000	2 600	2 120	3 390
Подводимый ток:								
род	Переменный	—	—	Переменный				
напряжение, В	6 000	—	—	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000

Корпус земснаряда	Разборный					Секционно-сварной		
Габариты, м:								
длина	23,0	27,5	24,8	22,0	33,6	36,0	31,0	38,0
ширина	8,1	7,9	8,3	9,2	9,5	9,5	9,5	10,4
высота борта	1,6	2,7	2,3	1,5	2,0	2,0	2,0	2,7
Диаметр патрубков землесоса, мм:								
всасывающего	400	500	400	530	530	700	600	700
напорного	400	400	400	530	530	600	600	700
Грунтозаборное устройство	Фрезерное							
Тип свайного аппарата рабочих перемещений	Напорный шагающий							Напорный
Плавучий пульповод:								
общая длина, м	120	120	597	150	180	300	150	150
диаметр трубы, мм	400	400	464	530	530	600	600	800
число звеньев	20	20	56	25	30	30	25	25
длина отдельных понтонов, м	6,0	6,0	10,5	6,0	6,0	10,0	6,0	6,0
Диаметр магистрального трубопровода на берегу, мм	400	400	400	500	600	600	600	800
Число персонала для трехсменной работы	16	19	16	16	22	25	22	27
Транспортабельность	Водным путем, железнодорожным транспортом							
Продолжительность монтажа, мес	2	1	2	2...3	3...4	5	2,5	3...4

Примечание. Приведенные в таблице земснаряды предназначены для разработки обводненных выемок и намыва сооружений. Их применяют в следующих грунтовых условиях: 200-50БК, 200-50Д, 300-40М и 400-70 — в песчаных, супесчаных, суглинистых и глинистых грунтах; МЗ-6, 180-60 и 350-50Л — в песчаных, супесчаных и легких суглинистых грунтах; 500-60МН — в глинистых и других тяжелых грунтах.

грузов. Специальные типы машин выделены для транспортировки железобетонных конструкций, технологического оборудования и строительных машин.

Автомобили-самосвалы. При строительстве каналов с сооружениями в автомобилях-самосвалах в основном перевозят грунт, гравий, щебень и песок. Они составляют в общем объеме грузоперевозок более 80%. В настоящее время отечественная промышленность освоила массовое производство 11 типоразмеров автомобилей-самосвалов различной грузоподъемности. Серийно выпускают автомобили-самосвалы грузоподъемностью 7 т (КамАЗ-5511), 8 т (МАЗ-5549), 12 т (КрАЗ-256Б1) и др.

Все более широкое применение в строительстве при перевозке сыпучих материалов находят самосвальные автопоезда в составе автомобиля-самосвала и прицепа или седельного тягача с полуприцепом. Создан целый ряд конструкций самосвальных прицепов к автомобилям ЗИЛ, МАЗ, КрАЗ и КамАЗ.

Специализированный автомобильный транспорт. В группу специализированного транспорта могут быть отнесены различные транспортные машины для перемещения грузов в специфических условиях. Для перевозки грузов в условиях болотистой местности могут быть использованы канадские вездеходы фирмы «Форемост» со специальными движителями. Эти машины хорошо зарекомендовали себя на работах в Тюменской области и способны перевозить различные грузы от 1,27 до 30 т по болотистой местности. Имея по четыре уширенные гусеницы, они создают весьма низкое давление на грунт (от 0,0126 до 0,029 МПа).

С конца семидесятых годов в Советском Союзе начат выпуск болотоходов БТ361, имеющих следующие основные характеристики.

Полезная нагрузка, кН	360
Давление на грунт с нагрузкой 360 кН при погружении гусениц в грунт на 150 мм, МПа	0,03
Система управления поворотом шасси	Гидравлическая с цилиндрами двойного действия
Мощность двигателя, кВт	220,8
Габариты, м	17,300×4,050×3,375
Масса шасси, т	43

Автомобили-землевозы и карьерные автомобили-самосвалы. При строительстве крупных каналов и гидротехнических сооружений землевозный транспорт применяют в комплексе с погрузочными средствами: погрузчиками, экскаваторами с прямой и обратной лопатой, драглайнами.

Отечественная промышленность серийно выпускает большегрузные карьерные автомобили-самосвалы типа БелАЗ грузоподъемностью 27 и 40 т и внедорожные автомобили-землевозы грузоподъемностью 20 т (МоАЗ-6507).

Карьерные автомобили-самосвалы предназначены в основном для работы на предприятиях горнорудной промышленности. Эксплуатировать их можно при наличии специальных дорог с твердым,

в основном бетонным покрытием или в карьерах с твердым основанием. Эти автомобили-самосвалы применяют и в гидротехническом строительстве, когда необходимо перевозить землю в больших объемах, например при устройстве выемки крупных каналов (канал Тартар-Евфрат и др.), на строительстве гидроузлов (Талимарджанское водохранилище на Каршинском канале, плотина Нурекской ГЭС и др.).

Специальные внедорожные автомобили-землевозы МоАЗ-6507 способны работать в тяжелых дорожных условиях. Поэтому они рекомендуются для выполнения больших объемов земляных работ при устройстве выемки крупных каналов в мягких и особенно во влажных грунтах.

Карьерные автомобили-самосвалы грузоподъемностью 75, 100... 110 и 180 т выпускают небольшими партиями. Они предназначены для работы на карьерах горнорудной промышленности.

За рубежом выпускают карьерные двухосные автомобили-самосвалы грузоподъемностью до 300 т. Землевозные автопоезда компонуют с одноосными скреперными тягачами мощностью до 515 кВт и устанавливают на крупноразмерных шинах низкого давления и высокой проходимости.

Большинство моделей землевозов выпускают в США. Эти землевозы имеют грузоподъемность не менее 16 т. Страны западной Европы производят относительно мало землевозов. Для транспортирования земляных масс и прочих грузов в этих странах используют главным образом автомобили-самосвалы. В ЧССР созданы землевозы с задней и боковой разгрузкой к одноосному тягачу скрепера T200D10. 1 (вместимость кузова 10 м^3).

На земляных работах при строительстве крупных каналов в соответствующих условиях для транспортировки грунта от экскаваторов или погрузчиков можно применять автомобили-самосвалы КамАЗ-5511, МАЗ-5549, КрАЗ-256Б1, автопоезда, состоящие из этих автомобилей-самосвалов и соответствующих самосвальных прицепов, а также внедорожные автомобили-землевозы с задней разгрузкой грузоподъемностью 20 т типа МоАЗ-6507 с широкопрофильными шинами низкого давления, автомобили-землевозы грузоподъемностью 25...30, 45 т и седельные автопоезда-землевозы грузоподъемностью 45 т.

Карьерные автомобили-самосвалы типа БелАЗ-540А и БелАЗ-548 А в комплексе с погрузочными средствами можно использовать на земляных работах при строительстве каналов в твердых грунтах, не требующих устройства специальных дорогостоящих дорожных покрытий, а также при строительстве крупных сооружений на каналах (гидроузлы, насосные станции и др.) с организацией челночных перевозок по специально устраиваемым дорогам с твердым покрытием.

Сыпучие грузы (песок, гравий, щебень и другие материалы) можно перевозить автомобилями-самосвалами КамАЗ-5511, МАЗ-5549, КрАЗ-256Б1 и автопоездами, состоящими из этих автомобилей-самосвалов и самосвальных прицепов.

ГЛАВА 4

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ЗИМОЙ

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ЗИМОЙ

В последние годы отношение к ведению земляных работ в зимний период изменилось. Если при строительстве Волго-Донского судоходного канала (1949...1952 гг.) земляные работы в зимний период проводили вынужденно, чтобы завершить канал в срок, то при строительстве канала Иртыш — Караганда (1962...1974 гг.) круглогодовые земляные работы считались положительным опытом.

В современной практике гидротехнического строительства, включая и крупномасштабные земляные работы, преобладает тенденция круглогодового производства работ.

Основное затруднение при производстве земляных работ зимой — промерзание грунта, из-за которого сложно разрабатывать и укладывать грунт в насыпи или в отвалы.

Кроме того, при низких температурах снижается трудоспособность рабочих, осложняются условия эксплуатации строительных машин, увеличивается их износ, появляются дополнительные операции (расчистка от снега, рыхление и уборка мерзлого грунта и др.).

Обычно грунт приходит в устойчивое замерзшее состояние через 5...20 сут после наступления зимнего периода и сохраняет это состояние еще 15...30 сут после его окончания.

Наибольшая глубина промерзания грунта достигается обычно через 1...2 месяца после периода самых низких температур.

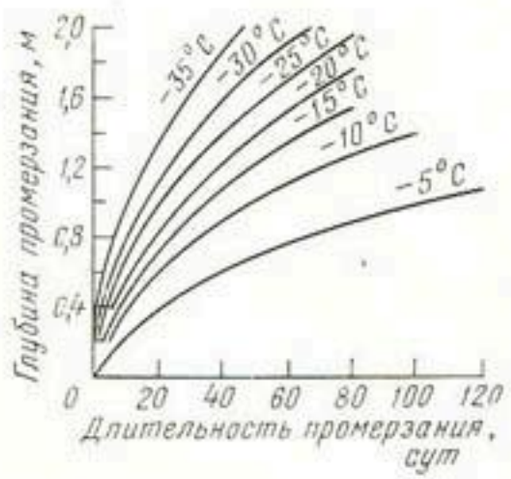

Рис. 66. Зависимость глубины промерзания грунтов от температуры и длительности промерзания.

На глубину промерзания грунта влияют температура воздуха, длительность промерзания (рис. 66), сила ветра, толщина снежного покрова, характер естественного покрова (трава, кустарник, пахота, торф и др.), а также теплопроводность, влажность грунта и уровень грунтовых вод.

Наряду с отрицательными факторами, затрудняющими зимние работы и требующими проведения специальных мероприятий, можно отметить и ряд следующих положительных аспектов зимних работ, которые должны быть использованы при строительстве каналов:

подъезд к заболоченным участкам трассы каналов;

проведение работ по лесосводке, лесоочистке и вывозу древесины с участков, где затруднены подходы в теплое время года;

проведение работ по обвалованию и осушению территории на заболоченных и залитых водой участках трассы каналов, что в последующем позволит организовать круглогодовую работу по лесосводке, лесоочистке и корчевке пней;

устройство каналов и пионерных траншей взрывом на выброс на болотистых местностях.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПРОВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ЗИМОЙ

Предохранение грунтов от промерзания. Грунты, подлежащие разработке зимой, предохраняют от промерзания различными способами, основными из которых являются: вспахивание, боронование и снегозадержание; утепление теплоизоляционными материалами; глубокое рыхление; утепление льдозащитной оболочкой; химические способы.

Мероприятия по предохранению грунтов от промерзания рекомендуется проводить осенью до наступления устойчивых отрицательных температур.

Вспахивание, боронование и снегозадержание применяют в средней полосе страны для утепления грунта на участках канала, разработку которых намечено начать в декабре.

Вспашку на этих участках проводят тракторными плугами и рыхлителями на глубину до 35 см с последующим боронованием на глубину 10...15 см. Предварительное предзимнее рыхление грунтов эффективно уменьшает глубину промерзания при условии неполного их водонасыщения.

В климатических районах со сравнительно ранними, устойчивыми и значительными снегопадами, где вспашка и боронование недостаточно уменьшают глубину промерзания, проводят снегозадержание. Для этого по контуру выемки бульдозерами устраивают снежные валы. При этом бульдозеры не должны нарушать снежный покров внутри ограждаемого контура выемки, так как гусеницы бульдозеров сильно уплотняют снег, ухудшая его теплоизоляционные свойства. Кроме того, снежный покров следует предохранять даже от утаптывания пешеходами.

Утепление теплоизоляционными материалами применяют, как правило, для предохранения от промерзания поверхностей площадок гидротехнических сооружений. В качестве основных утеплителей можно использовать торфяную крошку, шлак, солому, сено, камыш, листву и др. Выбор утеплителя определяется местными условиями и производственной обстановкой. Кроме того, следует учитывать тип землеройного оборудования, поперечный и продольный профили выемки, интенсивность работ и ряд других факторов.

Целесообразность утепления грунта теплоизоляционными материалами при строительстве крупных каналов ввиду большой тру-

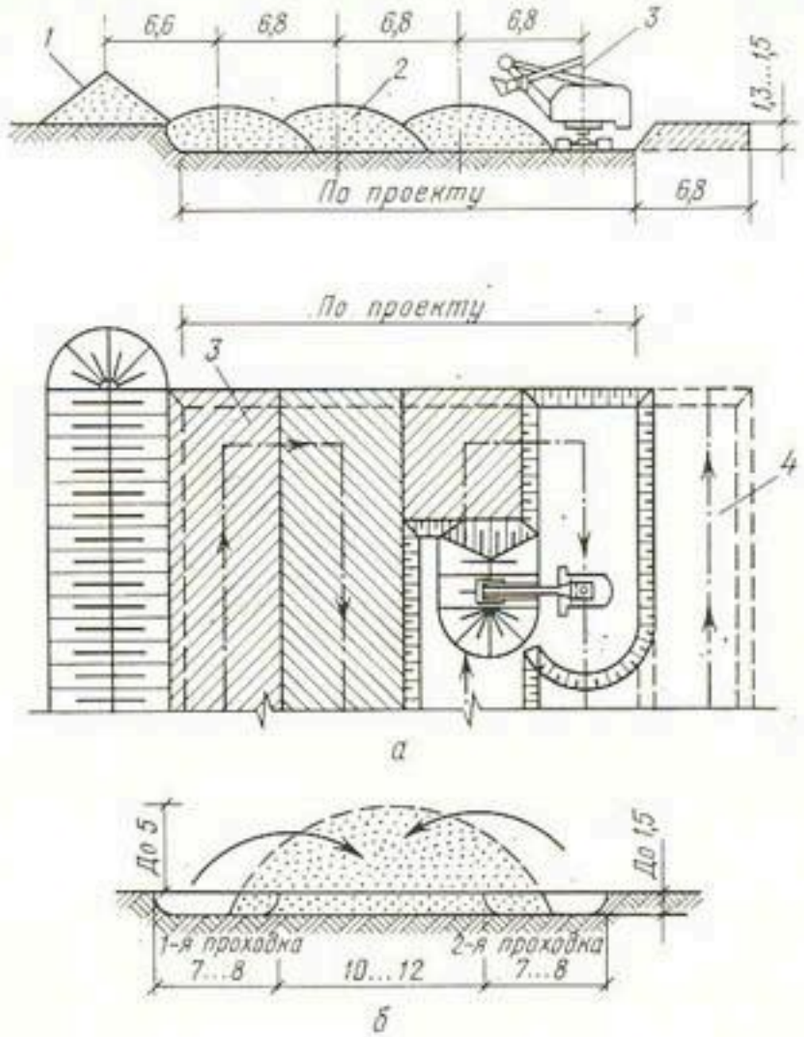

Рис. 67. Схемы глубокого рыхления экскаватором с прямой лопатой для предохранения грунта от промерзания:

а — метод перелопачивания; *б* — метод окучивания; *1* — отвал грунта от первой проходки экскаватора; *2* — разрыхленный грунт, уложенный при последующих проходках экскаватора; *3* — ось движения экскаватора; *4* — резерв для заполнения выработки последней проходки экскаватора. (Размеры в м.)

доемкости, необходимости заготовки и доставки материалов покрытия в каждом конкретном случае следует обосновывать технико-экономическими расчетами.

Предварительное глубокое (до 1,3...1,5 м) рыхление грунта весьма эффективно предохраняет грунт от промерзания. Для этих целей можно использовать экскаваторы с прямой лопатой вместимостью 0,5 м³ (рис. 67). Глубокое рыхление проводят быстрыми темпами поздней осенью после прекращения осенних дождей незадолго до наступления морозов.

Этот способ рекомендуется применять в условиях зимы с устойчивыми и продолжительными морозами.

Образующаяся при экскавации гребенчатая поверхность разрыхленного грунта задерживает снег, что, в свою очередь, предохраняет грунтовую поверхность от глубокого промерзания. Глубина промерзания разрыхленного грунта даже в суровые зимы значительно меньше глубины промерзания грунта естественного сложения. Этим способом рекомендуется предохранять от промерзания малосвязные и несвязные грунты: супеси, пески, гравелистые грунты.

Утепление грунта льдозащитной оболочкой применяется в строительстве давно. Сам по себе лед не является теплоизолятором с выгодными теплофизическими свойствами, но в сочетании с воздушной подушкой, образуемой между ним и поверхностью грунта, он предохраняет грунт от промерзания (шатровый эффект).

Технология образования льдозащитной оболочки состоит в том, что защищаемая поверхность грунта в период морозов заливается водой, удерживаемой в подпертом состоянии в течение нескольких часов до образования устойчивого ледового покрытия в несколько сантиметров. Затем вода спускается и под ледовым «шатром» оказывается воздушная прослойка.

Для того, чтобы достаточно большая ледовая поверхность не оседала, ее подпирают грунтовыми оградительными валиками и лежнями.

Утепление льдозащитной оболочкой рекомендуется применять в малоснежных и бесснежных местностях. Толщина оболочки определяется теплотехническими расчетами (Лофицкий, 1961).

