

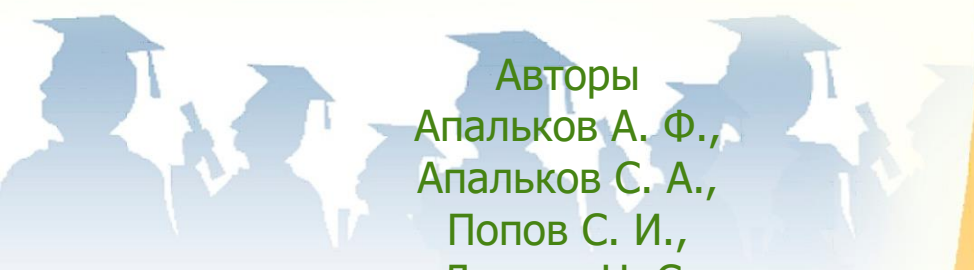


ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Учебное пособие

«Расчет эксплуатационных показателей транспортно- технологических машин в мелиорации»



Авторы
Апальков А. Ф.,
Апальков С. А.,
Попов С. И.,
Донцов Н. С.

Ростов-на-Дону, 2018



Аннотация

Учебное пособие предназначено для студентов и магистрантов высших учебных заведений по направлениям 23.04.01 «Технология транспортных процессов», 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», а также для инженерно-технических работников.

Авторы

Апальков А. Ф., к.т.н., профессор

Апальков С. А., к.т.н., доцент

Попов С. И., к.т.н., доцент

Донцов Н. С., к.т.н., доцент

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ	5
1.1 Способы уменьшения фильтрационных потерь	9
1.2 Анализ транспортно-технологических машин для профилирования действующих оросительных каналов	12
1.3 Сравнительная оценка транспортно-технологических машин и механизмов, применяемых для профилирования каналов	19
2 ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРОФИЛИРОВЩИКА	40
2.1 Сопrotивление грунта копанию комбинированным рабочим органом профилировщика	40
2.2 Сопrotивление разрушению грунта фрезой	41
2.3 Сопrotивление перемещению пассивного ножа	51
2.4 Сопrotивление перемещению затирочного ножа	52
2.5 Сопrotивление силам трения секции комбинированного рабочего органа профилировщика о грунт	55
2.6 Устойчивость хода комбинированного рабочего органа профилировщика по глубине	57
2.7 Влияние требований точности изготовления периметра русла больших каналов на конструкцию землеройного рабочего органа профилировщика	63
2.8 Погрешность изготовления поперечного сечения русла канала при обработке профильным землеройным рабочим органом ..	74
2.9 Обоснование типа рабочего органа планировщика бери и его основных параметров	76
3 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БЕТНОПЛЕНОЧНЫХ ОБЛИЦОВОК	86
3.1 Особенность подготовки дна и откосов каналов под бетонопленочные облицовки	87
3.2 Откосопланировщики циклического действия	89
3.3 Откосопланировщики непрерывного действия	91
3.4 Устройство и принцип работы профилировщика ППУ-9,6х4	98
3.5 Кинематика и конструкция основных узлов профилировщика ППУ-9,6х4	101
3.6 Определение усилий копания землеройным рабочим органом профилировщика-укатчика ППУ-9,6х4	107
3.7 Расчет потребной мощности для резания грунта	112
3.8 Расчет производительности профилировщика	113

3.9 Тяговый расчет полнопрофильного профилировщика-укатчика ППУ-96,4	114
3.10 Техническая характеристика полнопрофильного профилировщика-укатчика ППУ	116
4 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ И ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ УКЛАДКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ НА ОТКОСЫ КАНАЛА.....	119
4.1 Анализ машин и механизмов для укладки железобетонных плит на откосы каналов	119
4.2 Определение допуска на замыкающий элемент размерной цепи сборной облицовки канала	122
4.3 Влияние положения плиты при укладке на целостность пленки.....	126
4.4 Изыскание перспективной схемы плитоукладчика для облицовки магистральных каналов	130
5 РАСЧЕТ ГОДОВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ МАШИН.....	136
6 ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	139
6.1. Определение числа ТО и Р машин	141
6.2. Выбор организационной формы	142
7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ МАШИН	149
8 РАСЧЕТ ПЕРЕДВИЖНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН	152
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	159
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	161

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении длительного времени при создании оросительных систем основной задачей было получение высоких урожаев, максимального количества сельскохозяйственной продукции. При этом проблемы оптимального использования эксплуатируемых ресурсов (природных, энергетических, интеллектуальных, рабочей силы) считались вторичными при решении основной задачи. Изменение экономических, экологических, правовых условий привело к пересмотру многих параметров дальнейшего развития оросительных систем. На передний план выдвигаются вопросы повышения технического уровня оросительных систем, надежности и экологичности их работы. По-новому рассматриваются вопросы эксплуатации оросительных систем, проблемы управления водоподачей и водораспределением.

Оросительные системы, как, впрочем, и любая мелиорация земель, являются мощнейшим природопреобразующим фактором и могут приводить к негативным экологическим последствиям. Поэтому обязательной частью при их эксплуатации является недопущение ущерба природным системам и другим землепользователям или компенсация этого ущерба, что требует дополнительных мероприятий и затрат.

В современных условиях важным направлением в области мелиорации является повышение уровня механизации работ по уходу за оросительными каналами. Возможности хозяйств по своевременному уходу за каналами ограничены, так как за последние годы поставка новой мелиоративной техники в хозяйства орошаемого земледелия сократилась в три раза, а за счет физического износа парк мелиоративных машин уменьшился в 10 раз. Несвоевременный уход за оросительными каналами приводит к нарушению технологии орошения земель, несоблюдению поливных норм и режимов полива, что приводит к увеличению потерь воды на фильтрацию и, следовательно, к поднятию уровня грунтовых вод. В последние годы созданы и внедрены различные способы противofильтрационной защиты на каналах, что положительно сказалось на рациональном использовании водных ресурсов. На современном этапе при строительстве крупных оросительных каналов глубиной более 3 м применяют, как правило, противofильтрационную защиту, способствующую укреплению

откосов, снижению потерь воды на фильтрацию и предохранению от заболачивания и засоления прилегающей к каналу территории. Из всех известных антифильтрационных покрытий бетонные облицовки в сочетании с экраном из полиэтиленовой пленки (бетонопленочные облицовки) наиболее эффективны. В сравнении с бетонными они более чем в десять раз уменьшают потери воды на фильтрацию. Несмотря на высокую начальную стоимость бетонопленочных облицовок, их удельная стоимость, отнесенная к одному году эксплуатации, находится на одном уровне с самыми простыми противофильтрационными покрытиями. Применяются бетонопленочные покрытия в монолитном, сборном и комбинированном вариантах. Они должны быть долговечными и экономически обоснованными, чтобы обеспечивать максимальную степень индустриализации строительных работ. Для устройства бетонопленочных облицовок в монолитном варианте имеется несколько специализированных комплексов машин отечественного и зарубежного производства. Хуже обстоят дела при строительстве облицовок из сборных элементов, для которых комплекс машин находится в стадии разработки. В настоящее время ведутся работы по созданию узкоспециализированных высокопроизводительных машин для этого комплекса, так что сборный вариант перед монолитным имеет ряд преимуществ. Он позволяет использовать индустриальный метод строительства облицовок с высокой заводской готовностью применяемых конструкций, а также сократить расход бетона на единицу площади облицовки.

Применение средств механизации для профилирования каналов позволит повысить качество работ и снизить трудоемкость технологических операций.

1 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

От рационального использования воды зависит выполнение основной народнохозяйственной задачи — получение гарантированных высоких урожаев при любых погодных условиях. Этого нельзя добиться без поддержания оросительной сети в работоспособном состоянии с применением новых достижений науки и средств механизации по уходу за каналами. Значительные усилия служб должны быть направлены на борьбу с зарастанием каналов сорной растительностью, своевременную очистку от наносов, профилирование дамб, проведение противофильтрационных мероприятий и т.д.

Можно отметить, что ежегодно наблюдаются большие потери воды по различным причинам, в первую очередь за счет фильтрации, сброса неиспользованной воды, размыва каналов и временных оросителей, несовершенства отдельных гидротехнических сооружений и т.д. Все это отрицательно воздействует на мелиоративное состояние земель, снижается КПД системы, поднимается уровень грунтовых вод, что ухудшает общее состояние мелиорируемых земель. Требуются дополнительные затраты на восстановление плодородия почв. Поэтому высокопродуктивный урожай зависит в первую очередь от состояния мелиорируемых земель, от решения вопросов механизации и автоматизации по уходу за оросительными каналами.

Даже в крупных системах коэффициент использования воды (КИВ) составляет 0,6–0,7, в то время как его величина должна стремиться к 0,95. В последние годы наблюдается уменьшение запасов воды в р. Дон, поэтому строительство новых оросительных систем в пойме р. Дон ограничено, а эксплуатация существующих систем возможна только за счет более экономного расходования оросительной воды.

Неслучайно в рекомендациях ученых указывается на необходимость значительного повышения эффективности действующих оросительных систем, за счет совершенствования технологии по уходу за ними. Эксплуатация оросительных систем на юге России во многом определяется природными условиями, от которых зависит урожайность сельскохозяйственного производства. В южной климатической зоне климат носит неустойчивый характер, особенно в весенне-летний период, когда во многих районах воз-

никают суше. В течение года количество осадков колеблется в пределах 250–600 мм. Эти условия способствуют зарастанию каналов растительностью, образованию трещин на поверхности русел выше уровня воды, высыханию комков и остатков грунта на дамбах каналов после их очистки от наносов. Все это отрицательно влияет на пропускную способность оросительных каналов и усложняет условия работы каналоремонтным машинам. Поэтому работа технических служб должна проводиться постоянно, с целью выявления и ликвидации возникающих неисправностей. К ним относятся такие как уход и надзор, текущий и капитальный ремонты. Надзор должен осуществляться работниками службы эксплуатации оросительных систем ежедневно. Текущие и капитальные ремонты выполняются по плану. Аварийные проводятся по необходимости, которые фиксируются актами о проделанной работе. Текущие ремонты преследуют задачу устранения возникших неисправностей: подсыпка дамб при повреждениях, удаление из каналов различных предметов, уничтожение сорной растительности, очистка от заиления. Все эти мероприятия направлены на бесперебойную работу каналов. Указанные работы проводятся в осенний период и частично ранней весной. Капитальный ремонт предусматривает большие объемы выполняемых работ, в основном в осенне-зимний период времени, когда подача воды на орошаемые участки прекращена. Если объемы работ планируются по всей сети, то применяются комплексные капитальные ремонты. В процессе эксплуатации каналов встречаются следующие основные неисправности: размыв, заиление русел, деформация откосов дамб. Для успешного проведения указанных работ необходима четкая система планирования материально-технического обеспечения организации мелиоративных работ.