Химические способы защиты грунтов от промерзания применяются при разработке зимой котлованов, траншей и каналов с укладкой грунта в отвал или в насыпи и обратные засыпки, когда невозможно или экономически невыгодно использовать рыхлители. Обработанные химическим реагентом грунты при разработке зимой не смерзаются и не намерзают на рабочие органы землеройных и транспортных машин.

Соли в грунт можно вносить в сухом виде или в виде водного раствора.

Водные растворы рекомендуется применять на тяжелых глинистых и суглинистых грунтах с малым коэффициентом фильтрации.

Наиболее доступными и дешевыми в настоящее время химическими реагентами, которые рекомендуется применять при химическом способе защиты грунтов от промерзания, являются хлористый натрий и отходы калийных комбинатов.

Хлористыми солями следует обрабатывать грунты осенью до наступления устойчивых отрицательных температур в следующие сроки (Черкашин, Червец, Иванов, 1971):

за 5...15 сут в условиях с влажными зимами и продолжительными оттепелями на песчаных и супесчаных грунтах;

за 20...45 сут в условиях с морозными зимами на глинистых грунтах.

Эти сроки определяются в основном тем фактором, чтобы внесенная в грунт соль ко времени разработки грунта на участке растворилась бы и проникла в грунт.

Перед внесением соли выполняют следующие работы, способствующие проникновению реагентов в грунт: грубую планировку поверхности; удаление растительного слоя, рыхление или вспашку, облегчающие проникновение соли в грунт.

Механизация работ по внесению химических реагентов в грунт осуществляется с помощью специальных пескоразбрасывателей, а также с помощью поливочных машин (при внесении водных растворов).

При рассмотрении возможности применения химических способов защиты грунтов от промерзания следует учитывать отрицательные последствия — ускоренный износ землеройной техники из-за коррозионного воздействия на металл.

Рыхление мерзлых грунтов. В случаях, когда не удается предохранить грунты от промерзания или когда проведенные мероприятия не оказываются достаточно эффективными, при разработке грунтов зимой следует проводить их рыхление или оттаивание. Оттаивание грунта — дорогостоящее и трудоемкое мероприятие. Поэтому оно не может быть рекомендовано для земляных работ при строительстве крупных каналов и в дальнейшем не рассматривается.

Основные способы рыхления грунта — механический и взрывной.

В отечественной практике более 70% мерзлых грунтов рыхлят механическим способом, который практически сводится к резанию грунта машинами статического действия и ударному разрушению машинами динамического, вибрационного и комбинированного действия.

Механический способ применяется, как правило, при рыхлении мерзлого грунта с глубиной промерзания до 1 м.

При рыхлении грунта механическим способом применяют:

машины статического действия с активными рабочими органами, разрабатывающие грунт резанием (бары, дискофрезерные машины, роторные и цепные экскаваторы и др.);

машины статического дайствия с пассивными рабочими органами, разрыхляющими грунт (навесные рыхлители на базе гусеничных тракторов; навесные рыхлители на гусеничных тракторах мощностью 243...368 кВт могут послойно рыхлить грунт, промерзший на глубину более 1 м);

машины с винтоклиновыми рабочими органами;

машины с вибрационным воздействием рабочего органа на грунт (экскаваторы с прямой и обратной лопатами, оборудованными активными зубьями, и др.);

машины с ударными нагрузками (клины-молоты на тракторах с направляющей рамой и др.).

В настоящее время наибольшее распространение при рыхлении мерзлого грунта получили машины статического действия. Следует отметить перспективность и экономичность машин с винтоклиновым рабочим органом (стоимость рыхления грунта около 0,17 р/м^3).

Взрывной способ при глубине промерзания более 1 м — основной способ рыхления грунта. В зависимости от глубины промерзания, наличия оборудования и ряда других факторов заряды размещают в основном в шпурах, скважинах или в щелях.

Шпуры делают при глубине промерзания 1,3...1,5 м. Шпуры диаметром до 75 мм бурят на 0,9 глубины промерзания в грунтах I группы и на всю глубину промерзания до контакта с талым грунтом в грунтах II и III групп. Расстояние между шпурами принимают от 0,8 до 1,4 толщины мерзлого слоя.

Скважины для зарядов устраивают диаметром более 75 мм при глубине промерзания грунта более 1,5 м (СНиП III-8—76).

В мелиоративном строительстве в последние годы для размещения зарядов в мерзлом грунте начали устраивать щели. Нарезают их баровой машиной на 0,8 глубины промерзания.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ЗИМОЙ

Скреперные и бульдозерные работы. В последние годы при строительстве каналов, дамб, плотин и других сооружений широко применяется круглогодовая работа скреперов, несмотря даже на то, что зимние работы значительно дороже и более трудоемки, чем летние. Основные ракомендации по выполнению зимних скреперных и бульдозерных работ при устройстве каналов можно свести к следующим положениям (СНиП III-8—76; Волынов, Чаталбашев, 1978).

При разработке грунта в выемке канала:

мерзлые грунты можно разрабатывать скреперами и бульдозерами только после предварительного рыхления;

разрабатывать скреперами разрыхленный мерзлый грунт следует колонной из нескольких скреперов с применением толкачей. При этом наличие в разрыхленном грунте плоских комьев размером до 0,5 м не препятствует загрузке и разгрузке скреперов вместимостью ковша 8 м^3 и более;

разрабатывать скреперами и бульдозерами талый грунт (после вскрытия мерзлого) рекомендуется круглосуточно по скользящему графику, чтобы не допустить промораживания грунта;

при вынужденных перерывах в работе скреперов и бульдозеров талый грунт следует прикрывать шубой (разрыхленным грунтом) или вспахивать;

разрабатывать выемку канала рекомендуется наклонными слоями, способствующими уменьшению промораживания грунта забоя.

При отсыпке насыпей дамб канала (рекомендации применимы и для отсыпки насыпей другими механизмами):

интенсивность разработки и раскладки связного грунта на картах должна быть такой, чтобы грунт сохранял положительную температуру;

возводить насыпи рекомендуется слоями максимальной толщины с уплотнением до расчетной плотности в минимально короткие сроки;

доувлажнять связный грунт в картах (при необходимости) рекомендуется раствором хлористого натрия;

влажность связных грунтов при укладке не должна превышать 0,9 влажности на границе раскатывания;

разрыхленный мерзлый грунт, используемый для возведения насыпей, не должен содержать смерзшихся комьев размером более 10 см. Допускаемое процентное содержание мерзлого грунта в дамбах канала должно быть указано в проекте.

В отдельных случаях при значительных осложнениях, связанных с рыхлением промерзшего грунта и невозможностью или неэкономичностью разработки его скреперами, для загрузки скреперного парка строительства может быть допущена совместная работа экскаваторов и скреперов. В этом случае скреперы используют как транспортные средства. Так как при работе по такой схеме грунт скрепером не набирается, то высвобождающееся тяговое усилие может быть использовано для тяги одним трактором двух прицепных скреперов.

Экскаваторные работы. Опыт строительства крупных каналов показывает, что экскаваторные работы на них можно выполнять круглый год.

При глубинах промерзания до 0,4 м грунт разрабатывается экскаваторами с ковшами вместимостью 1 м^3 и более без рыхления. При бо́льших глубинах промерзания грунта экскавации должно предшествовать предварительное рыхление. При этом габариты разрыхленных комьев оказывают на производительность экскаваторов такое же влияние, как и габариты дробленой скальной породы.

При ведении крупномасштабных экскаваторных работ зимой рекомендуются следующие мероприятия:

не допускать более чем сменного перерыва работ одноковшовых экскаваторов во избежание значительного промораживания забоя;

применять на земляных работах одноковшовые экскаваторы бо́льшей мощности и бо́льшей вместимости ковша;

применять меры против намерзания грунта к кузовам транспортных средств при работе экскаваторов с автосамосвалами (обогрев кузова отработанными газами, покрытие отработанными маслами и другие способы);

проводить соответствующие мероприятия по предохранению грунта от промерзания, а также по рыхлению промерзшего грунта;

при экскавации мерзлого грунта высота забоев прямых лопат должна быть по возможности бо́льшей.

Большой опыт работы роторных и цепных экскаваторов на карьерах и разрезах горнодобывающей промышленности страны показал, что землеройные комплексы, состоящие из этих машин, конвейеров и отвалообразователей, как правило, зимой не работают.

Гидромеханизированные работы. В связи с предстоящим строительством ряда крупных каналов на долю гидромеханизированных работ будут приходиться всеувеличивающиеся объемы работ.

Наряду с общепризнанными достоинствами способ гидромеханизации обладает и существенным недостатком — сезонностью работ. Однако современный уровень технических средств позволяет значительно продлить сезон гидромеханизированных работ и даже достичь круглогодового их выполнения. При этом важно установить экономическую целесообразность дополнительных затрат, обеспечивающих техническую возможность зимней эксплуатации земснарядов. Отечественная и зарубежная практика накопила положительный опыт зимней эксплуатации средств гидромеханизации (Волжские ГЭС им. В. И. Ленина и им. XXII съезда КПСС, Горьковская, Камская, Красноярская, Новосибирская и другие ГЭС, хвостохранилища обогатительной фабрики на севере Канады в 43-х километрах от Северного полярного круга и др.). Зимние гидромеханизированные работы выполняются на объектах трестов «Гидромеханизация», «Трансгидромеханизация», «Уралсибгидромеханизация» и др.

Основные требования к зимним работам гидромеханизации могут быть сформулированы следующим образом (Попов, Рощупкин, 1979): техническая возможность (энергообеспеченность строительства должна позволять ведение работ в конкретных климатических условиях при безаварийной эксплуатации оборудования); качество работ (выемка и намываемая насыпь должны соответствовать требованиям технических нормативов); экономическая целесообразность (экономический эффект от продления сезона гидромеханизации должен превышать дополнительные затраты на проведение работ зимой).

По отечественному опыту гидромеханизации наиболее целесообразны следующие виды зимних работ: намыв подводной части русловых земляных плотин; разработка выемки каналов и котлованов; возведение временных земляных перемычек и подводный замыв пазух сооружений; замыв оврагов и намыв грунтовых резервов.

Ввиду сложных условий производства зимних гидромеханизированных работ на их ведение рекомендуется составлять проект производства работ и рабочие инструкции. В проекте производства работ следует намечать подготовительные мероприятия к зимним работам, проведение которых должно быть предусмотрено в теплое время года без прекращения намыва. Зимние работы должны быть продолжением летне-осенних, начинать зимой гидромеханизированные работы не рекомендуется.

Условие технической возможности зимних гидромеханизированных работ определяется неразрывностью технологического цикла: грунтозабор — гидротранспорт — намыв. Основными причинами нарушения этого цикла могут быть промерзание грунта в карьере и в трубопроводах при цикличном режиме работы, льдообразование в акваториях земснарядов и на картах намыва. Время, в течение которого указанные причины определяют техническую невозможность работы средств гидромеханизации, следует определять теплотех-

ническими расчетами. Расчет времени технической невозможности зимних работ гидромеханизации позволяет целенаправленно организовать подготовительные мероприятия, выявить технологические звенья процесса, на которые следует обратить внимание при проведении зимних работ.

Подготовительные мероприятия условно могут быть разделены на две группы: заблаговременные (утепление карьеров, организация зимних работ с использованием тепла грунтовых вод); повседневные (поддержание незамерзающих акваторий, подогрев воды или гидросмеси, холостые прокачки воды по трубопроводам и др.).

Из условий безопасного производства зимних гидромеханизированных работ и эффективного всасывания грунта земснарядами глубины промерзания грунта в карьерах, при которых не требуются специальные мероприятия, должны быть не более (Попов, Рощупкин, 1979):

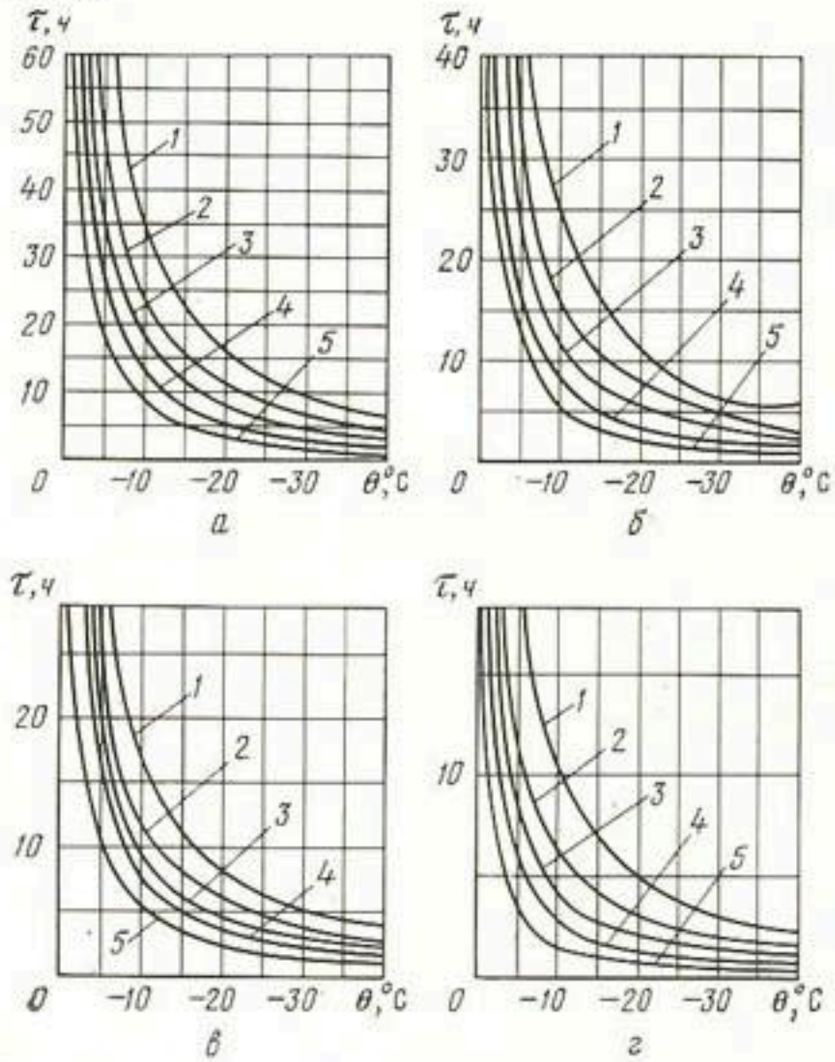

Рис. 68. Номограмма для определения допустимой продолжительности τ остановки земснарядов без опорожнения трубопроводов в зависимости от температуры воздуха θ:

а — для земснарядов типа 1 000-80 и 500-60; *б* — то же, типа 300-40; *в* — то же, типа 100-40К; *г* — то же, типа 8НЗ; *1, 2, 3, 4, 5* — при скорости ветра соответственно 1, 3, 6, 9 и 15 м/с.

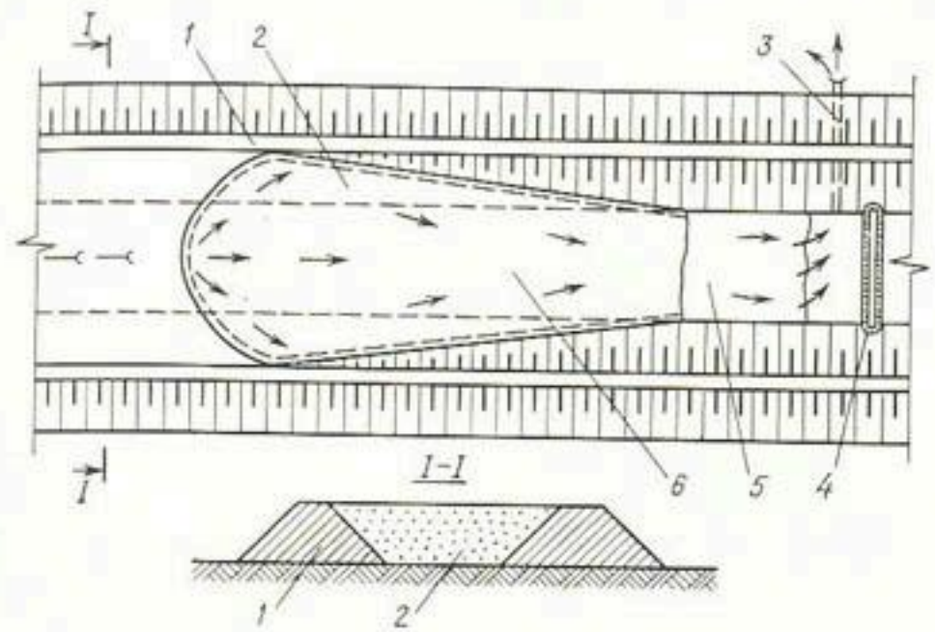

Рис. 69. Схема зимнего безэстакадного пионерно-торцового намыва грунта земснарядами с высоким обвалованием:

1 — грунт, уложенный в теплый период; *2* — грунт, намытый зимой; *3* — водосбросная труба; *4* — перемычка; *5* — прудок; *6* — пляж.

	см
для земснарядов типа 100-40	20...30
» » » 300-40	30...40
» » » 350-50 и 500-60	40...50

При гидромеханизированных работах, когда промерзание грунта превышает указанные величины, необходимо заблаговременно предохранять грунт от промерзания либо рыхлить мерзлый грунт.