Важное значение перед началом эксплуатации оросительных каналов имеют противофильтрационные мероприятия, направленные на улучшение режима работы каналов и уменьшение фильтрации. Наибольшие потери воды за счет фильтрации наблюдаются на периодически действующих каналах. Для борьбы с этим явлением применяют различные противофильтрационные материалы, а также механические способы воздействия на грунты, слагающие ложе канала.

С целью сохранения каналов в работоспособном состоянии необходимо направить усилия на ликвидацию препятствий, ме-

шающих применению средств механизации. Совершенствование технологии производства работ по уходу за каналами и их ремонту имеет исключительно важное значение, а применение передовых методов и средств механизации позволит вести работы более эффективно с лучшим качеством без применения ручного труда. Объемы работ по уходу за каналами, а также их ремонту, иногда превышают объем работ на новом строительстве. В связи с этим, вопросы разработки средств механизации и внедрения новой технологии в практику эксплуатации оросительных систем имеют важное народно-хозяйственное значение. При разработке новых и подборе существующих средств механизации по уходу за каналами, необходимо учитывать в первую очередь типизацию каналов, размер их поперечного сечения, техническое состояние, устойчивость каналов к заилению и размыву, физико-механические свойства грунтов и др. Для высокопроизводительного использования техники по уходу за дамбами каналов немаловажное значение имеет состояние их поверхности. Как уже отмечалось, в процессе эксплуатации происходят различные деформационные сдвиги, причиной которых могут быть кроме атмосферных воздействий, движение машин и механизмов по дамбам. В результате проведенных нами исследований отмечено изменение как продольного, так и поперечного профилей дамб каналов.

Большое влияние на пропускную способность каналов, расположенных в земляном русле, оказывает различная сорная растительность. Интенсивный рост различной растительности приводит к ненормальной работе каналов. Установлено, что пропускная способность каналов, заросших растительностью, уменьшается в 1,5 – 2,0 раза. Известно также, что растительность способствует увеличению шероховатости русла, а, следовательно, увеличиваются потери воды из каналов за счет фильтрации. Коэффициент полезного действия системы в целом уменьшается в 1,5 – 2,5 раза. Установлено, что коэффициент шероховатости на каналах, заросших сорной растительностью, выше в 6 – 7 раз по сравнению с обработанными. Иногда во время очистки от наносов частично удаляется и растительность, а вместе с этим нарушается корневой слой, что не способствует явлению кольматации.

Для борьбы с сорной растительностью применяют механический, химический и термический способы. Наиболее распространенным является механический способ. При механическом

способе используют различные каналоокашивающие машины, каналоочистители, имеющие рабочие органы для одновременного удаления растительности и наносов. Для удаления растительности с гребня дамб и откосов применяют косилки различных типов. Это в основном сегментные, брусковые, фрезерные и др. Например, косилка ККД-1,5 окашивает откосы дамб, косилка мелиоративная РР-21 применяется для скашивания гребней и откосов дамб. В труднодоступных местах находит применение малогабаритная косилка МСР-1,2. Производительность косилок резко снижается при увеличении гребнистости, обрабатываемой поверхностью. Зачастую сегменты врезаются в землю, что приводит к выходу из строя режущих рабочих органов. Из-за неудовлетворительного состояния рельефа откосов и гребней дамб трудно выдержать параллельность между поверхностью откоса и режущими рабочими органами косилок. Это приводит к увеличению высоты стерни. В отдельных случаях высота стерни достигает до 0,5 м. Поэтому профиль дамб каналов, сложившихся в процессе эксплуатации, нуждается в периодическом выравнивании с целью придания дамбам начальных геометрических параметров. Неровная поверхность дамб отрицательно сказывается не только на работе каналоокашивающих машин, но и на применении других машин, например, сеялок при обсеивании дамб культурными травами. Лишь качественно профилированная поверхность дамб является залогом успешной работы каналоокашивающих машин.

Поэтому при профилировании каналов необходимо применять рабочие органы, способные снимать стружку небольшой толщины, транспортировать грунт в процессе движения и укладывать его на откосах равномерно. Это позволит сохранить начальную проектную форму дамб, а также будет способствовать созданию противофильтрационного экрана. Все это нашло подтверждение при обследовании дамб мелиоративных каналов, где встречались неровности, достигающие перепада в 20–25 см. Эти факторы отрицательно сказываются на работе каналоремонтных машин.