Разрыхленный мерзлый грунт рекомендуется убирать за пределы выемки и размещать либо в отвалах, либо в зонах, намеченных для гидромеханизированной разработки летом.

В процессе зимних работ принятая технология должна обеспечивать сохранение и максимальное использование естественного тепла, аккумулированного в воде и грунте выемки канала. Для выполнения этого требования к технологии зимних гидромеханизированных работ предъявляются следующие требования: зимняя разработка каналов должна быть непрерывной, а скорость разработки по длине забоя — не менее 0,4...0,6 м/ч, причем разработку рекомендуется вести относительно узкими прорезями; при устройстве насыпи дамб каналов рекомендуется применять пионерно-торцовой намыв грунта на укороченные карты.

Зимняя эксплуатация трубопроводов сопряжена с определенными трудностями. Они вызваны возможным промерзанием труб при перекачке по ним пульпы или при неизбежных перерывах в работе. Допустимая продолжительность остановок земснарядов без опорожнения трубопроводов зависит от температуры воздуха и типа земснаряда (рис. 68).

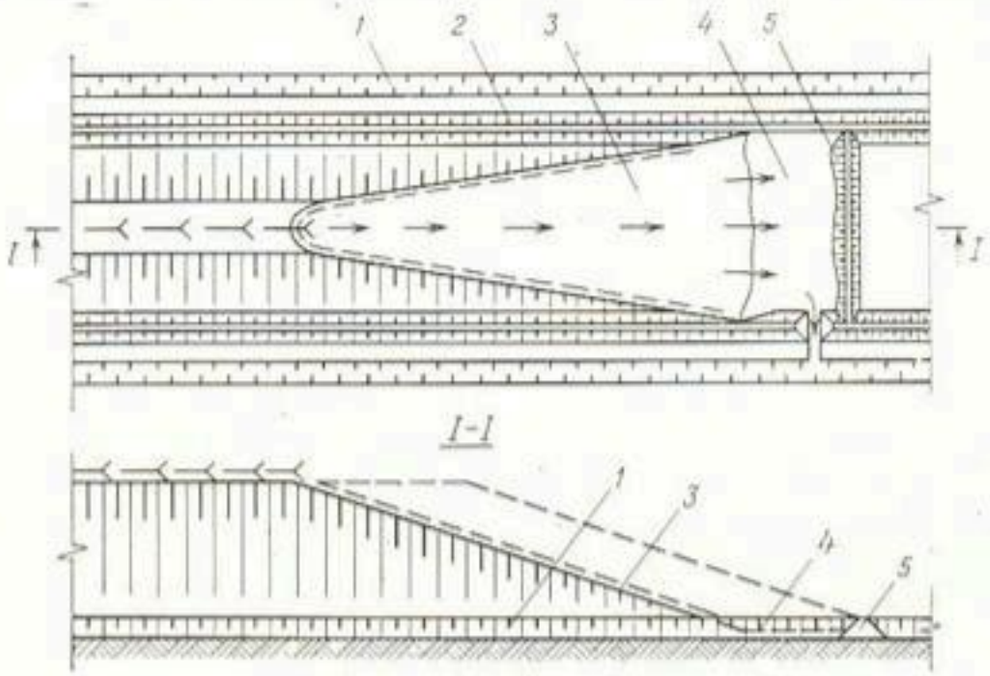

Рис. 70. Схема зимнего беззстакадного пионерно-торцового намыва грунта земснарядами с образованием свободных откосов:

1 — водосбросная канава; *2* — первичное обвалование; *3* — пляж; *4* — прудок; *5* — перемычка.

Для зимнего времени рекомендуются следующие технологические схемы организации намывных работ:

беззстакадный пионерно-торцовый способ намыва с высоким обвалованием (рис. 69) для намыва широкопрофильных дамб небольшой высоты. Целесообразность этого способа обосновывается в каждом случае с учетом технологии возведения первичного обвалования;

беззстакадный пионерно-торцовый способ со свободным откосом для возведения узкопрофильных дамб и насыпей высотой до 10 м (рис. 70). При применении этого способа обязательно устраивают водосбросные канавы.

При первичном обваловании дамбы высотой не менее 1 м следует отсыпать из талого грунта по всей длине участка, намываемого зимой.

ГЛАВА 5

ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ОБЛИЦОВКИ КАНАЛОВ

Одно из важнейших требований, предъявляемых к ирригационным каналам, — это сведение к минимуму потерь воды на фильтрацию. Большие фильтрационные потери, а в каналах без противофильтрационной защиты они в ряде случаев достигают 40...50% головного водозабора, вызывают дополнительные затраты на увеличение пропускной способности и стоимости всего водопроводящего тракта и сооружений, увеличение мощности насосных станций, необходимость разработки специальных мероприятий по предотвращению засоления и заболачивания земель. Сокращение фильтрационных потерь из мелиоративных каналов достигается экранированием их периметра различного рода противофильтрационными одеждами. При выборе противофильтрационных мероприятий для мелиоративных каналов важное значение приобретают вопросы изыскания наиболее эффективных и экономичных для конкретного канала противофильтрационных одежд, требующих наименьших затрат труда и строительных материалов и обеспечивающих надежность эксплуатации.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ОБЛИЦОВОК

В практике гидротехнического строительства используют облицовки из монолитного и сборного бетона и железобетона, грунтопленочные экраны, бетонопленочные облицовки, облицовки из асфальтобетона, грунтоцементные облицовки, поверхностные экраны из полимерных материалов, бентонитовые экраны.

Грунтовые противофильтрационные экраны, создаваемые ударным уплотнением грунтов ненарушенной структуры, были применены в пятидесятые — шестидесятые годы при строительстве мелиоративных каналов в Азербайджане, Грузии и в начальный период освоения Голодной степи. Такие экраны значительно снижают фильтрационные потери из каналов, и стоимость их устройства составляет всего 0,2 р/м^2. Однако малый срок службы грунтовых экранов (экран разуплотняется примерно через 2...3 года) и необходимость их восстановления в условиях действующих или отключаемых на короткие сроки каналов резко ограничивают область их применения (Духовный, 1973).

Основания противофильтрационных облицовок должны быть плотными и устойчивыми. В зависимости от типа облицовки, инженерно-геологических, гидрогеологических и других местных условий для качественной подготовки основания под облицовку выпол-

няют следующие основные работы: уплотнение насыпных и рыхлых грунтов; планировку дна и откосов канала; устройство специальных подготовок (песчаных, суглинистых, бетонных и др.); обработку основания гербицидами.

Облицовки из монолитного и сборного бетона и железобетона. Бетонные и железобетонные облицовки каналов широко распространены в отечественной практике водохозяйственного строительства. В зарубежной практике эти облицовки по объемам применения занимают первое место. Бетонные облицовки каналов, несмотря на сравнительно высокую стоимость, при комплексном сравнении с другими противофильтрационными мероприятиями зачастую оказываются наиболее экономичными. Они надежны и эффективны. Их применяют, чтобы увеличить пропускную способность каналов, сократить объемы земляных работ при уменьшении габаритов каналов, защитить от размывов и деформации русла, а также от зарастания откосов.

В Советском Союзе мелиоративные каналы начали облицовывать монолитным и сборным бетоном и железобетоном в больших объемах в основном с середины текущего столетия. В настоящее время ряд крупных каналов, таких как Самур-Апшеронский, Верхне-Ширванский, Главный Мильский, Главный Муганский в АзССР, Каршинский, Южно-Голодностепский с ветками, Занг, Шерабадский, им. Москвы, Дальверзинский в УзССР, Большой Ставропольский, магистральный канал Комсомольской оросительной системы в РСФСР, Главный Каховский и его распределители в УССР и многие другие, имеют бетонную и железобетонную облицовку на отдельных участках или по всей длине.

Бетонные облицовки делятся на сборные и монолитные, однослойные и многослойные, армированные и неармированные, уложенные на подготовку или без нее.

В конструктивном отношении эти облицовки представляют собой плиту, лежащую на упругом основании, нагруженную давлением воды и разрезанную швами на карты. Толщина облицовок каналов в зависимости от их пропускной способности и условий эксплуатации, колеблется в пределах 0,1...0,25 м. В США с их сравнительно мягким климатом распространены облицовки толщиной 0,1...0,15 м, а в Советском Союзе — 0,1...0,25 м. Толщина облицовки, как правило, назначается одинаковой по всему периметру канала. Для крупных каналов ее определяют с учетом всех нагрузок, включая нагрузки от ледовых и волновых воздействий.

Заложение откосов каналов с бетонными и железобетонными облицовками принимается: при облицовках из монолитного бетона и железобетона — не круче 1 : 1,5, при сборных железобетонных облицовках — не круче 1 : 1.

Бетонные и железобетонные облицовки обычно укладывают на слой гравийной, песчано-гравийной или щебеночной подготовки толщиной 0,1...0,3 м. Подготовка, как правило, предупреждает возможные неблагоприятные деформации грунта (набухание, пучение, просадки).

Монолитные железобетонные облицовки отличаются от бетонных повышенными показателями прочности, сопротивляемости трещинообразованию, местным деформациям и просадкам.

Монолитные облицовки устраивают как с применением частичной механизации (бетонные и железобетонные облицовки), так и с помощью бетоноукладочных комплексов (бетонные облицовки). Отечественная промышленность выпускает следующие машины для бетоноукладочных комплексов (табл. 25).

25. БЕТОНОУКЛАДОЧНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ КАНАЛОВ МОНОЛИТНЫМ БЕТОНОМ

Глубина канала, м	Ширина канала по дну, м	Заложение откосов	Машины комплекса			
			экскаватор-профилировщик	бетоноукладчик	нарезчик швов	заливщик швов
1,5...3	1,5...2,5	1 : 1,5	Д-654Б	Д-655В	Д-656А	МБ-16
2,5...5	2...8	1 : 1,5	Д-582 или	Д-580 или	Д-651 или	
		1 : 2	МБ-24	МБ-25	МБ-26	МБ-16

Монолитные бетонные облицовки каналов выполняют с помощью бетоноукладочных комплексов по одной и той же технологии, которая имеет следующие последовательные операции: разработку грунта (скреперами, бульдозерами, одноковшовыми экскаваторами или машинами непрерывного действия) по трассе канала с недоборами по всему профилю до 0,4 м; уплотнение грунта (при необходимости) трамбованием или замачиванием водой; укладку рельсового пути по обеим бермам канала; монтаж комплекса машин; профилирование канала до проектных отметок; увлажнение поверхности откосов и дна канала перед укладкой бетона; распределение и уплотнение бетонной смеси по периметру канала; устранение дефектов покрытия и частичная затирка его поверхности вручную; нарезку деформационных швов; нанесение на поверхность свежеуложенного бетона пленкообразующих жидкостей; заливку деформационных швов герметизирующими материалами; засыпку берм канала грунтом до уровня бетонной облицовки; формирование проектных кавальеров.

Машины отечественных бетоноукладочных комплексов почти полностью исключают ручной труд (не считая закладки герметика и частичной затирки поверхности).

Как показали исследования работы комплексов машин, качество укладываемой бетонной облицовки и ее противофильтрационные свойства в значительной степени определяются режимом работы бетоноукладчика. Наилучшие показатели имеет непрерывно формируемая облицовка, то есть когда бетоноукладчик движется непрерывно. При цикличной работе бетоноукладчика образуются трещины в облицовке. В связи с этим за основу в технологии и организации строительства этими комплексами машин приняты непрерывность бетонирования и поточность всех выполняемых операций (Фоменко, Полевой, 1981).

Из общего объема работ по устройству монолитных бетонных и железобетонных облицовок мелиоративных каналов к концу семидесятых годов при помощи бетоноукладочных комплексов выполнялось около 40% объемов. Остальной объем этих работ выполнялся с применением частичной механизации (подача бетонной смеси кранами в бадьях, разравнивание вручную, уплотнение вибраторами).

В зарубежной практике при устройстве монолитной бетонной облицовки каналов глубиной более 3 м применяют бетоноукладочные комплексы Динглер, Алконс (ФРГ), «Рахко», Анкон инкорпорейтид (США) и др.

Выпускаемые американской компанией «Рахко» бетоноукладочные комплексы весьма эффективно применяют при устройстве бетонной облицовки толщиной 8...20 см каналов глубиной до 7 м, шириной по дну от 3 до 20 м, заложением откосов 1 : 1,5; 1 : 2; 1 : 2,5 и 1 : 3. В 1975 г. компания «Рахко» поставила в Советский Союз два бетоноукладочных комплекса в составе:

экскаватора-профилировщика HT-560C на гусеничном ходу подачей до 350 м³/ч с фрезерно-роторным рабочим органом и зачистным ножом, срезающим за один проход слой грунта толщиной до 30 см;

бетоноукладчика HS-60C на гусеничном ходу подачей 80... 120 м³/ч с механизмом для укладки герметизирующих пластмассовых крестообразных лент «Констоп» в продольные деформационные швы и плоских лент в строительный шов дна;

платформы HIC-60C на гусеничном ходу для устройства поперечных деформационных швов из герметизирующей пластмассовой ленты с самоходной рабочей тележкой, имеющей заглубляющую пяту, заглаживающий башмак и направляющую трубу;

платформы HCI-60C на пневмоколесном ходу для отделки бетонной облицовки;

платформы HWS-560C на пневмоколесном ходу для нанесения на свежеуложенную бетонную облицовку водоразбавляемой пленкообразующей жидкости (ВПЖ) с помощью форсунок, смонтированных на платформе. ВПЖ образует однородную сплошную водонепроницаемую пленку с хорошей адгезией к свежеуложенному бетону.

Бетоноукладочные комплексы компании «Рахко» (рис. 71) надежно работали на строительстве распределительных каналов Р-5 и Р-5-1 Каховской оросительной системы (средняя глубина каналов 5,8 м, ширина по дну 6 м, заложение откосов 1 : 2), на магистральном канале Комсомольской оросительной системы (глубина канала 5 м, ширина по дну 16 м, заложение откосов 1 : 2) и показали хорошие результаты.

В состав поставленного компанией «Рахко» оборудования, кроме бетоноукладочного комплекса, вошли автобетоносмесители, инвентарный автоматизированный бетонный завод со складами цемента, песка и щебня фирмы «Росс», гидравлический подъемник

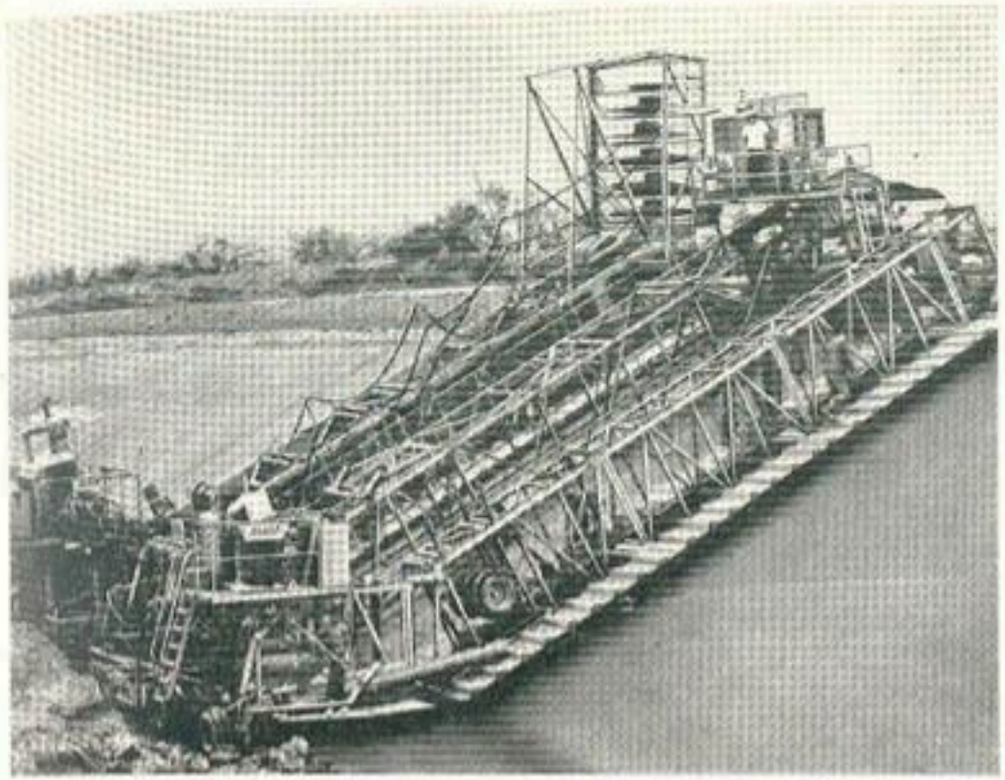

Рис. 71. Устройство бетонной облицовки на распределительном канале Р-5 Каховской оросительной системы бетоноукладочным комплексом «Рахко».

RH120 для подъема из канала, транспортировки и установки на новую позицию машин бетоноукладочного комплекса и др.