Вопросы ухода и ремонта каналов во многом направлены на сохранение их транспортирующей способности в процессе эксплуатации. Во многих работах указывается перечень работ и сроки, в которые необходимо выполнить те или иные работы, а также какие лучше использовать механизмы. Необходимо отметить,

что вопросами улучшения состояния поверхности дамб оросительных каналов в процессе их эксплуатации и обеспечения лучших условий работы каналоремонтным машинам посвящено мало работ. К тому же глубина проработки этих вопросов до настоящего времени не удовлетворяет современным требованиям.

1.1 Способы уменьшения фильтрационных потерь

По данным многих исследований в области мелиоративных систем КПД в течение эксплуатационного периода колеблется в пределах 0,5–0,55. Это означает, что почти половина воды, отправленной по каналам на орошаемые поля, теряется по различным причинам. Установлено, что потери воды на испарение, утечка через различные неплотности гидротехнических сооружений, в результате аварийного состояния каналов составляют всего 2–3 %. Наибольшие потери воды происходят за счет фильтрации – 70–80 %.

Как показывают исследования, основные потери воды резко увеличиваются в начальный период наполнения каналов водой, а затем стабилизируются до определенного уровня. Кроме этого, повышение уровня воды в канале даже на 10–15 см выше также приводит к увеличению потерь до 40 %. Эта величина колеблется в зависимости от физических свойств грунта, протяженности каналов и может достигать различных значений.

Если учесть, что многие периодически действующие каналы в оросительный период работают форсированными расходами, то уровень при этом значительно колеблется в течение суток, увеличивая фильтрационные потери в верхней части внутренних откосов канала. Известно, что обязательным условием для оросительной системы является своевременная подача воды на орошаемые поля. Следовательно, пропускная способность каналов должна сохраняться постоянной. На практике же пропускная способность каналов изменяется в зависимости от их технического состояния. Наибольшее влияние на пропускную способность канала и увеличение фильтрации оказывает сорная растительность. Развитие растительности начинается сразу же после строительства объекта оросительной системы. В первые годы эксплуатации начинается бурный рост растительности. В юго-степной зоне России встречаются водные сорняки: рогоз, камыши, осока, осот и

др. Как показывают исследования, густота сорняков на отдельных участках каналов достигает плотности 150–200 стеблей на квадратный метр. В летний период времени на периодически действующих каналах, в результате действия землероев, появляются трещины.

Потери в каналах хозяйственной сети составляют 55–65 %. Большие фильтрационные потери приводят к подъему уровня грунтовых вод, заболачиванию, что ведет к ухудшению мелиоративного состояния земель в целом. Поэтому необходим постоянный контроль за техническим состоянием каналов и регулярные противофильтрационные мероприятия, направленные на снижение потерь оросительной воды.

Применяют различные способы борьбы с фильтрацией. Все они обусловлены наличием тех или иных механизмов в хозяйствах, различных строительных материалов, из которых возможно приготовление одежды для противофильтрационных экранов. Все это сложные мероприятия, проведение которых зависит от свойства грунтов, слагающих ложе каналов. Наиболее распространенные способы борьбы с фильтрацией на каналах являются механические и химические воздействия на грунты. Эти способы заключаются в уплотнении, рыхлении грунта, нефтевании, в устройстве различных противофильтрационных одежд.

При механическом воздействии на грунты, слагающие ложе каналов, в первую очередь добиваются уменьшения порозности грунта. Для уплотнения разрыхленного слоя грунта применяют катки типа Д-126А, Д-130Б, Д-390, а также в отдельных случаях ручные трамбовки, различные виброуплотняющие устройства. Установлено, что наиболее эффективно снижение потерь достигается рыхлением с последующим увлажнением и затиркой, что снижает фильтрационные потери оросительной воды в 2–3 раза. В этом случае при движении воды в канале по разрыхленному ложе канала комковатые включения рассыпаются на мелкие частицы и более быстро заполняя поры создают кольматационный слой. Но уплотнение ложа каналов не всегда себя оправдывает, особенно на периодически действующих каналах, а тем более в летний период. Утрамбованный грунт после падения уровня воды в канале не удерживает влагу длительное время, поэтому наблюдаются трещины, что ведет к увеличению фильтрации воды. При длительном отсутствии воды в канале рекомендуется обязатель-

ное рыхление грунта на небольшую глубину перед пуском воды. Это необходимо для того, чтобы транспортирующий водяной поток за счет шероховатости ложа канала создавал эффект самозаливания. Хорошее влияние в этом случае оказывают глинистые растворы.

Применение различных битумных материалов уменьшает фильтрацию в 2–4 раза. Технологический процесс также связан с приготовлением большого количества битума (4–9 кг на 1 м²) и смешивание его с грунтом в определенном процентном соотношении.

Грунтовые одежды или земляные экраны применяют из грунта или глинобетона. Земляные экраны применяют на каналах, проложенных в несвязных грунтах, которые выполняются в виде глиняной облицовки, толщина которой колеблется в пределах 8–30 см. Фильтрация при этом уменьшается на 60–80 %. Смесь глины и бетона применяется при создании экрана в постоянных каналах, где скорость движения воды не более 0,8 м/с.

Применение любого способа антифильтрационной защиты должно быть обосновано технико-экономическими показателями заранее с учетом выбора параметров канала, материалов, природно-климатических условий, свойств грунтов, слагающих ложе каналов, а также максимальное использование средств механизации. Выбор того или иного способа борьбы с фильтрацией во многом зависит еще от водно-физических свойств грунта, т.е. их фильтрационных свойств.

Профилирование является одной из самых дешевых операций. Качественно спрофилированная поверхность является не только залогом успешной работы каналоремонтных машин, но и оказывает существенное влияние на процесс создания искусственного кольматажа. При обработке ложа каналов профилировщиком с пассивным рабочим органом коэффициент шероховатости уменьшается до 0,0376–0,0379, а скорость воды в канале возрастает до 0,212 м/с. Вместе с этим наблюдается уменьшение потерь оросительной воды на фильтрацию. Это происходит за счет рыхления грунта, частицы которого заполняли трещины и впадины на откосах. Создание кольматирующего слоя способствует уменьшению фильтрационных потерь на 22,8 %.

Таким образом, анализируя способы борьбы с фильтрацией из каналов, проложенных в земляном русле, можно отметить, что

доступным и дешевым способом обработки грунтов является процесс рыхления. Причем, наиболее эффективное действие по созданию кольматажа является рыхление грунта на небольшую глубину. Кроме этого, явление кольматации зависит от структуры грунта, а поэтому рекомендации ученых не всегда подходят к тем или иным условиям. В этом случае требуются полевые исследования непосредственно на каналах, сложившихся в процессе эксплуатации с учетом природных условий, структуры почвогрунтов и их физических свойств.

Применение профилировщиков с комбинированными рабочими органами позволит не только осуществлять рыхление более плотных откосов, но и одновременно проводить затирку ложа каналов. В летний период времени каналы работают выше установленного уровня, поэтому фильтрация воды через верхнюю часть откоса значительно увеличивается. Эта часть откоса всегда имеет различные трещины, ходы землероев, зарастает растительностью. Поэтому верхнюю часть откосов канала в процессе эксплуатации необходимо обязательно профилировать перед пуском воды, что позволит снизить фильтрационные потери при повышенном уровне воды.

1.2 Анализ транспортно-технологических машин для профилирования действующих оросительных каналов

Согласно общепринятой в настоящее время классификации машин для планировки дна и откосов каналов различают: машины-откосопланировщики, предназначенные для планировки одних откосов, или неполнопрофильные планировщики для планировки откосов и части дна каналов и профилировщики каналов, выполняющие в процессе работы профилирование полного русла. Эта классификация машин согласуется хорошо с большинством машин, применяемых при строительстве мелиоративных каналов. Однако появляющиеся в последнее время различные новые конструкции машин для профилирования и планировки отдельных элементов мелиоративных каналов, по тем или иным признакам, не всегда удается «втиснуть» в рамки существующей классификации. Попытка классифицировать машины для формирования профиля и поверхности земляных гидромелиоративных сооруже-

ний показала настоятельную необходимость расширения существующей классификации с целью облегчения работы исследователей и конструкторов в выборе схемы новых или улучшения конструкции известных машин.

Все машины, применяемые для формирования профиля и поверхности земляных гидромелиоративных сооружений, можно разделить на две группы:

- профилировщики дамб и каналов;
- планировщики дамб и каналов.

К первой группе необходимо отнести машины, которые в процессе работы изменяют профиль русла каналов или дамб, приближая его к проектному сечению, т.е. машины, работающие по принципу срезания слоя грунта и удаления срезанного грунта за пределы канала. Обычно машины, работающие по такому принципу, применяются при строительстве или капитальном ремонте каналов.

Ко второй группе необходимо отнести машины, которые в процессе работы выравнивают микрорельеф поверхности, не изменяя имеющийся в натуре профиль канала или дамбы, т.е. машины, выравнивающие поверхность каналов за счет перераспределения грунта из повышенных мест в пониженные. Машины, работающие по такому принципу, находят применение при периодическом выравнивании поверхности дамб в процессе эксплуатации каналов.

Профилировщики русел каналов можно подразделить на полнопрофильные профилировщики и откосопланировщики.

По способу действия во времени:

- машины непрерывного действия;
- машины циклического действия.

По виду землеройного рабочего органа:

- машины с активным рабочим органом;
- машины с комбинированным рабочим органом;
- машины с пассивным рабочим органом.

Профилировщики и планировщики дамб получили развитие лишь в последнее время, в связи с тем, что осуществление механизированного ухода в процессе эксплуатации каналов на неровных дамбах весьма затруднено. Дело в том, что поверхность дамбы каналов является одновременно и местом прохода каналоремонтных машин и поверхностью, с которой взаимодействуют их рабочие органы в процессе выполнения работы. Поэтому машины,

предназначенные для выравнивания поверхности дамб каналов, в дальнейшем должны получить еще более широкое развитие.

Отличительной особенностью новой предложенной классификации является то, что она не только показывает эволюцию развития профилировщиков и планировщиков, но и позволяет предвидеть возможность появления новых конструкций. Это свойство новой классификации становится особенно важным при проведении анализа известных машин или при изыскании новых высокопроизводительных конструкций машин и механизмов.