Бетоноукладочный комплекс «Рахко» имеет следующие достоинства: позволяет применять высокоподвижные бетонные смеси с пластифицирующими и воздухововлекающими добавками, обеспечивающими требуемую водонепроницаемость бетона облицовки; обеспечивает высокое качество уплотнения бетонной смеси и отделки поверхности бетона; позволяет при устройстве деформационных и рабочих (строительных) швов применять эластичные герметизирующие прокладки, укладываемые в свежеуложенный бетон; обеспечивает комплексную механизацию и поточно-скоростную технологию устройства бетонной облицовки каналов.

Себестоимость 1 м³ бетона облицовки, уложенной бетоноукладочным комплексом «Рахко» на каналах Комсомольской и Каховской оросительных систем, составила соответственно 41,9 и 47,04 р., или 6,3 и 7,06 р/м². Укладка бетона отечественными бетоноукладчиками обходится несколько дешевле.

В последние десятилетия с развитием базы индустрии строительных организаций Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР в практике строительства каналов находят применение облицовки из сборных железобетонных плит (например, на Украине, в Узбекистане и в Поволжье). Применение сборных железобетонных плит при облицовке каналов позволило резко повысить темпы работ и значительно сократить их трудоемкость.

В настоящее время наиболее распространены при облицовке каналов предварительно напряженные железобетонные гладкие плиты типа НПК длиной 6 м, шириной 1; 1,5 и 2,0 м и толщиной 0,06 м с содержанием арматуры 30...40 кг/м³.

В Узбекистане широко применяют вибропрокатные плиты шириной 3 м, длиной 3, 4 и 5 м, толщиной 0,08 м.

Железобетонные плиты, изготовленные в заводских условиях, по сравнению с монолитным бетоном имеют более высокие плотность, водонепроницаемость и морозостойкость.

Основная проблема при устройстве противофильтрационного экрана из сборных железобетонных плит — герметизация швов.

Из-за неудовлетворительной заделки стыков большой удельной протяженности водонепроницаемость облицовки из сборного железобетона зачастую недостаточна. В ряде каналов такая облицовка снижает фильтрационные потери всего в 1,5...2 раза по сравнению с потерями из каналов без облицовки (Духовный, 1973).

Для сокращения удельной протяженности швов в последнее время при облицовке ряда каналов стали применять сборные железобетонные плиты с выпусками арматуры, предназначенными для жесткого соединения плит при омоноличивании швов. Облицовка с таким конструктивным решением была применена в 1975...1976 гг. на магистральном канале Комсомольской оросительной системы. Деформационные швы заливочного типа или оклеенные герметизирующими материалами устраивали через 12...20 м в зависимости от температурных условий.

Эффективность применения облицовок из сборного железобетона повышается при следующих обстоятельствах:

наличии в районе строительства канала баз строительной индустрии, отсутствии в этих районах местных карьеров нерудных материалов;

необходимости устройства облицовок каналов, протрассированных в жарких безводных районах, где приготовление монолитного бетона, укладка его и уход за ним сопряжены со значительными затратами;

необходимости облицовки каналов в труднодоступных для транспорта районах в связи с осложнениями в перевозке большого количества песка и щебня и ограничением расстояния перевозки бетонной смеси;

необходимости круглогодового ведения работ.

За рубежом облицовка каналов сборными железобетонными плитами применяется в более ограниченных масштабах, чем в Советском Союзе. Интерес представляет пример облицовки каналов на объектах Ровенне и Понтекорво в Италии. Здесь были применены тонкостенные напряженно-армированные длинномерные гибкие плиты. Длинные и узкие плиты размером 30×1,25 м и толщиной 0,03 м армировались проволокой диаметром 3...4 мм. Приподнятая за концы плита свободно провисала под собственной тяжестью, вписываясь в сечение канала.

Грунтопленочные экраны. Эти экраны — относительно новый и эффективный вид противофильтрационной защиты каналов, отличающийся малой материалоемкостью и возможностью высокой механизации работ. Для устройства таких экранов в последние годы используют полиэтиленовую стабилизированную пленку, выпускаемую в соответствии с ГОСТ 10354—73.

Отечественная и зарубежная практика эксплуатации мелиоративных каналов с грунтопленочными экранами показала, что такие экраны снижают фильтрационные потери более чем на 90% по сравнению с потерями из каналов без противофильтрационных устройств.

Один из важных показателей, определяющих целесообразность применения грунтопленочных экранов, — их долговечность. В настоящее время нормативных документов, определяющих срок службы полимерных пленок в мелиоративных каналах, не имеется. Натурные наблюдения за каналами в Голодной степи показали, что сохранность полиэтиленовой стабилизированной пленки, эксплуатировавшейся в грунтопленочных экранах каналов в течение 14 лет, вполне удовлетворительная (Духовный, 1973).

Полимерную пленку применяли на машинном канале подпитки р. Мургаба из Каракумского канала, при реконструкции каналов Ингулецкой и Северо-Крымской оросительных систем, на Главном Каховском магистральном и других каналов. В последние годы на крупных мелиоративных каналах применяется следующая конструкция грунтопленочных экранов: дно и часть откосов ниже минимального уровня воды в канале защищают грунтопленочным экраном, а береговую часть откосов в зоне колебаний уровней воды и выше уреза воды в канале крепят бетонной или железобетонной облицовкой, уложенной на пленку. Верхняя часть противофильтрационного экрана защищает откосы от размывающих и волновых воздействий.

Грунтопленочные экраны на крупных мелиоративных каналах устраивают по следующей схеме: пленку укладывают на подготовленное грунтовое основание и поверх нее насыпают защитный слой грунта. При наличии в сечении каналов гравийно-галечниковых или щебенистых грунтов пленку во избежание проколов и разрывов при устройстве укладывают на выравнивающую подготовку из мягкого грунта, прикрывают ее слоем мягкого грунта небольшой толщины и насыпают местный грунт до проектной толщины.

Опыт эксплуатации мелиоративных каналов с грунтопленочными экранами в Голодной степи показал, что пленка повреждается как растительностью с мощной корневой системой и стеблями (камыш и др.), которая прорастает сквозь нее, так и экскаватором при очистке канала от наносов. Чтобы защитить грунтопленочный экран от повреждений во время эксплуатации, рекомендуется грунтовое основание обрабатывать гербицидами (табл. 26), а толщину засыпки делать не менее 0,5...0,7 м.

Работы, связанные с укладкой пленочного экрана (планировка основания, устройство подготовки из мягкого грунта, обработка

26. ГЕРБИЦИДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ПЕРЕД УКЛАДКОЙ ПЛЕНКИ

Гербицид	Токсичность к растениям	Доза на 100 м², кг
Трихлорацетат натрия (ТХА)	Камыш и другие корневые злаки. Гербицидное действие в почве до 4...10 месяцев	1,5
Далапон, атразин	Камыш и другие корневые злаки	0,25

гербицидами и укатка), рекомендуется выполнять в безморозный период года и непосредственно перед укладкой пленочного экрана.

Уложенный на подготовленное основание пленочный экран должен быть сразу же засыпан грунтом. Оставлять неприкрытую грунтом пленку на период более рабочей смены не рекомендуется.

Примером широкого применения грунтопленочного экрана на крупных современных мелиоративных каналах является противофильтрационная защита Главного Каховского магистрального канала. Здесь только в 1971...1975 гг. грунтопленочный экран был устроен по периметру канала на площади около 2,6 млн. м².

Подготовка основания для укладки экрана выполнялась бригадой из 10...12-ти скреперов с 3...4-мя толкачами, 2-х бульдозеров, грейдера-струга и катка.

Поверхность карты после грубой планировки бульдозером доводилась до проектного профиля тщательной планировкой грейдером-стругом и уплотнялась катками. При наличии пересушенного грунта на поверхности карт его перед укаткой увлажняли до такой степени, чтобы при укатке раздавливались комки грунта и образовалась однородная пластичная поверхность.

Пленку сваривали электрическими бытовыми утюгами в полотнища шириной 13...18 м и длиной, равной периметру экранируемого участка (в пределах 68...72 м). Общая площадь заготавливаемых в стационарных условиях полотнищ была около 1 000 м², а масса — 500 кг.

Поступающие из сварочных цехов полотнища расстилали таким образом, что короткая сторона располагалась вдоль оси канала, а длинная — поперек. Концы соседних полотнищ сваривали между собой на деревянной рейке в канале электроутюгами через вощеную бумагу, предотвращающую пережоги пленки и налипание ее на утюги.

Первый защитный полуметровый слой грунта надвигался на пленку бульдозерами, второй — послойно скреперами, проходящими по свежеотсыпанному бульдозерами слою грунта. Уплотнение 25-сантиметровых слоев защитного грунтового экрана производилось катками и груженными скреперами. Заключительной операцией при устройстве экрана являлась окончательная отделка периметра бульдозерами и грейдерами со срезкой «бахромы», подачей ее на дно и прикаткой пневматическими катками (Варварон, Богатов, 1977).

Рис. 72. Устройство облицовки канала из монолитного бетона по полиэтиленовой пленке.

Применение на строительстве полотнищ массой до 500 кг было обусловлено частичной механизацией работ по размотке полотнищ пленки и соединению их в сплошной экран машиной МРСП (навесное оборудование на трактор Т-100-МГС). Обычно же при ручной раскладке полотнища масса его не должна превышать 100 кг.

Опыт устройства пленочных покрытий каналов позволяет рекомендовать укладку их в безветренную погоду, так как даже при небольшом ветре полотнища вздуваются парусом. Это мешает раскладывать полотнища и соединять их между собой.

Стоимость 1 м² грунтопленочного экрана на Главном Каховском магистральном канале составила всего 1,15 р.

Бетонопленочные облицовки. Рекомендуется устраивать на малых и средних каналах в сильнофильтрующих, суффозионно-неустойчивых, а также просадочных грунтах. При соответствующем технико-экономическом обосновании их можно применять и на крупных мелиоративных каналах (ВТР-С-4—76).

В отечественной практике бетонопленочные облицовки, представляющие собой облицовки из монолитного или сборного бетона или железобетона, уложенного на полиэтиленовую пленку, начали применять с конца пятидесятых — начала шестидесятых годов.

При устройстве бетонопленочной облицовки в канале глубиной более 1,5 м заложение откосов с покрытием из сборных железобетонных плит должно быть не круче 1 : 1,5, а с покрытием из монолитного бетона или железобетона — не круче 1 : 2 (рис. 72).

При разработке канала одноковшовыми экскаваторами или скреперно-бульдозерными комплексами по периметру канала оставляют 30-сантиметровый слой грунта, который срезают профилировщиками или цепным многоковшовым экскаватором ЭМ-201А перед устройством бетонопленочной облицовки. При прохождении каналов в галечниковых или щебенистых грунтах, чтобы предохранить пленку от повреждения, по периметру канала отсыпают слой толщиной 0,1...0,15 м из песка или супеси с крупностью частиц не более 6 мм.

Перед устройством бетонопленочной облицовки из сборных плит на участках канала, где может прорастать камыш и другая растительность, грунт следует обрабатывать гербицидами.

Укладка пленки при устройстве бетонопленочной облицовки мало чем отличается от укладки пленки в грунтопленочный экран.

Для сохранения проектного положения полотнищ пленки и предохранения ее от повреждения, как показывает опыт строительства, монтаж плит облицовки следует проводить сразу же вслед за укладкой пленки.

Плиты на пленочный экран укладывают кранами на пневматическом или гусеничном ходу, а также специальными плитоукладчиками типа Д-668 (рис. 73) по технологическим картам, разрабатываемым для конкретного канала, размера плит и кранового оборудования. Чтобы предохранить пленки от повреждения краями плит, перед их монтажом под стыки подстилают полоски шириной не менее 0,2 м из плотной бумаги, пергамина, толя или другого прочного и недорогого материала. Швы между плитами заделывают мелкозернистым бетоном или цементным раствором с уплотнением вибраторами или трамбованием.

Бетонопленочные облицовки требуют совершенствования как в конструктивном, так и в технологическом отношении. Необходимо разработать и внедрить в качестве защитного покрытия по пленке облегченные и менее дорогие конструкции, такие как тонкие армированные цементные плиты, бронеизол и др.

Толщина бетонопленочной облицовки с использованием монолитного бетона устанавливается проектом в зависимости от габаритов канала и способа укладки бетона. Поскольку пленка, уложенная по периметру канала, практически полностью исключает фильтрацию, бетонная часть облицовки выполняет роль защитного слоя. Рекомендуемая ВТР-С-4—76 минимальная толщина защитного слоя составляет 8 см.

Несквозные (ложные) температурно-усадочные швы в облицовке устраивают поперек оси канала не реже чем через 6 м, а сквозные — как в поперечном, так и в продольном направлении в соответствии с расчетом, но не реже чем через 20...25 м.

В сложных инженерно-геологических условиях, характеризующихся наличием по трассе канала трещиноватых, пористых и сильнозагипсованных пород, следует применять комбинированные типы покрытий гибкой конструкции, способной воспринимать возможные деформации без ухудшения противофильтрационных свойств.

Рис. 73. Устройство комбинированной бетонопленочной облицовки на распределительном канале Р-2 Каховской оросительной системы.

Достаточный опыт устройства таких облицовок накоплен строителями Северо-Крымского канала. При строительстве межхозяйственного распределителя расходом воды 19,6 м³/с протяженностью 60 км, по трассе которого залегают известняки-ракушечники на глубине 0,5...3 м от поверхности земли, облицовка канала была выполнена из полиэтиленовой пленки толщиной 0,2 мм, сборных железобетонных плит, уложенных на откосах, и монолитного бетона толщиной 15 см на дне. Чтобы обеспечить расчетные условия работы плит, повысить водонепроницаемость и надежность облицовки, между плитами и пленкой нагнетался цементный раствор с добавками, улучшающими подвижность смеси и ее водоудерживающую способность (Огурцов, Шлаен, Юдович, 1979).

Облицовки из асфальтобетона. Асфальтобетонные облицовки оросительных каналов впервые в Советском Союзе были применены в 1927...1928 гг. на оросительной системе в Голодной степи.

Однако опыт применения этого прогрессивного вида облицовки долгое время оставался единственным из-за того, что асфальтобетонную смесь приготовляли, укладывали и уплотняли вручную. Это было весьма трудоемко и дорого. Применение их сдерживалось также из-за того, что зимой облицовки растрескивались, так как применяли жесткий асфальтобетон. В тридцатые годы в качестве противофильтрационных покрытий Октемберянского, Сардарабадского и Ново-Далминского оросительных каналов были применены погребенные экраны, устроенные из асфальтобетонных матов. Однако из-за высоких затрат ручного труда и отсутствия механизации асфальтобетонные облицовки в тот период не нашли массового применения.

В шестидесятые годы в нашей стране начали осуществлять широкую программу мелиоративного строительства, качественно и количественно возросло оснащение водохозяйственных организаций строительной техникой. На этом этапе новые конструкции асфальтобетонных облицовок начала разрабатывать и внедрять их в строительство лаборатория гидроизоляции ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. Предложенные конструкции отличались долговечностью, надежностью, практически полной водонепроницаемостью, невысокой стоимостью и возможностью механизировать работы по их укладке в противофильтрационные экраны. Это позволило широко применять их в мелиоративном строительстве.

В последние годы в нашей стране асфальтобетонные облицовки применяли для противофильтрационных экранов и креплений каналов Криворожской оросительной системы (1964 г.), оросительной системы «Тумак», Копетдагского распределителя Каракумского канала, плотин и дамб шламо- и золоотвалов, бассейнов-испарителей ГРЭС, судоходных каналов и др. (Попченко, Касаткин, Борисов, 1967).

Полимерные добавки асфальтополимербетона позволили расширить интервал пластичности асфальтобетона от плюс 70°С до минус 50°С. По прочности и долговечности асфальтополимербетон превосходит асфальтобетон.

Асфальтобетонные облицовки целесообразно применять при следующих условиях: отсутствии в районе строительства нерудных материалов необходимого качества, удовлетворяющих требованиям ГОСТ для гидротехнического бетона; наличии в районе строительства заводов по производству асфальтобетона, а также при транспортировке асфальтобетона к месту укладки на расстояние до 60 км; наличии у строительной организации комплекса машин для устройства асфальтобетонной облицовки.

Заложение откосов каналов с облицовкой из асфальтобетона не менее 1 : 1,5, а толщина асфальтобетонного экрана при глубине канала до 5 м должна составлять 6...8 см. В каналах глубиной более 5 м, а также в менее глубоких каналах при наличии в них волновых и ледовых воздействий на облицовку толщина асфальтобетонного экрана должна проверяться расчетами.

Сборную асфальтобетонную облицовку применили в Советском

Союзе на строительстве канала Северский Донец — Донбасс (1958 г.), на берегоукреплении р. Амударьи у г. Чарджоу (1961...1963 гг.) и на других объектах.

При устройстве сборной асфальтобетонной облицовки не требуется тщательно подготавливать поверхность. Эту облицовку можно укладывать на поверхность, грубо спланированную бульдозером.

За рубежом в гидротехническом строительстве асфальтобетон начали применять с тридцатых годов. В последние годы наиболее широко его применяют в ФРГ, США, Франции, Нидерландах, ГДР, Италии и в Японии. В этих странах имеются специализированные фирмы, изготавливающие специальное оборудование для приготовления, укладки и уплотнения асфальтобетона, а также строящие асфальтобетонные покрытия каналов, откосов плотин и других гидротехнических сооружений.

На крупных каналах монолитные асфальтобетонные облицовки впервые были применены в США в пятидесятых годах.

Толщина асфальтобетонных покрытий на зарубежных каналах составляет 0,1...0,15 м. На поверхность покрытия наносят расплавленный битум либо битумные мастики. Из последних наибольший интерес представляет мастика «Флинткоте», состоящая из одной части битумно-бентонитовой пасты, пяти частей цемента и десяти частей воды.

Наибольшее распространение за рубежом получили монолитные асфальтобетонные облицовки из горячих асфальтобетонных смесей различных составов, укладываемых и уплотняемых специальными машинами.

Сборные асфальтобетонные покрытия применяли за рубежом для крепления берегов Суэцкого канала (1954 г.), канала Пиаво в Италии (1957...1959 гг.) и на других объектах.

В зарубежной технической литературе имеются данные об удовлетворительной работе асфальтобетонных противофильтрационных покрытий в течение 44 лет на плотине водохранилища питьевого водоснабжения г. Лос-Анджелеса, 30 лет на деривационном канале Плантаж-Синагра на о. Яве, 25 лет на плотине Эль-Гриб в Алжире.

Положительные результаты эксплуатации этих облицовок дают возможность признать надежность и долговечность асфальтобетонных облицовок и рекомендовать их в качестве противофильтрационных экранов плотин, каналов и дамб, а также в качестве защиты откосов этих сооружений от волновых и размывающих воздействий.

Грунтоцементные облицовки. Один из перспективных способов устройства противофильтрационных покрытий каналов, направленный на снижение их стоимости, — применение в облицовках местных грунтов с укреплением их вяжущими материалами. В настоящее время наиболее изучен способ укрепления грунтов цементом.

Исследования, выполненные в последние годы в ряде институтов, показали, что строительно-технические свойства грунтоцемента как гидроизоляционного материала соответствуют требованиям во-

дохозяйственного строительства, которое ведут в умеренном климате, а стоимость его в 2...2,5 раза ниже стоимости бетона.

В СССР и ряде зарубежных стран работы по укреплению грунтов цементом при устройстве дорожных одежд и оснований ведутся в больших масштабах на протяжении многих лет. В гидротехническом строительстве грунтоцемент используется главным образом при устройстве противофильтрационных покрытий некрупных оросительных каналов, плотин и дамб (табл. 27).

27. КАНАЛЫ С ГРУНТОЦЕМЕНТНЫМИ ОБЛИЦОВКАМИ В СССР

Канал	Год постройки	Параметры канала h, b, m, и толщина облицовки t	Краткая характеристика грунтоцементной облицовки
Участковый распределитель в Голодной степи, УзССР (экспериментальный участок ВНИИГиМ)	1959	$h=1{,}0$ м $b=0{,}6$ м $m=1{,}25$ $t=10$ см	Состав смеси: лёссовидный суглинок — 84%; цемент — 14,5%; известь — 1,5%. Влажность смеси 20%. Смесь уплотнялась катком. Облицовка покрыта лаком ФГ-9. Состояние удовлетворительное
Магистральный канал Бортнической оросительной системы в УССР	1962	$h=1{,}75$ м $b=2{,}0$ м $m=1{,}5$ $t=10$ см	Облицовка из грунто-силиката. Состав смеси: супесь — 80%; шлак гранулированный — 18%; сода кальцинированная — 2%. Смесь уплотнялась трамбовками и виброрейкой. Состояние удовлетворительное

Несмотря на высокие технико-экономические показатели грунтоцементных облицовок, широкое их внедрение в практику строительства каналов (особенно крупных) сдерживается отсутствием высокопроизводительных и эффективных средств уплотнения смеси.

В последние годы у нас в стране ведутся опытные работы по устройству грунтоцементных облицовок методом пневмонабрызга или торкретирования. На основании лабораторных и полевых исследований предложены эффективные режимы нанесения смеси, учитывающие особенности ее гранулометрического состава для характерных грунтовых разностей.

Разработаны и испытаны конструкции ряда машин для приготовления, транспортировки, укладки и уплотнения грунтоцементных смесей.

По данным НИИСП Госстроя УССР, для приготовления гидротехнического грунтоцемента рекомендуется применять мелкопесчаные, супесчаные, суглинистые, пылеватые грунты или искусственные грунтовые смеси оптимального состава, обладающие следующими физико-механическими характеристиками.

Гранулометрический состав	<0,005 мм	0,005...0,05 мм	0,05...2 мм
Процент от массы грунта	5...30	15...90	≤75

Водородный показатель pH должен быть не менее 6. Содержание водорастворимых солей допускается не более 3%, число пластичности — не более 12.

Оборудование для устройства грунтоцементных облицовок включает в себя: растворосмеситель, компрессор, скиповый перегружатель, камеру для подачи сухой смеси под давлением, бак-резервуар для воды, водяной насос и ресивер для подачи воды под давлением, систему шлангов для подачи воды, воздуха и сухой смеси к соплу, навесной соплодержатель. Все узлы и агрегаты такой установки монтируются на шасси автоприцепов и увязаны в единую кинематическую схему.

Испытания образцов ряда построенных в опытно-производственных условиях облицовок из грунтоцемента показали следующие результаты: предел прочности водонасыщенных образцов на сжатие — 10...25 МПа, предел прочности на растяжение при изгибе — 1,6...4,2 МПа, морозостойкость — 50, коэффициент фильтрации — 0,01 м/сут, коэффициент шероховатости — 0,013...0,016.

Высокие показатели физико-механических свойств и относительно низкая стоимость грунтоцементных облицовок (1,05...1,1 р/м^2) позволяют рекомендовать их внедрение в практику гидромелиоративного строительства при соответствующем технико-экономическом обосновании на проектных стадиях.

Поверхностные экраны из полимерных материалов. В последние годы ряд организаций нашей страны (ЮжНИИГиМ, САНИИРИ и др.) провели исследования и экспериментально-производственную проверку применения на каналах противофильтрационных гибких поверхностных экранов из полимерных материалов на основе бутилкаучука или бронеизола, обладающих высокой стойкостью против атмосферных воздействий и большой деформативной способностью.

Для изготовления бутилкаучуковых экранов можно применять листовой материал бутилкор-С и бутизол, выпускаемые отечественной промышленностью в комплекте с клеем БК-НМ (Сергеев, Косиченко, 1979).

Технология устройства таких экранов относительно проста и заключается в предварительной склейке на месте полос полимерного материала в крупные полотнища и укреплении полотнищ по периметру канала.

Впервые открытую облицовку из листового бутилкаучука применили при строительстве каналов в США (штат Юта) в 1948 г. Состояние облицовки через 15 лет эксплуатации позволило прогнозировать срок службы подобных экранов до 40 лет. В шестидесятые годы такие экраны были уложены еще на ряде каналов в США. Имеются также примеры использования бутилкаучуковых экранов в Англии, Франции и других странах.

В нашей стране первый подобный экран был уложен на опытном участке распределительного канала Азовской оросительной системы в Ростовской области. Исследования и расчеты специалистов ЮжНИИГиМ показали, что стоимость 1 м^2 поверхностного бутилкаучукового экрана толщиной 0,9 мм составляет 1,6 р., что бо-

лее чем в 4 раза ниже стоимости бетонной облицовки, а срок его службы может приниматься равным 10...15 годам.

Основная причина, сдерживающая применение таких экранов при строительстве каналов, — недостаток сырья и отсутствие налаженного производства листового материала из бутилкаучука.

Специалистами САНИИРИ разработаны и исследованы в опытно-производственных условиях гибкие противофильтрационные поверхностные экраны мембранного типа из бронеизола.

Такие экраны монтируют из отдельных листов, изготовляемых на основе нефтяного битума, минеральной ваты, полиизобутилена и стеклохолста в качестве армирующей основы.

Гибкая облицовка из листов бронеизола проверялась на каналах с пропускной способностью до 10 м³/с при скорости течения воды до 2 м/с.

Шестилетние наблюдения за облицовкой, уложенной на левой ветке Ташкентского канала на участках с просадочными грунтами, показали, что она обладает легкостью, высокой прочностью, необходимой гибкостью и водонепроницаемостью. Такая облицовка способна выдерживать значительные смещения оснований без нарушения герметичности.

По данным трестов «Таджикгидрострой» и «Ташкентводстрой», стоимость облицовки из бронеизола составляет 1,52...1,87 р/м².

Чтобы широко внедрять подобные экраны при строительстве каналов, необходимо наладить промышленное производство листового бронеизола.

Бентонитовые экраны. Впервые в качестве противофильтрационной защиты каналов экраны из бентонитовых глин были применены в США.

В 1958...1959 гг. на оросительных каналах Голодной степи были проведены опытные работы по созданию погребенного бентонитового экрана из смеси грунта с бентонитовыми глинами (5...25% по весу), прикрытого защитным 0,1...0,15 м слоем грунта. Потери в опытном канале с экраном снизились в 3...5 раз, стоимость 1 м² экрана составила 0,3...0,4 р. Однако широкого распространения опыт устройства бентонитовых экранов не получил из-за подверженности их размывам, разуплотнению и зарастанию (Духовный, 1973).

УСТРОЙСТВО ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ В ОБЛИЦОВКАХ КАНАЛОВ

С широким применением в водохозяйственном строительстве монолитных и сборных бетонных и железобетонных облицовок каналов весьма остро возникла проблема обеспечения водонепроницаемости стыков и швов в элементах облицовки, то есть их герметизации. Причем вопрос герметизации оказался важным не только по своему значению, но и по объему выполняемых строительно-монтажных работ, поскольку при облицовке каналов протяженность герметизируемых деформационных швов составляет десятки тысяч километров.

Столь значительные объемы работ требуют особого внимания к разработке эффективных конструкций уплотнения стыков и швов. Они должны обеспечивать не только высокую надежность и долговечность, но и возможность комплексной механизации и индустриализации герметизационных работ.

В то же время вследствие отсутствия надежных дешевых герметизирующих материалов, а также мобильного и портативного оборудования для их приготовления и внесения в швы герметизационные работы в мелиоративном строительстве были механизированы относительно слабо.

В последние годы как в зарубежной, так и в отечественной практике строительства появилось много различных герметизирующих материалов, удовлетворяющих техническим требованиям мелиоративного строительства. К ним относятся материалы, изготовляемые в виде полос и жгутов различной формы поперечного сечения, мастики-эластомеры, применяемые в холодном состоянии, и битумополимерные мастики, используемые в горячем виде (Земзеров, 1976).

Применительно к этим прогрессивным материалам рядом научно-исследовательских и конструкторских организаций страны разработаны и внедрены в производство технологические схемы и конструкции машин для внесения герметизирующих материалов в элементы облицовок каналов.

В зависимости от выполняемых функций деформационные швы бетонных и железобетонных облицовок каналов разделяют на швы сжатия, расширения и рабочие швы, а в зависимости от расположения их относительно продольной оси канала — на продольные и поперечные.

Поперечные швы сжатия (иногда их называют ложными) шириной 8...10 мм устраивают в монолитных облицовках каналов через 3...6 м (в зависимости от толщины облицовки), надрезая покрытия на половину или одну третью часть его толщины.

Поперечные швы расширения (температурные швы) шириной 20...25 мм устраивают через 12...16 м, а продольные — по линии сопряжения дна и откосов. Эти швы разделяют покрытие на всю его толщину.

Рабочие (строительные) швы совмещают с температурными и устраивают при длительных перерывах в работе по укладке бетона.

Наиболее распространенные типы швов, способы их герметизации, применяемые при устройстве монолитных и сборных бетонных и железобетонных облицовок каналов, приведены на рисунке 74.

Герметизация швов материалами (рис. 74, *в*) в виде профильных эластичных полос из резины, поливинилхлорида, неопрена и других синтетических материалов применяется главным образом при устройстве монолитных облицовок. Установка профильных элементов в сборных облицовках требует высокой точности изготовле-

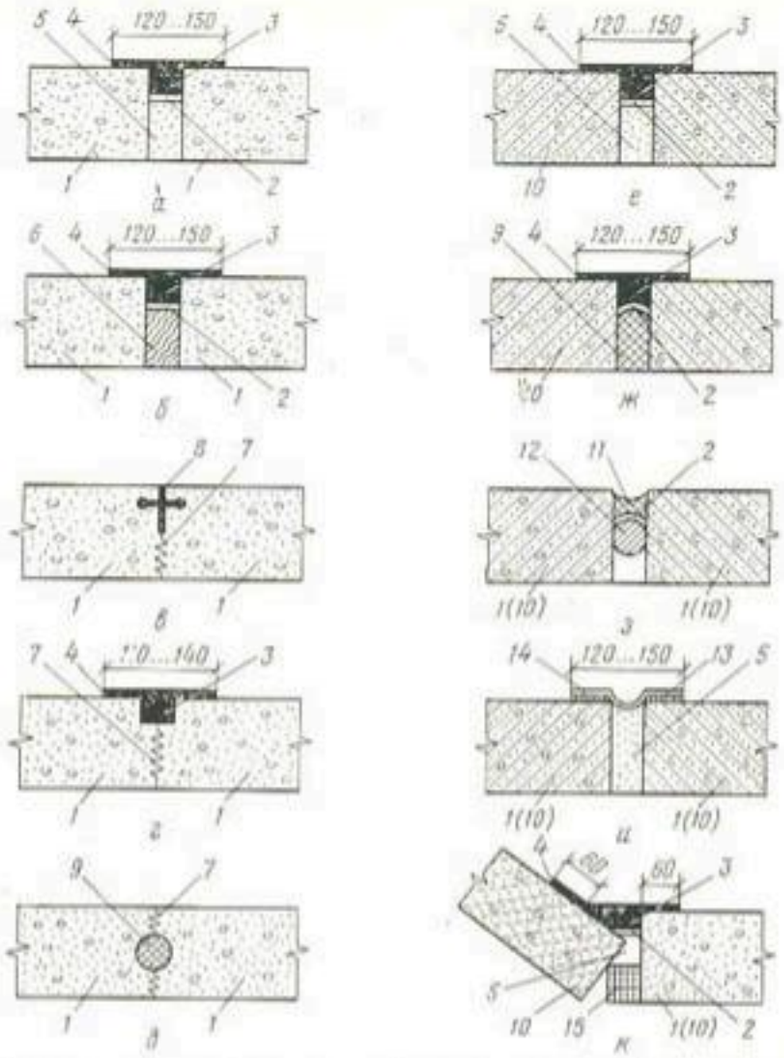

Рис. 74. Конструкции швов в противофильтрационных облицовках каналов:

а, б, в, г, д — деформационные и температурные швы для монолитных облицовок; *е, ж* — деформационные швы, применяемые для облицовок из сборных железобетонных плит; *з, и* — деформационные швы, применяемые как для монолитных облицовок, так и для облицовок из сборных железобетонных плит; *к* — деформационный шов, применяемый для сопряжения откосных сборных железобетонных плит с дном канала в монолитной или в сборной облицовке; *1* — монолитный бетон; *2* — противоадгезионный слой; *3* — битумно-полимерная мастика; *4* — заплечики из битумно-полимерной мастики; *5* — цементный раствор; *6* — антисептированный деревянный брус; *7* — усадочные трещины; *8* — герметизирующая профильная прокладка; *9* — порошол; *10* — сборные железобетонные плиты; *11* — полимерная мастика; *12* — упругая прокладка; *13* — клей из тиоколовой мастики; *14* — армогерметик; *15* — упорная призма из бетона или антисептированного бруса. (Размеры в мм.)

ния плит и их кромок, а также соблюдения правильной геометрии шва. Основную трудность при установке профильных элементов как в монолитных, так и в сборных облицовках представляют места пересечения продольных и поперечных швов (Земзеров, 1976).

Устройство поверхностных шпонок (рис. 74, *з*) из герметиков-эластомеров (тиоколовых мастик КМ-0,5; АМ-0,5; КБ-0,5 и др.) связано с закладкой под шпонку легкодеформирующегося материала. Он удерживает герметизирующий материал в верхней части шва. Это значительно усложняет механизацию работ по герметизации шва. Кроме того, широкое применение тиоколовых герметиков сдерживается их дефицитностью и высокой стоимостью.

Наклейка на швы полос из эластичных пленок, стеклоэластиков, асфальтовых и других материалов (рис. 74, *и*) получила достаточно широкое распространение при уплотнении наклонных поперечных швов в облицовках каналов. Однако устройство таких уплотнений требует значительных затрат ручного труда и не дает гарантированного качества уплотнения швов.

Устройство заглубленных герметизирующих шпонок (рис. 74, *а, б, г, д, е, ж, к*) с заполнением полосы шва упругопластичными мастиками — асфальтовыми и битумополимерными — является в настоящее время самым прогрессивным способом герметизации швов монолитных и сборных облицовок каналов. Применяемые при этом способе герметизирующие мастики относительно дешевы (стоимость 150...260 р. за 1 кг), так как приготавливаются из недефицитных материалов (битум, отходы химической промышленности, минеральные порошки, шлифовальная пыль и др.). Они хорошо заполняют все трещины и неровности, образуя швы высокой герметичности.