Машины с комбинированным рабочим органом получают дальнейшее развитие, так как они позволяют повысить производительность работ за счет одновременного выполнения двух и более операций. Такие рабочие органы не вписываются в рамки раздела активных, поэтому введен новый раздел рабочих органов профилировщиков – комбинированные. Новым разделом данной классификации являются профилировщики и планировщики дамб, которые применяются для придания дамбам каналов формы близкой к проектным отметкам. Развитие их сдерживалось большим разнообразием отдельных элементов поперечных сечений дамб различных каналов.

При очистке от наносов межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов на оросительных системах применяют одноковшовые экскаваторы как более надежные землеройные машины, выпускаемые отечественным производством. После очистки каналов от наносов качество поверхности получается неудовлетворительное, так как удаляемый из канала грунт, как правило, укладывается на гребень дамбы канала. Затем вынутый грунт разравнивается бульдозером для обеспечения прохода по гребню дамбы канала машин по уходу за ними. Выравнивать наружный и внутренний откосы дамбы с помощью бульдозера не представляется возможным в связи с большими углами заложения откосов. Поэтому поверхность внутреннего откоса остается неровной, шероховатой, что вызывает ускоренное заиливание канала и оплывание грунта при пропуске в него воды. Неровная поверхность откосов является препятствием для нормальной работы машин по уходу за каналами. Применение косилок как с роторными, так и с брусковыми рабочими органами для скашивания растительности на таких откосах также затрудняется, так как при наличии грунтовых выступов ножи косилок срезают не траву, а грунт, что при-

водит к поломкам их рабочих органов. Поэтому в практику эксплуатации оросительных каналов необходимо рекомендовать обязательное выравнивание не только гребня дамб, но наружного и внутреннего откосов. Это создает оптимальные условия работы машинам по уходу за каналами.

В процессе работы оросительных каналов часть подаваемой воды на орошаемые поля теряется по различным причинам. Потери воды из оросительных каналов существенно ограничивают возможности расширения посевных площадей, а интенсивный подъем уровня грунтовых вод способствует ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель, вплоть до выпадения их из сельскохозяйственного оборота.

Производительность сети оросительных каналов характеризуется значением КПД, который является основным показателем работы оросительных систем или отдельных каналов и отражает условия транспортирования и использования воды:

$$\eta = 1 - \frac{W_n}{W_e},$$

где W_n – суммарный объем потерь оросительной воды; W_e – объем воды, поданный в голову системы.

Суммарный объем потерь оросительной воды в каналах складывается из потерь на фильтрацию W_ϕ , испарение с водной поверхности W_n и сбросов, мертвых объемов, утечки воды через щиты водовыпусков и дамбы каналов W_c :

$$W_n = W_\phi + W_n + W_c.$$

Из общего суммарного объема потерь оросительной воды в каналах 70–80 % составляют потери на фильтрацию воды через дно и откосы каналов. Поэтому, снижение объёмов фильтрационных потерь из оросительных каналов имеет важное значение народнохозяйственное значение.

В настоящее время для снижения потерь воды на фильтрацию широко внедряются закрытые трубопроводы, лотковые системы и капитальные антифильтрационные экраны. Эти способы требуют больших капитальных вложений с применением сложной технологии производства работ. Существующие в стране оросительные

системы представляют сеть открытых земляных каналов, из которых только 5 % облицованных. В связи с этим, технико-экономические расчеты позволяют сделать вывод о том, что в настоящее время целесообразно применять сравнительно дешевые и достаточно эффективные мероприятия по уплотнению и созданию естественной кольматации почвогрунтов, слагающих ложе каналов.

Оросительные каналы вследствие интенсивного зарастания растительностью большую часть поливного сезона работают при форсированных расходах. Поэтому, глубина их наполнения при одинаковых расходах воды в различные периоды работы не одинакова и изменяется в зависимости от степени зарастания русла сорной растительностью. Одновременно с повышением горизонтов воды увеличивается смоченный периметр каналов, а, следовательно, и потери воды на фильтрацию. Причем величина потерь воды на фильтрацию в таких каналах растет гораздо быстрее, чем величина смоченного периметра. Это объясняется тем, что затапливаемая часть внутренних откосов каналов характеризуется пониженной величиной влажности.

Обсев дамб оросительных каналов культурными травами способствует укреплению земляных откосов, позволяющих эффективно бороться с зарастанием дамб сорной растительностью и придает им эстетический вид. Деформированная и неровная поверхность дамб оросительных каналов отрицательно влияет на качество работы сеялок, поэтому перед высевом семян культурных трав поверхность дамб необходимо выравнять. Особенно это касается дамб каналов, находящихся первый год в эксплуатации. Поверхность таких дамб под действием водной и ветровой эрозии, а также в результате неравномерной осадки грунта подвержена значительным деформациям.

При эксплуатации и строительстве каналов для профилирования их поверхности применяют различные механизмы. Применение различных рабочих органов обеспечивает различные варианты выравнивания поверхности. Так, например, применение для планировки откосов дамб экскаваторов-планировщиков или пассивных рабочих органов в виде отвалов позволяет выравнивать поверхность за счет полного срезания выступающих неровностей небольшой толщины. Такой способ выравнивания откосов находит применение при строительстве и капитальном ремонте

каналов, а также перед устройством любых антифильтрационных облицовок. Применение для профилирования поверхности дамб каналов машин с пассивными рабочими органами в виде отвалов затрудняется, так как профиль дамб каналов отличен от первоначального – трапецеидального, а поэтому в процессе профилирования невозможно выдерживать равномерную по глубине стружку. Кроме того, профилировщики с пассивными рабочими органами обладают значительными тяговыми сопротивлениями, большая часть которых расходуется на перемещение призмы волочения.