Применение битумополимерных мастик обеспечивает также возможность комплексной механизации и индустриализации герметизационных работ. Для приготовления таких мастик и производства работ по герметизации швов создана и серийно выпускается машина МБ-16 конструкции ВНИИЗеммаша.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛИЦОВОК И СТОИМОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Большой опыт эксплуатации мелиоративных каналов с различными противофильтрационными облицовками накоплен в республиках Средней Азии, Закавказья и на Украине. Многолетняя практика эксплуатации облицованных каналов в Голодной степи позволила сделать ряд выводов и рекомендаций по применению различных видов противофильтрационных облицовок на мелиоративных каналах (Духовный, 1973):

каналы, облицованные всеми видами бетонных покрытий, не зарастают и не заиливаются. Они требуют лишь минимальных затрат на очистку от растительности берм и наружных откосов дамб;

каналы с грунтопленочными и бентонитовыми экранами, а также экранами, образованными ударным уплотнением грунтов ненарушенной структуры, зарастают растительностью, заиляются и требуют ежегодной очистки;

каналы, экранированные двухслойной железобетонной облицовкой на гравийной подготовке, за 10 лет эксплуатации почти не претерпели деформации.

Из рассмотренных противофильтрационных облицовок наиболее эффективными по конструктивной надежности и долговечности, снижению фильтрационных потерь, а также по строительным и экс-

плуатационным затратам для крупных мелиоративных каналов можно рекомендовать: грунтопленочные экраны, устраиваемые по периметрической схеме; облицовки из асфальтобетона и облицовки из монолитного бетона, укладываемого современными бетоноукладочными комплексами с необходимой проработкой бетонной смеси.

Устройство облицовок из монолитного и сборного бетона и железобетона, грунтоцементных облицовок и поверхностных экранов из полимерных материалов в качестве противофильтрационных экранов крупных мелиоративных каналов должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

Потери воды на фильтрацию и срок службы противофильтрационных облицовок можно принимать в соответствии с «Руководством по проектированию и строительству оросительных каналов» (1977 г.) (табл. 28).

28. ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ПОТЕРИ И СРОК СЛУЖБЫ ОБЛИЦОВОК КАНАЛОВ

Тип одежды	Осредненный коэффициент фильтрации, 10^{-6}, см/с	Осредненные величины фильтрации, л/(сут·м²)	Ориентировочный срок службы, лет
Бетонные, монолитные*	3...5	—	15...20
Железобетонные, монолитные	2,5...3,5	—	20...25
Бетонопленочные, монолитные	—	3...6	20...25
Железобетонные, сборные*	0,5...2	—	35...40
Бетонопленочные, сборные	—	7...10	35...40
Асфальтобетонные	1...0,1	—	10...15
Экраны из полимерной пленки	—	10...15	8...10
Экраны глинистые	7...0,1	—	5...10

* Коэффициенты фильтрации для бетонных и железобетонных одежд (без пленки) даны с учетом применения для заделки швов полимерных герметизирующих материалов.

ГЛАВА 6

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КРУПНЫХ КАНАЛОВ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К основным особенностям строительства крупных каналов относятся:

выполнение работ в условиях линейно-протяженного фронта, допускающего возможность маневрирования строительной техникой;

ведение работ в сложных и разнообразных природных условиях (инженерно-геологических, топографических, гидрогеологических, климатических);

выполнение больших объемов работ с преобладанием земляных работ;

строительство многих каналов в неосвоенных и необжитых районах;

круглогодовое ведение строительных работ;

разнообразие сооружений на каналах, требующих, как правило, индивидуальных проектных и строительных решений;

необходимость проработки вопросов временной эксплуатации каналов при строительстве их по очередям и пусковым комплексам;

определение в каждом конкретном случае продолжительности строительства комплекса канала с сооружениями с учетом намеченных схем механизации работ и подачи воды по каналу в процессе его строительства.

Четкая организация строительства крупных каналов и правильно выбранная организационная структура — один из решающих факторов, определяющих своевременный ввод объекта в эксплуатацию.

Современное водохозяйственное строительство характеризуется весьма большими и всевозрастающими объемами работ (табл. 29), высокими темпами их ведения, а также широкой специализацией.

29. ОБЪЕМЫ ОСНОВНЫХ РАБОТ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ ОРГАНИЗАЦИЯМИ МИНВОДХОЗА СССР

Виды работ	1965 г.	1970 г.	1980 г.
Земляные, млрд. м³	1,93	4,15	7,20
Бетонные, млн. м³	2,98	5,25	8,91
Монтажные, млн. т	2,97	6,65	19,90

На выполнении этих работ в системе Минводхоза СССР в 1980 г. было занято около 22 тыс. одноковшовых экскаваторов, более

24 тыс. скреперов, около 36 тыс. бульдозеров и 0,8 тыс. плавучих землесосных снарядов, более 100 тыс. различных автомобилей и много другой техники.

Крупные мелиоративные каналы в Советском Союзе в основном строятся силами Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, министерств мелиорации и водного хозяйства республик, а также специализированных главных управлений по строительству.

К выполнению комплекса работ по строительству каналов с сооружениями, в частности, специализированных работ (гидромеханизированных, взрывных, для строительства линий электропередач и связи, транспортных коммуникаций с сооружениями, жилых поселков, баз строительной индустрии и др.), Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР привлекает организации общесоюзного Министерства транспортного строительства СССР, а также союзно-республиканских министерств: энергетики и электрификации, монтажных и специальных строительных работ, связи, строительства, строительства предприятий тяжелой индустрии, промышленного строительства, республиканских министерств строительства и эксплуатации автомобильных дорог и др.

СТРУКТУРА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

В настоящее время в капитальном строительстве водохозяйственных объектов существуют несколько структурных форм строительных организаций: общестроительные тресты, управления строительством, территориальные управления строительством.

Общестроительный трест, являясь генподрядчиком, выполняет весь комплекс сооружений внутрипостроечного титульного списка. При этой структуре основные подрядные подразделения — строительные и строительно-монтажные управления (СУ и СМУ), а также передвижные механизированные колонны (ПМК). Специальные работы, как правило, выполняют специализированные субподрядные организации (тресты, управления, участки).

Для ведения на больших массивах комплексного водохозяйственного строительства, включающего наряду со строительством крупных каналов также водохозяйственное строительство на массивах орошения, строительство совхозов, промышленных предприятий и других объектов, организуются территориальные управления строительством. Эта форма организационной структуры строительства получила распространение в Средней Азии, в частности в Узбекистане, где в системе «Главсредазирсовхозстрой» функционируют территориальные управления строительством — «Голодностепстрой», «Каршистрой» и «Каракалпакирсовхозстрой».

Территориальные управления строительством в своем составе имеют специализированные тресты по мелиорации, строительству совхозов, промышленных предприятий и других объектов, а также управление централизованной производственно-технологической комплектации (УЦПТК), автоуправление, управление освоения, учебные комбинаты и ряд других объектов. Наряду со строительными работами в задачи территориальных управлений входит и временная эксплуатация совхозов с доведением их до проектной мощности по производству сельскохозяйственной продукции.

Опыт строительства крупных каналов в Узбекистане показал, что наиболее целесообразная и рациональная форма управления строительством — централизованная диспетчерская система управления с функциями комплектации строительных площадок, централизованным материально-техническим обеспечением строительными материалами, конструкциями, изделиями, строительными машинами и оборудованием.

В водохозяйственном строительстве основным структурным подразделением останутся тресты. СМУ и ПМК, входящие в состав треста, будут основными производственными единицами, выполняющими специализированные работы при строительстве каналов.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

Продолжительность строительства крупных каналов, как правило, превышает 5...6 лет. Для большинства каналов она составляет 8...10 лет, а для Каракумского канала (первая — четвертая очереди) — 27 лет.

Определять продолжительность строительства крупных каналов с разбивкой их на очереди и пусковые комплексы и выявлением оптимального срока строительства каждой очереди, а также оптимально распределять капитальные вложения и материально-технические ресурсы весьма важно, так как от этого зависит планомерный ход строительства и своевременный ввод канала в эксплуатацию.

Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений СН 440—79 практически не распространяются на крупные каналы. Приведенная в нормах СН 440—79 продолжительность строительства магистральных каналов ограничивается профильными объемами земляных работ 10 млн. м³ (по предельной экстраполяции, допускаемой нормами). Однако у большинства крупных мелиоративных каналов профильные объемы земляных работ в несколько раз превышают эту величину.

В нормах СН 440—79 отсутствует обоснованная дифференцированная продолжительность строительства крупных мелиоративных каналов, учитывающая основные факторы многообразия природно-климатических условий трасс каналов и их объемные показатели. Поэтому срок продолжительности строительства необходимо устанавливать для каждого конкретного крупного канала. При этом проектные организации должны рассчитывать оптимальную продолжительность строительства (например, по методике НИИСП Госстроя УССР) или использовать опыт реализации проектов крупных каналов.

При строительстве крупных каналов можно выделить: внеплощадочные подготовительные работы; внутриплощадочные подготовительные работы; основные работы по возведению комплекса канала с сооружениями; завершающие работы с вводом объекта в постоянную эксплуатацию.

До начала подготовительных работ должны быть выполнены следующие мероприятия в соответствии с главой СНиП «Организация строительного производства»:

решен вопрос об использовании для строительства существующих в этом районе транспортных и инженерных коммуникаций, предприятий стройиндустрии, сооружений теплоэнергетики и др.;

решен вопрос о максимальном использовании местных строительных материалов;

определены организации — участники строительства;

решены вопросы о необходимости передислокации или наращивания производственных мощностей строительно-монтажных организаций и привлечения субподрядных организаций для выполнения отдельных видов работ;

заключен договор подряда на капитальное строительство.

В комплекс внеплощадочных подготовительных работ входит строительство сооружений для инженерного и транспортного обеспечения (внешние подъездные автомобильные и железные дороги к строительным площадкам и прирельсовым базам, речные причалы, аэродромы и вертолетные площадки, внешние линии электропередач, связи и водоснабжения и др.) объектов строительной индустрии и производственной базы, поселков для строителей. Кроме того, в состав этого комплекса входит и выполнение специальных работ по подготовке оснований под здания и сооружения (намыв территории, глубинное водопонижение, закрепление грунта, устройство специального дренажа, свайных фундаментов, ликвидация просадочных явлений и др.).

В состав комплекса внутриплощадочных работ, выполняемого до начала производства основных работ, входят работы, связанные с освоением строительной площадки и обеспечивающие ритмичное ведение строительного производства:

создание опорной геодезической сети (высотные реперы, главные оси и др.);

расчистка территории строительства, снос неиспользуемых в процессе строительства сооружений, проведение санитарно-эпидемиологических и других обследований;

создание общеплощадочного складского хозяйства и площадок для укрупнительной сборки конструкции и оборудования;

монтаж инвентарных зданий, механизированных установок и временных зданий, а при соответствующем обосновании возведение постоянных зданий и сооружений, используемых в период строительства;

инженерная подготовка строительной площадки — планировка территории, обеспечение временного отвода и стока поверхностных вод, устройство постоянных или временных внутриплощадочных дорог, дренажа, обеспечение водо- и энергоснабжения, проводной и беспроводной диспетчерской связи.

Перечень и объем подготовительных работ для всего комплекса строительства канала и его пусковых комплексов определяются в составе проектов организации строительства и уточняются проектами производства работ.

В качестве примера определения продолжительности строительства крупного канала можно привести проработки, проведенные в проекте главного канала переброски части стока сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан (Волынов, Чаталбашев, 1978).

В этом проекте оптимальная продолжительность строительства была рассчитана по трем методикам НИИСП Госстроя УССР (для гидроузлов при параллельном и поточном способах строительства поселков, а также по специально разработанной для объектов переброски). Расчеты вели по методам сравнительной экономической эффективности капитальных вложений в строительство.

Варианты с различным сроком строительства оценивали сравнением составляющих элементов приведенных затрат и экономических эффектов, достигнутых в результате изменения:

распределения капитальных вложений по годам;

себестоимости строительства при уменьшении или при увеличении прямых и накладных расходов;

затрат на эксплуатацию основных производственных фондов строительной организации.

Расчеты показали, что оптимальная продолжительность строительства комплекса сооружений переброски с учетом двухлетнего подготовительного периода не превышает 9...10 лет.

Сравнение объектов переброски с крупными отечественными и зарубежными каналами показало, что комплекс сооружений переброски по объемам работ значительно превышает все крупные каналы. Однако по ряду объектов годовая интенсивность земляных работ на 1 км канала (каналы им. Москвы, Волго-Донской) и бетонных работ (каналы им. Москвы, Волго-Донской, Панамский, Суэцкий) превышает намеченную интенсивность работ на сооружениях комплекса переброски.

СТРОИТЕЛЬСТВО КАНАЛОВ ПОТОЧНЫМ МЕТОДОМ

Поточный метод производства земляных работ при строительстве крупных каналов основан на непрерывном и равномерном выполнении однородных работ специализированными комплексами машин, перемещающимися вдоль трассы канала и оставляющими после себя законченное русло канала.

К основным признакам поточного строительства относятся: расчленение общего производственного процесса на простые операции; разделение труда; увязка отдельных процессов в пространстве и времени при совмещении и ритмичности выполнения работ; ритмичная подготовка к сдаче готовых участков канала в эксплуатацию.

Каналы являются линейно-протяженными сооружениями, при строительстве которых выполняют сложный комплекс последовательных строительных процессов. Число и виды этих процессов зависят от топографических, инженерно-геологических, гидрогеологических и климатических условий трассы, а также от формы поперечного сечения канала.

При организации поточного строительства трассу канала разбивают на характерные участки, отличающиеся от смежных с ними формой поперечного сечения, удельными объемами работ, применяемыми строительными машинами и технологией производства работ.

Разбивать трассу канала на характерные участки рекомендуется с учетом следующих основных принципов: глубина выемки канала и удельные объемы работ в пределах участка не должны сильно отличаться от средних значений по участку; должно соблюдаться единообразие состава строительных процессов в пределах участка.

Характерные участки трассы канала с одинаковым поперечным сечением, с близкими удельными объемами и сходным составом строительных процессов объединяют в группы однородных участков.

При поточном строительстве отдельные строительные процессы объединяют в потоки, которые по степени организационной сложности и назначению делятся на частные, специализированные, объектные и комплексные.

Частные потоки — простые однородные процессы или рабочие операции, после выполнения которых еще нет готовой законченной продукции.

Специализированные потоки — совокупность технологически и организационно связанных частных потоков, дающих единую конечную готовую продукцию в виде элементов сооружений канала (земляное русло, облицовка и др.).

Объектные потоки — группа взаимно увязанных специализированных потоков, продукцией которых являются готовые объекты (канал, сооружения).

Комплексные потоки — группа организационно связанных объектных потоков, дающих готовый комплекс сооружений (канал с сооружениями).

Все потоки, осуществляемые при устройстве каналов, относятся к категории поточно-линейных. В этом случае захватки обычно примыкают одна к другой по длине, образуя непрерывную цепочку. Потоки развиваются на этой цепочке в направлении строительства канала.

Однородные участки канала можно строить одним специализированным потоком, имеющим постоянный состав частных потоков. Канал, состоящий из нескольких разнородных по своему характеру участков, целесообразно строить несколькими параллельными специализированными потоками.

На основании принятых при строительстве канала технологических схем разрабатывают структуру специализированного потока земляных работ. Для этого все строительные процессы каждой группы однородных участков объединяют в частные потоки. В состав частного потока может входить одна или несколько параллельно, а иногда и последовательно осуществляемых строительных операций. Частный поток должен осуществляться машинами одного типа или одним, а иногда и несколькими одинаковыми комплектами машин.

Земляные работы по группе однородных участков целесообразно проводить одним специализированным потоком, если перебазировка комплексных подразделений потока не превышает предельной дальности транспортировки, определяемой соответствующими технико-экономическими расчетами. Канал, состоящий из нескольких разнородных по своему характеру групп участков, строится несколькими параллельными специализированными потоками.

В каждом специализированном потоке ведущим среди группы частных потоков принимается поток с наибольшей трудоемкостью, требующий наибольшего числа машин или машин с наибольшей производительностью. Как правило, ведущим является частный поток основных земляных работ, который определяет общую скорость осуществления остальных частных потоков.

Для разработки канала крупными строительными машинами (шагающие экскаваторы драглайны, экскаваторы карьерные гусеничные типа ЭКГ-4,6Б и др.) участки трассы следует выбирать с объемами работ, достаточными для использования этой техники в течение всего периода строительства без перебазировки машин с участка на участок.

Фронт работ (размеры захваток) для каждого частного потока определяется числом строительных машин, технологическими схемами работы и габаритами поперечного сечения канала.

Задачи поточного строительства каналов целесообразно решать с помощью ЭВМ.

Поточный метод строительства каналов характеризуется сосредоточением всех необходимых механизмов и материальных ресурсов на сравнительно небольшом участке канала. Это создает благоприятные условия для работы комплексно-механизированных бригад и для бригадного подряда.

ГЛАВА 7

СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛОВ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Мелиоративные каналы строят в специфических условиях: линейно-протяженный фронт работ в самых разнообразных природных условиях на большой территории. Это не позволяет широко внедрять типовые конструкции и требует индивидуальных решений по большинству сооружений.