В целях препятствия сползанию призмы волочения на дно канала в процессе профилирования они рекомендуют ставить отвал на откосе под некоторым углом, обеспечивающим подъем срезанного грунта на гребень дамбы канала. Недостатком этого способа является то, что при профилировании откоса каналов с заложением 1:1, угол установки отвала на откосе составляет 23–25° и при глубине капала 2 м, длина отвала должна равняться 6–7 м.

С целью уменьшения длины отвала при профилировании откосов каналов можно установить отвал на откосе под таким углом, чтобы движение призмы грунта по откосу каналу происходило бы без перемещения ее вверх или вниз. При дальнейшем увеличении угла установки отвала на откосе при профилировании наблюдается увеличение перемещения части грунта призмы волочения, вниз по откосу. Разрыхленный грунт призмы волочения, при движении по откосу канала, стремится занять объем с наименьшим поверхностным натяжением. Поэтому количество грунта, осыпавшегося на дно канала зависит не только от угла заложения откосов и угла установки отвала, но и от высоты перемещаемой по откосу призмы волочения.

На наш взгляд, применение рабочих органов типа отвалов для профилирования откосов дамб каналов, находящихся в эксплуатации, заимствованных у общестроительных машин, в настоящее время еще недостаточно изучены, так как перемещаемые призмы волочения грунта такими рабочими органами в процессе профилирования достигают значительных объемов, в то время как выравнивание поверхности откосов отличается небольшим удельным объемом грунта, приходящегося на 1 м² поверхности. Проведенные нами натурные исследования состояния поверхно-

сти дамб оросительных каналов показали, что высота микронеровностей и их расположение бывают самыми разнообразными. Однако если эти повреждения носят местный характер и поперечное сечение дамбы канала находится в пределах установившегося в процессе эксплуатации профиля, то для выравнивания поверхности нет надобности срезать и удалять срезанный грунт на гребень дамбы, а целесообразнее перераспределить объем грунта из повышенных мест в пониженные до получения ровной поверхности. Применение для профилирования поверхности дамб рабочего органа, способного перемещать минимально необходимый для выравнивания поверхности объем разрыхленного грунта, позволит выполнять процесс профилирования с минимальным тяговым сопротивлением.

После очистки от наносов оросительных каналов одноковшовыми экскаваторами, выравнивание поверхности внутренних откосов путем вырезания стружки и подъема срезанного грунта на гребень дамбы канала еще более уширит поперечное сечение. Поэтому профилирование поверхности оросительных каналов необходимо проводить только за счет перераспределения объема грунта из повышенных мест в пониженные. Из-за отсутствия специальных машин поверхность откосов дамб выравнивают различными приспособлениями в виде рельсовых рам, тракторных гусениц, тросов с грузом и т.д. Многократным протягиванием по одному и тому же месту добиваются выравнивания поверхности откосов. Но в связи с тем, что приспособления являются крайне несовершенными рабочими органами, это и не позволяет своевременно бороться с деформацией поверхности дамб оросительных каналов.

Создание специализированных рабочих органов профилировщиков, позволяющих выравнивать поверхность дамб каналов за счет перераспределения грунта из повышенных мест в пониженные, позволит не только бороться с деформацией поверхности дамб оросительных каналов, но и улучшит режим их работы. Поддерживание поверхности дамб оросительных каналов в ровном состоянии, путем их периодического профилирования, будет гарантировать высокую производительность всего комплекса машин по уходу за каналами при выполнении ими различных операций.

1.3 Сравнительная оценка транспортно-технологических машин и механизмов, применяемых для профилирования каналов

На рис. 1.1 показана предлагаемая нами классификация машин для формирования профиля в поверхности земляных гидромелиоративных сооружений. Профилировщики русел каналов представлены более полно в связи с тем, что они получили большее развитие, так как требования к точности русла канала, особенно при устройстве антифильтрационных покрытий, довольно жесткие.

Машины с комбинированными рабочими органами получают дальнейшее развитие, так как они позволяют повысить производительность работ за счет одновременного выполнения двух и более операций. Такие рабочие органы не вписываются в рамки раздела активных, поэтому введен новый раздел рабочих органов профилировщиков – комбинированный. Новым разделом данной классификации учитываются профилировщики и планировщики дамб, которые применяются для придания дамбам каналов формы, близкой к проектным отметкам. Предложенная классификация машин для формирования профиля и поверхности земляных гидромелиоративных сооружений позволят наглядно проследить эволюцию развития профилировочных и планировочных машин для дамб и каналов.

Активные рабочие органы экскаваторов в мелиоративных машинах можно использовать и для планировки откосов русла действующих каналов. Наиболее эффективны шнековые рабочие органы, которые одновременно могут срезать слой грунта и удалять разрыхленный грунт из канала.