Если в проекте стоимость строительства каналов и сооружений определяется с использованием укрупненных сметных нормативов, стоимостных показателей проектов-аналогов, то на предпроектной стадии этот путь, особенно для крупномасштабных проектов, представляется весьма трудоемким. Многовариантное рассмотрение трасс канала, отличающихся друг от друга инженерно-геологическими, гидрогеологическими, гидрографическими и другими условиями, еще больше увеличивает трудоемкость и стоимость проектно-изыскательских работ.

Укрупненные показатели стоимости строительства водохозяйственных (УППС) и энергетических объектов (УПС ГЭС—78), разработанные в системах Минводхоза СССР и Минэнерго СССР по материалам объектов-представителей площадного мелиоративного строительства, небольших каналов оросительной и коллекторно-сбросной сети, гидротехнических сооружений мелиоративного назначения с объемом бетонных работ до 30 тыс. м^3, а также гидроэлектростанций, не охватывают земляных работ крупных каналов. Поэтому они, как правило, неприемлемы при расчетах стоимости земляных работ крупных каналов.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТАМ СТОИМОСТИ КАНАЛОВ И СООРУЖЕНИЙ НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Анализ сводных смет и сводных сметно-финансовых расчетов таких крупных каналов, как Каракумский (I...IV очередь), Амубухарский (I и II очереди), Большой Андижанский, Джизакский, Каршинский, Большой Ставропольский (I...III очередь), Главный Каховский и других запроектированных, построенных и строящихся организациями Минводхоза СССР, показал, что затраты по всем главам сводных смет, включая непредвиденные расходы, составляют 30...80% стоимости строительно-монтажных работ второй главы (объекты основного производственного назначения). По большинству проектов эта величина составила 50...60%. Это меньше, чем на

многих крупных объектах, строящихся организациями других строительных министерств и ведомств, в том числе и на крупных каналах (судоходных, деривационных), где затраты по всем главам сводных смет (включая непредвиденные работы и затраты) доходят до 70...80%, а в отдельных случаях до 110...120% стоимости строительно-монтажных работ второй главы. Это объясняется тем, что организации Минводхоза СССР в основном ведут комплексное строительство на массивах (оросительная сеть с сооружениями головного питания, коллекторно-дренажная сеть, сельскохозяйственное строительство и др.) очередями в течение продолжительного времени (зачастую 20...30 лет и более), создавая в зоне строящихся объектов крупные базы строительной индустрии, жилые поселки, которые используют в течение длительного периода для обслуживания нескольких объектов.

Имея такую возможность, Минводхоз СССР затрачивает меньше средств на создание строительной инфраструктуры.

Учитывая изложенное и проведенный анализ стоимости строительства крупных каналов, можно сформулировать некоторые рекомендации по расчетам стоимости каналов на предварительных стадиях проектирования (при выполнении строительных работ организациями Минводхоза СССР).

1. При расчетах стоимости земляных работ крупных каналов, коллекторов, сбросов и других подобных объектов пользоваться укрупненными показателями стоимости (УПС ГЭС—78) Минэнерго СССР не рекомендуется. Стоимость этих работ нужно определять:

по объемам выбранной технологии производства работ и единичным расценкам или временным показателям стоимости, либо по стоимостным показателям объектов-аналогов, в которых условия строительства и примененная строительная техника близки к условиям рассматриваемого канала — в случаях, когда применяемая строительная техника и технология производства земляных работ оказывают существенное влияние на стоимость объекта;

по укрупненным показателям стоимости (УПСС) Минводхоза СССР или по стоимостным показателям объектов-аналогов с корректировкой их применительно к условиям рассматриваемого проекта — в случаях, когда указанные факторы незначительно влияют на стоимость строительства.

2. Стоимость крупных гидротехнических сооружений (гидроузлы, плотины, насосные станции др.) водохозяйственного назначения рекомендуется определять по УПСС Минводхоза СССР, а также с использованием стоимостных показателей объектов-аналогов, откорректированных с учетом условий рассматриваемого строительства.

В отдельных случаях при соответствующем обосновании стоимость подобных сооружений может быть определена с использованием УПС ГЭС—78 Минэнерго СССР.

3. Если крупный канал планируется разрабатывать новой высокопроизводительной техникой (скреперы с ковшами вместимостью 25 и 40 м^3, бульдозеры на гусеничных тракторах мощностью

243 кВт, шагающие экскаваторы с ковшами вместимостью более 6 м³ и др.), для которой в ЕРЕР отсутствуют расценки, то рекомендуется разработать и утвердить временные единичные расценки (ВЕР) и временные показатели стоимости (ВПС) специально для рассматриваемого канала.

4. Суммарные затраты по всем главам сводных сметных расчетов стоимости объектов производственного назначения крупных каналов с учетом непредвиденных затрат, как правило, не должны превышать 50...80% затрат по второй главе.

5. Затраты по объектам жилищно-гражданского назначения (строительные поселки в случаях, когда затраты на них предусматриваются в составе сводки затрат проекта) могут быть определены с учетом:

удельных показателей капитальных вложений на одного жителя поселка, рассчитанных по базисным показателям стоимости принятых типовых проектов жилых и общественных зданий в зоне рассматриваемого строительства;

анализа сложившихся соотношений для комплексной застройки (жилые дома, культурно-бытовые здания, инженерное оснащение и благоустройство) населенных мест в зоне трассы канала;

практики планирования капитальных вложений в жилищно-коммунальное строительство в системе Минводхоза СССР.

Удельные стоимости земляных работ наиболее крупных отечественных каналов приведены в приложении 1.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ СТОИМОСТИ И ТРУДОЕМКОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛОВ

Ведущееся в последние годы строительство технически совершенных каналов, насыщенных сложными гидротехническими сооружениями, крупными насосными станциями, дорогостоящими противофильтрационными облицовками, сопровождается повышением стоимости их возведения.

Резкое увеличение забора воды из водотоков, увеличение минерализации их из-за недостаточно регулируемых сбросов требует проведения мероприятий в области охраны окружающей среды. Природоохранные и рыбозащитные мероприятия, предусматриваемые во всех современных проектах, также существенно повышают стоимость строительства. Одновременно в сельскохозяйственный оборот вовлекаются новые земли, удаленные от поверхностных водотоков, традиционно используемых в орошаемом земледелии. В связи с этим возрастает протяженность магистральных и распределительных каналов, увеличивается высота водоподъема на орошаемые площади.

Значительное уменьшение водных ресурсов в основных регионах орошаемого земледелия требует строительства крупных каналов межбассейновых перебросок, что, в свою очередь, увеличит показатели удельной стоимости строительства.

Таким образом, наметился процесс увеличения стоимости строительства мелиоративных объектов за счет возрастания капитальных вложений в отдельные элементы мелиоративных комплексов, увеличения удельных объемов и проведения природоохранных мероприятий.

Если отмеченные затраты, отнесенные на 1 га орошаемых площадей нового освоения, будут возрастать, то стоимость отдельных элементов мелиоративного комплекса (каналы, сооружения и т. д.) может быть несколько уменьшена.

Основные факторы снижения стоимости и трудоемкости строительства крупных мелиоративных каналов могут быть объединены в три группы: конструктивные, технологические и организационные.

К группе конструктивных факторов относятся:

обоснованный выбор трассы канала в плане и в высотном положении, сочетающий наименьшие объемы работ с наиболее благоприятными условиями их выполнения;

рациональные инженерные решения гидротехнических сооружений, насосных станций, гидроузлов с проведением широкого комплекса технико-экономических сопоставлений различных вариантов типов сооружений и их компоновок;

рассмотрение возможности сокращения числа и габаритов сооружений на пересечениях каналов с постоянными и периодически действующими водотоками (объединение соседних водотоков, аккумулирование стока, впуск водотоков в канал и т. п.);

применение наиболее экономичных противофильтрационных облицовок каналов;

проведение детальных инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических и топографических изысканий, позволяющих в проекте наиболее полно и достоверно учесть природные факторы и в результате проведенных технико-экономических сравнений различных вариантов инженерных решений рекомендовать оптимальные и надежные;

применение при проектировании прогрессивных и экономичных материалов конструкций и деталей;

при строительстве каналов в неосвоенных районах с тяжелыми климатическими условиями рассмотрение возможности максимального использования действующих предприятий стройиндустрии в регионе и возведение сооружений со значительной долей сборности;

широкое внедрение в практику проектирования электронно-вычислительной техники и автоматизированных технологических линий проектирования (АТЛП), позволяющих проводить рассмотрение многовариантных решений.

Технологические и организационные факторы снижения стоимости строительства каналов учитываются как при проектировании (в проектах производства работ), так и при строительстве (организацией поточного производства, рациональным подбором и рас-

становкой строительной техники, сокращением продолжительности строительства и т. п.).

К основным технологическим и организационным факторам снижения стоимости и трудоемкости работ можно отнести:

совершенствование технологических схем механизации земляных работ при выполнении проектов;

применение высокопроизводительной землеройной техники, подобранной применительно к условиям строительства конкретного канала;

проведение мероприятий, направленных на сокращение продолжительности строительства и способствующих досрочному вводу объектов в эксплуатацию;

строительство каналов по очередям и этапам, позволяющим уже в процессе строительства подавать воду по каналу и вводить орошаемые площади;

проведение строительно-монтажных работ в течение круглого года. При обеспечении круглогодового цикла строительства, соблюдении нормативного срока или его сокращении, как правило, окупаются затраты, связанные с зимней технологией работ;

оптимизацию транспортных схем (выбор поставщиков местных строительных материалов, рациональных путей доставки материалов на объекты, использование местных близрасположенных карьеров, материалы которых удовлетворяют требованиям гидротехнического, дорожного и жилищно-гражданского строительства);

совершенствование и модернизацию нормативной базы, сметного нормирования и ценообразования, учета в УПСС Минводхоза СССР современной техники и технологии работ;

недопущение учета в сводных расчетах стоимости объектов и затрат, не подлежащих включению в стоимость мелиоративного строительства.

Контроль за снижением и ограничением стоимости строительства мелиоративных каналов должен осуществляться на всех стадиях проектирования и реализации проекта. При постоянной работе в этом направлении представителей проектных организаций, заказчика и подрядчика могут быть достигнуты ощутимые результаты в ограничении роста и снижении стоимости строительства мелиоративных каналов.

Один из главных путей реализации курса партии на повышение эффективности и качества работы в отрасли — дальнейшее развитие научно-технического прогресса в строительстве мелиоративных систем и сооружений, внедрение высокопроизводительных процессов и методов организации водохозяйственного строительства.

Для успешного осуществления этих задач Минводхоз СССР разработал целый ряд мероприятий, часть из которых направлена на дальнейшее совершенствование организации и технологии строительства мелиоративных каналов. В частности, в этих мероприятиях предусматривается:

максимально повысить уровень комплексной механизации земляных работ за счет внедрения высокопроизводительных строительных машин, приспособлений и механизмов, позволяющих сократить ручные работы, гидравлических экскаваторов, скреперов увеличенной емкости и бульдозеров на тракторах повышенной мощности, машин непрерывного действия;

совместно с Минстройдормашем СССР и Минавтопромом СССР разработать и испытать высокопроизводительные машины для строительства каналов переброски и перераспределения речного стока: скреперы вместимостью ковша 25 м^3, погрузчики грузоподъемностью 10 т, автомобили-землевозы грузоподъемностью 35 и 45 т;

обеспечить прирост объемов подрядных работ в основном за счет роста производительности труда в строительстве, строго соблюдая установленный лимит численности работающих;

обеспечить внедрение в строительство скреперов и бульдозеров с автоматизированными лазерными устройствами;

улучшить использование основных производственных фондов, увеличив долю активной части фондов в основном за счет роста сменности использования машин, механизмов и оборудования, увеличения объемов работ без прироста основных фондов;

довести производство работ с применением комплекса специальной землеройной техники в зимний период до 48% годового объема строительно-монтажных работ;

шире применять энергию взрыва при земляных работах;

укрупнить низовые строительные организации, довести уровень технологической специализации трестов не менее чем до 35% общего объема подрядных работ;

обеспечить выполнение не менее 53% объема строительно-монтажных работ методом бригадного подряда;

завершить внедрение проектов комплексной системы управления качеством строительства, для чего закончить создание во всех строительно-монтажных трестах и объединениях строительных лабораторий и геодезических служб;

довести объем работ по устройству монолитных бетонных облицовок каналов с применением бетоноукладочных комплексов до 40% общего объема работ;

предусматривать прогрессивные типы противофильтрационных облицовок каналов с доведением КПД каналов до 0,75...0,80;

довести объем капитального ремонта строительных машин агрегатно-узловым методом на специализированных предприятиях до 60%, внедрить систему плановой замены ремонтных комплектов (ПЗРК) машин в объеме не менее 30% общего объема ремонта.

Все стороны деятельности — от изысканий и проектирования мелиоративных каналов до их строительства и эксплуатации — должны находиться в сфере активного воздействия науки, новой техники и прогрессивной технологии. Научно-технический прогресс в состоянии обеспечить резкое повышение качества работ и эффективность строительства каналов, как важнейших элементов мелиоративных систем, сокращение затрат труда и средств, сроков строительства и ввода их в эксплуатацию.

I. ПОКАЗАТЕЛИ КРУПНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ (на 1979 г.)

Канал, годы строительства	Расчетный расход в голове канала, м³/с	Протяженность, км	Профильные объемы работ, млн. м³ (выемка / насыпь)	Параметры канала, м: ширина по дну	Параметры канала, м: глубина выемки / высота насыпи	Стоимость: строительства, млн. р.	Стоимость: 1 м³ профильного объема выемки и резерва, р.
Каракумский им. В. И. Ленина (Амударья — Казанджик), с 1954 по настоящее время	510	1100	452 / 59	Сечение параболическое	2...17 / 0,5...10	635	0,34...0,42
I очередь (Амударья-Мургаб), 1954...1962 гг.	130	397	45 / 17	6...28	2...17 / До 10	89	0,40
II очередь (Амударья-Теджен), 1960...1966 гг.	198	535	61 / 8	3,5...24	2...16 / До 10	75	0,36
III очередь (Амударья — Геок-Тепе), 1961...1966 гг.	317	837	108 / 6	8...43	2...4 / До 10	118	0,34
IV очередь (Амударья — Геок-Тепе), с 1976 по настоящее время	510	837	206 / 25	Сечение параболическое	3...14 / До 10	255	0,38
Пионерный канал IV очереди (Геок-Тепе — Казанджик), 1971...1978	43,7	250	32 / 3	6...7	5...13 / 0,5...3,5	98	0,42
Большой Андижанский, 1966...1970	330	109,1	8,6 / 4,4	3...40	0,2...76 / До 4,6	42,4 / 4,3*	0,38
Амубухарский, 1963...1977	269		81,5 / 8,5	5...30	2...18 / До 5	182,4 / 58*	0,69
I очередь, 1963...1965	141	197	31,5 / 3,7	5...30	2...18 / До 5	45,2 / 17,8*	0,56
II очередь, 1970...1977	269 (в том числе для I очереди 88)	233,6	50,0 / 4,8	5,5...20	2...18 / До 5	137,2 / 40,2*	0,77
Каршинский магистральный, I очередь (Амударья-Кашкадарья), 1964...1974	195 (в том числе для II очереди 112)	150,4	60 / 12	6...42	1...32 / До 6,7	102,2	0,95
Головная часть (Амударья — Талимарджанское водохранилище), 1964...1974	195	78,4	25 / 8	6...7	7...20 / До 4	50	0,91
Рабочая часть (Талимарджанское водохранилище — Кашкадарья), 1968...1974	360	72	35 / 4	18...42	1...32 / До 6,7	52,2 / 35,9*	0,97
Шерабадский магистральный, 1959...1966	110	27	6,8 / 0,9	4...12	4,5...43 / До 5	6,3 / 3,1*	0,45
Большой Наманганский (I очередь), 1970...1974	62 (в том числе для I очереди 27)	54	16,3	8...9	До 35 / До 10		0,58
Южно-Голодностепский им. А. А. Саркисова, 1958...1961	300	127	17 / 4,9	2...18	До 10 / 3...4	81,1	0,26
Джизакский магистральный ДМ-1 (I очередь), с 1976 по настоящее время	191	75	9 / 2	1,5...16	2...12 / До 4,5	6,2*	0,63
Главный Каховский магистральный, 1967...1979	482	130	88 / 13	4...22	7,5...26 / До 4	49*	0,52
Днепр — Донбасс (I очередь), 1970...1978	120	263	78 / 27	20	5...7 / До 5	574	0,52

Продолжение

Канал, годы строительства	Расчетный расход в голове канала, м³/с	Протяженность, км	Профильные объемы работ, млн. м³ (выемка / насыпь)	Параметры канала, м: ширина по дну	Параметры канала, м: глубина выемки / высота насыпи	Стоимость: строительства, млн. р.	Стоимость: 1 м³ профильного объема выемки и резерва, р.
Большой Ставропольский (I...IV очереди), с 1957 по настоящее время	180	480	97 / 45	3,5...6	До 37 / До 25	400 / 102,6*	1,0...1,5
Иртыш — Караганда, 1962...1974	76	458	76 / 21	3...16	5...8 / До 5	334,3	0,85
Самур-Апшеронский (реконструкция), 1960...1976	55	182	7 / 7	4...6	До 30 / До 20	52,7 / 37,4**	0,85
Главный Ширванский коллектор, 1955...1964	37 (в устье)	216	30 / 0,5	1,5...12	4...32 / До 1,6	13,5 / 12,7*	0,42
Тартар — Евфрат, 1972...1976	1100	37,6	51 / 0,3	37...80	4...33 / До 6	34,5 (иракские динары)	0,35 (иракские динары)
Верхне-Ширванский, 1954...1958	78	123,5	6,5 / 1,8	2,5...14	2,5...11 / До 4	15,2 / 11,1*	0,38 (в ценах с 01.01.61)

* Стоимость земляных работ.
** Стоимость облицованного канала.

2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ОБЪЕМОВ ВЫЕМКИ ПО СПОСОБАМ РАЗРАБОТКИ И МЕХАНИЗМАМ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КРУПНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ

Канал	Объем выемки, млн. м³: профильный	Объем выемки, млн. м³: рабочий	Коэффициент перехода от профильных объемов к рабочим	Бульдозеры, %	Скреперы, %: всего	Скреперы: в том числе прицепные	Скреперы: в том числе самоходные	Экскаваторы, %: всего	Экскаваторы: в том числе в отвал	Экскаваторы: в том числе на транспорт	Гидромеханизация, %	Саморазмыв, %	Взрыв на выброс, %	Прочие машины, %
Каракумский им. В. И. Ленина (Амударья — Казанджик), всего	452	593	1,31	26,6	3,7	3,7	—	13	13	—	54,9	1,6	0,2	—
I очередь (Амударья-Мургаб)	45	104	2,3	36	14,2	14,2	—	13,5	13,5	—	27,3	9	—	—
II очередь (Амударья-Теджен)	61	73	1,20	48	10	10	—	18	18	—	24	—	—	—
III очередь (Амударья — Геок-Тепе)	108	136	1,26	30	—	—	—	22	22	—	48	—	—	—
IV очередь (Амударья — Геок-Тепе)	206	219	1,06	2,2	—	—	—	—	—	—	97,8	—	—	—
Пионерный канал IV очереди (Геок-Тепе — Казанджик)	32	61	1,90	65	—	—	—	33,5	33,5	—	—	—	1,5	—
Большой Андижанский	8,6	13,6	1,58	37	—	—	—	63	63	—	—	—	—	—
Амубухарский, всего	81,5	173	2,12	55	—	—	—	33	31	2	4	—	8	—
I очередь	31,5	59	1,87	54	—	—	—	34	32	2	—	—	12	—
II очередь	50	114	2,28	56	—	—	—	32	30	2	6	—	6	—
Каршинский магистральный, I очередь (Амударья-Кашкадарья), всего	60	109	1,82	65	2,7	2,5	0,2	31,1	12	19,1	1,2	—	—	—
Головная часть	25	35,5	1,42	54	8,5	8	0,5	34	6,5	27,5	3,5	—	—	—
Рабочая часть	35	73,5*	2,10	70	—	—	—	30	15	15	—	—	—	—
Шерабадский магистральный	6,8	8,1	1,19	22	35	36	—	19	7	12	23	—	—	—
Джизакский ДМ-1 (I очередь)	9	17,3	1,92	51	6	5	1	26	25	1	—	—	17	—
Главный Каховский магистральный	88	107	1,21	32	64			2	—	2	—	—	—	2
Днепр — Донбасс (I очередь)	78	116	1,48	27	—	—	—	23	**	**	49	—	—	1
Большой Ставропольский (без I очереди), всего	72,2	138,4	1,92	4	12,2	5,9	6,3	83,8	13,2	70,6	—	—	—	—
II очередь	25,6	31,5	1,23	2,8	12	12	—	85,2	5,6	79,6	—	—	—	—
III очередь	18,1	40,5	2,24	6,6	9,4	9,4	—	84	28,8	55,2	—	—	—	—
IV очередь	28,5	66,4	2,33	3,2	13,8	0,7	13,1	83	7,3	75,7	—	—	—	—
Иртыш — Караганда	76	131	1,73	8	12	5	7	77	**	**	—	—	0,6	2,4

* В том числе 17 млн. м³ с предварительным рыхлением скважинных зарядов.
** Преобладающая часть в отвал.

3. ПРИМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ, ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И ДРУГИХ СПОСОБОВ РАЗРАБОТКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГРУНТА ПРИ УСТРОЙСТВЕ ВЫЕМКИ КРУПНЫХ КАНАЛОВ

Способы производства земляных работ и механизмы	Пески, сыпучие барханные	Пески, супеси, средние и легкие суглинки	Глины и тяжелые суглинки	Очень плотные связные поскальные, требующие рыхления	Скальные или мерзлые, разрабатываемые только после рыхления	Глубина выемки канала, м: до 3	до 6 ... 8	до 10 ... 12	10 ... 20	20 ... 30 и более	Дальность перемещения грунта машинами, м: землеройно-транспортными: до 100	до 150 ... 200	250 ... 500	500 ... 1 500	до 3 000	до 5 000	землеройными: по бестранспортной схеме (без перекидок грунта): 20 ... 25	30 ... 35	80 ... 150	с транспортом грунта земле-возами: более 600 ... 1000
Экскаваторы одноковшовые																				
Драглайн на гусеничном ходу, м³:																				
1...2	*	***	**	*	*	*	***	*	*	—	—	—	—	—	—	—	***	—	—	***
2,5...3	*	***	**	**	*	—	***	***	**	*	—	—	—	—	—	—	**	***	—	***
Драглайн шагающий, м³:																				
4...6	*	***	**	**	*	—	**	**	***	*	—	—	—	—	—	—	—	—	***	—
10...15	*	***	**	**	**	—	*	**	***	**	—	—	—	—	—	—	—	—	***	—
Прямая лопата, м³:																				
1...2	*	***	**	**	*	—	***	**	*	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	***
2,5...4	*	***	**	**	*	—	***	***	*	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	***
4,6...8	*	***	**	**	**	—	**	***	***	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	***
Экскаваторы многоковшовые																				
Роторные	*	***	*	*	—	—	***	***	**	**	***	—	—	—	—	—	***	***	—	—
Цепные	*	***	*	—	—	—	***	***	**	—	***	—	—	—	—	—	***	***	—	—
Скреперы																				
Самоходные, м³:																				
8	*	***	*	*	—	***	***	**	*	—	—	*	***	**	*	*	—	—	—	—
15	*	***	**	*	—	**	***	***	*	—	—	—	**	***	***	*	—	—	—	—
25	*	***	**	*	—	*	***	***	*	—	—	—	*	***	***	***	—	—	—	—
Прицепные, м³:																				
7...8	*	***	*	*	—	***	***	**	*	—	*	**	***	**	—	—	—	—	—	—
15...25	*	***	**	*	—	**	***	***	*	—	—	*	***	***	—	—	—	—	—	—
Бульдозеры на гусеничных тракторах, кВт:																				
96	*	***	**	*	*	***	*	*	—	—	***	—	—	—	—	—	—	—	—	—
132																				
228	*	***	**	**	*	***	*	*	—	—	***	—	—	—	—	—	—	—	—	—
243																				
Погрузчики, м³:																				
2...4	*	***	**	**	*	*	***	**	*	*	***	***	*	—	—	—	—	—	—	***
10...15	*	***	**	**	*	—	***	**	**	*	***	***	*	—	—	—	—	—	—	***
Земснаряды с подачей по грунту, м³/ч:																				
190...220	***	***	*	—	—	*	***	**	*	—	***	***	*	—	—	—	—	—	—	—
350...660	***	***	*	—	—	—	***	**	*	—	***	***	*	—	—	—	—	—	—	—
Саморазмыв грунта	***	**	—	—	—	***	***	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Взрыв на выброс	*	*	***	***	***	***	***	***	*	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания. 1. *** — условия, благоприятствующие применению машин или способа; ** — условия, не оказывающие существенного влияния на использование машин или способа; * — условия, затрудняющие или делающие неэффективным применение машин или способа; — — условия, при которых машины и способ, как правило, не используются. 2. Применение экскаваторов с оборудованием прямая лопата, роторных и цепных, а также скреперов, бульдозеров и погрузчиков при устройстве выемки каналов на участках, где уровень грунтовых вод выше дна канала, возможно после предварительного осушения подошвы забоя. 3. Использование экскаваторов, погрузчиков и земснарядов на разработке каналов глубиной более 10...12 м предполагает работу их с разработкой грунта по ярусам.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Аброскин Г. И. Канал Днепр — Донбасс. — Гидротехническое строительство, 1975, № 11, с. 5...6.

Азаркович А. Е., Чаталбашев П. П. Условия применения и проектные показатели взрывного способа строительства глубоких участков канала переброски части стока сибирских рек. — Гидротехническое строительство, 1980, № 1, с. 5...8.

Азизов С. Каршинский магистральный канал. — Гидротехника и мелиорация, 1970, № 7, с. 1...13.

Бакшеев Е. А., Матях Н. М., Карук Б. П. Каховская оросительная система. — Гидротехника и мелиорация, 1976, № 5, с. 103...113.

Баранов К. М. Строительное и дорожное машиностроение капиталистических стран. — Механизация строительства, 1975, № 6, с. 23...24.

Богатов Е. А., Варваров В. В. Организация работы скреперных бригад на строительстве Каховского канала. — Гидротехника и мелиорация, 1973, № 7, с. 22...24.

Варваров В. В., Богатов Е. А. Опыт строительства грунтопленочных экранов на Каховской оросительной системе. — Гидротехника и мелиорация, 1977, № 7, с. 27...30.

Волынов А. М., Чаталбашев П. П. Соображения по организации строительства и механизации работ на канале переброски части стока сибирских рек. — Сборник научных трудов В/О Союзводпроект. — М., 1978, № 49, с. 73...101.

Гринберг Л. М. Каракумский канал. — Ашхабад: АН ТуркмССР, 1963, 154 с.

Духовный В. А. Орошение и освоение Голодной степи. — М.: Колос, 1973, 240 с.

Земзеров С. Н. Механизация герметизационных работ в гидромелиоративном строительстве. — Л.: Стройиздат, 1976, 144 с.

Ирригация Узбекистана. — Ташкент: Фан, 1975, т. I, 352 с.

Ирригация Узбекистана. — Ташкент: Фан, 1975, т. II, 360 с.

Ирригация Узбекистана. — Ташкент: Фан, 1979, т. III, 360 с.

Канал Иртыш — Караганда. — Гидротехническое строительство, 1973, № 2, с. 7...12.

Земляные сооружения. — М.: Стройиздат, 1977, 104 с.

Канторер С. Е. Строительные машины и экономика их применения. — М.: Высшая школа, 1973, 528 с.

Карпенко В. И., Свашенко Л. С. Водохозяйственный комплекс канала Днепр — Донбасс. — Гидротехническое строительство, 1975, № 6, с. 7...9.

Котельников А. А., Романов А. Г., Заремская Е. И. Механизация земляных работ на строительстве канала Иртыш — Караганда. — Гидротехника и мелиорация, 1970, № 9, с. 11...23.

Лофицкий В. Н. Зимние работы в гидроэнергетическом строительстве. — М. — Л.: Госэнергоиздат, 1961, 172 с.

Машины для земляных работ. — М., 1974.

Моисеев И. С., Шайтанов В. Я., Якобсон А. Г. Справочник гидроэнергостроителя. — М.: Энергия, 1976, 512 с.

Муканов А. З., Матвиевский И. К., Розиноер С. Т. Особенности разработки земснарядами канала Днепр — Донбасс. — Гидротехническое строительство, 1975, № 11, с. 9...10.

Огурцов И. М., Шлаен А. Г., Юдович В. М. Строительство бетонопленочных облицовок в сложных инженерно-геологических условиях. — Гидротехника и мелиорация, 1979, № 5, с. 17...20.

Попов Ю. А., Рощупкин Д. В. Гидромеханизация земляных работ в зимнее время. — Л.: Стройиздат, 1979, 184 с.

Руководство по производству земляных работ одноковшовыми экскаваторами.— М.: Стройиздат, 1976, 94 с.

Руководство по производству земляных работ скреперами. — М.: Стройиздат, 1976, 96 с.

Саркисов М. М. Опыт проектирования, строительства, эксплуатации и экономическая эффективность Каракумского канала им. В. И. Ленина в Туркменской ССР. — Ашхабад: Туркменистан, 1976, 40 с.

Сергеев Б. И., Косиченко Ю. М. Противофильтрационные экраны из полимерных материалов на основе бутилкаучука. — Гидротехника и мелиорация, 1979, № 5, с. 20...23.

Смирнов Е. А. Канал Иртыш — Караганда. — Гидротехника и мелиорация, 1974, № 7, с. 20...27.

Фоменко В. Н., Полевой В. П. Поточная технология строительства монолитных бетонных облицовок канала. — Гидротехника и мелиорация, 1981, № 4, с. 31...35.

Хамраев Н. Р. Организация строительства машинных каналов. — Ташкент: Узбекистан, 1975, 168 с.

Хамраев Н. Р., Мамонтов А. З., Шманенко Я. А. Строится Большой Наманганский канал. — Гидротехника и мелиорация, 1971, № 11, с. 7...13.

Цыбенко В. С. Земляные работы на строительстве канала Днепр — Донбасс.— Гидротехническое строительство, 1975, № 11, с. 7...8.

Чаталбашев П. П. Механизация земляных работ при строительстве крупных мелиоративных каналов. — Сборник научных трудов В/О Союзводпроект. — М., 1981, № 55, с. 106...119.

Чаталбашев П. П., Соломатин Г. В. Предложения по применению высокопроизводительных землеройных и землеройно-транспортных машин. — Сборник научных трудов В/О Союзводпроект. — М., 1975, № 42, с. 113...120.

Черкашин В. А., Червец С. М., Иванов Ю. А. Производство земляных работ в зимних условиях. — М.: Стройиздат, 1971, с. 158.

Шачков А. И. Организация скреперных работ на строительстве канала Иртыш — Караганда. — Гидротехническое строительство, 1975, № 11, с. 14...18.

Шейченко Н. П. Опыт строительства Большого Андижанского канала. — Гидротехника и мелиорация, 1971, № 2, с. 45...57.

Шумаков Б. Б., Миндели Э. О. Рациональные пути использования энергии взрыва в мелиоративном строительстве. — Гидротехника и мелиорация, 1975, № 11, с. 13...15.

Шкундин Б. М. Землесосные снаряды. — М.: Энергия, 1973, 272 с.

Эксплуатация землеройных машин в зимнее время/ Лозовой Д. А., Запускалов В. А., Покровский А. А. и др. — Л.: Стройиздат, 1978, 120 с.

Экскаваторные работы/ Астахов А. И., Дегтярев А. П., Дубинин В. И. и др. — М.: Госстройиздат, 1962, 364 с.

Яркин А. А. Тенденции и перспективы развития скреперов. — Механизация строительства, 1975, № 4, с. 8...9.

Ясинецкий В. Г., Фенин Н. К. Организация и технология гидромелиоративных работ. — М.: Колос, 1975, 416 с.

Caterpillar performance handbook, edition 12.

International, Earthmoving systems: an analysis of equipment selection for heavy construction, 1975.

International, 1978/79 Construction equipment reference guide.

RAHCO. Construction work for large canals. Machinery evaluation series, 1978.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава 1. **Земляные работы при строительстве каналов** 5
Основные способы производства земляных работ 5
Крупнейшие мелиоративные каналы в СССР 6

Глава 2. **Общие закономерности применения различных технологических схем и землеройных машин при строительстве каналов** . . . 103
Рекомендации по применению различных технологий и землеройных машин в конкретных условиях строительства крупных каналов 103
Рекомендации по строительству каналов скреперно-бульдозерными комплексами и погрузчиками 107
Рекомендации по строительству каналов экскаваторами циклического и непрерывного действия 118
Рекомендации по строительству каналов средствами гидромеханизации 124
Рекомендации по строительству каналов взрывным способом 129

Глава 3. **Современное состояние строительных машин для производства земляных работ** 136
Землеройные машины 136
Землеройно-транспортные машины 148
Средства гидромеханизации 151
Автомобильный транспорт 151

Глава 4. **Особенности производства земляных работ зимой** 156
Специфические условия земляных работ зимой 156
Специальные мероприятия, обеспечивающие проведение земляных работ зимой 157
Рекомендации по производству земляных работ зимой . . . 161

Глава 5. **Противофильтрационные облицовки каналов** 167
Основные типы противофильтрационных облицовок 167
Устройство деформационных швов в облицовках каналов . . 182
Эффективность различных облицовок и стоимостные показатели 185

Глава 6. **Организация строительства крупных каналов** 187
Общие положения 187
Структура строительной организации 188
Продолжительность строительства 189
Строительство каналов поточным методом 191

Глава 7. **Стоимость строительства каналов** 194
Общие положения 194
Рекомендации по расчетам стоимости каналов и сооружений на предварительных стадиях проектирования 194
Рекомендации по снижению стоимости и трудоемкости строительства каналов 196

Приложения 200

Указатель литературы 206