При разработке грунта шнеком, разрыхленный грунт движется вдоль оси шнека. Расположение шнека по отношению к оси канала может быть самым различным. Основным недостатком работы таких машин являются; низкая поступательная скорость машины (порядка 0,1–1,0 км/ч), невозможность обработки сильно пересеченных откосов, забивание сорной растительностью, значительная металлоемкость.



Рис. 1.1. Классификация машин

Эти недостатки сдерживают более широкое распространение мелиоративных планировщиков со шнековыми рабочими органами.

Отечественной и зарубежной промышленностью выпускаются мелиоративные машины и с фрезерными рабочими органами.

Эти машины можно использовать и для профилирования всего русла каналов, причем планировку внутренних откосов можно проводить одновременно с очисткой канала от наносов. Но применять навесные двухфрезерные каналокопатели можно только в том случае, если канал узкий и проходит между гусеницами трактора. В этом случае достигается проектное сечение каналов за один проход. На широких каналах двухфрезерные каналокопатели не применяются.

Машины с активными рабочими органами имеют следующие достоинства:

- рабочие органы этих машин можно использовать при обработке профилей каналов различного сечения;
- выброс грунта можно осуществить на значительное расстояние;
- хорошее качество профилирования обеспечивается на грунтах низкой категории.

Однако следует отметить, что применение таких машин не всегда возможно из-за отклонения профилей каналов от проектных размеров после их очистки.

К недостаткам рабочих органов подобного типа можно отнести следующее:

- малая поступательная скорость в процессе работы;
- недостаточное использование мощности трактора;
- на сухих минеральных и каменистых грунтах низкая производительность;
- малая величина клиренса.

При работе профилировщика должна быть обеспечена рабочая скорость его перемещения по гребню дамбы. Поэтому увеличение гребнистости поверхности дамб влечет за собой снижение производительности машин. Снижение скорости перемещения средств механизации обусловлено следующими причинами: не-

большой шириной проезжей части, отклонением гребня дамбы от горизонтального положения, увеличением гребнистости микрорельефа, увеличением влажности грунта, уменьшением обзора на отдельных участках из-за зарастания каналов сорной растительностью. Для профилирования поверхности дамб применяют экскаваторы с отвальными или комбинированными рабочими органами. Такие рабочие органы выравнивают поверхность за счет срезания определенной толщины стружки грунта. В процессе эксплуатации каналов это ведет к увеличению поперечного сечения русла, а, следовательно, к нарушению проектного режима работы канала. К тому же все рабочие органы профилировщиков, работающие по принципу срезания «лишнего» слоя грунта, отличаются и повышенной энергоемкостью. Это особенно относится к пассивным рабочим органам, так как из-за параболического очертания откосов и гребня дамбы канала невозможно выдержать равномерную по толщине стружку грунта. Кроме того, значительная часть тягового усилия этих рабочих органов приходится на перемещение срезанного грунта.

Для профилирования откосов и гребня дамб каналов в РФ и за рубежом применяют различные каналоочистительные и общестроительные машины, орудия и приспособления, рабочими органами которых могут быть: ковш, многоковшовая или многоскребковая цепь, фреза, ротор, шнек, комбинированный рабочий орган, отвал с ножом, различные тяжелые приспособления.

По технологическому процессу они делятся на машины для планировки одних откосов с частью дна (откосопланировщики) и для планировки всего периметра сечения канала (профилировщики).

Частично планируют внутренний откос многоковшовые экскаваторы ЭМ-152Б и ЭМ-202Б в процессе очистки каналов от наносов. В условиях Ростовской области применяется только многоковшовый рабочий орган. Применение экскаваторов ЭМ-152Б и ЭМ-202Б в зоне орошения для планировки откосов возможно только по седловой схеме работы. Качество поверхности откоса при работе в сухих рыхлых грунтах получается хорошее. При наличии воды в канале качество поверхности откоса и гребня дамбы канала получается неудовлетворительное и требуется

профилирование. Недостаточная эксплуатационная надежность, частые поломки ковшовой цепи, быстрая изнашиваемость режущих кромок, низкая посадка и малое расстояние между гусеницами создают серьезные затруднения для широкого использования этих машин на оросительных каналах.

Машины со скребковым рабочим органом непрерывного действия Д-490, Д-490М применяют для очистки от наносов и планировки внутренних откосов каналов в грунтах различных категорий. Скребковую цепь наиболее эффективно применяют при очистке осушительных каналов. При очистке и планировке откосов оросительных каналов вынутый грунт укладывается на гребень дамбы канала, при этом 15–20 % вновь осыпается в канал. В переувлажненных грунтах и каналах, затопленных водой, производительность этих машин снижается. Очень часто на каналах, проходящих в насыпи и полунасыпи, трактор невозможно установить в горизонтальное положение, поэтому машина работает с перекосами, что приводит к подрезке дамбы. Из-за этих недостатков машины Д-409 и Д-409М на оросительных каналах в условиях Ростовской области применяют редко.

Каналоочиститель КОБ-1,5 предназначен для очистки и планировки откосов осушительных каналов глубиной до 1,5 м. В качестве рабочего органа установлены две фрезы. Ось вращения фрезы, предназначенной для планировки откосов, расположена перпендикулярно откосу. Рабочее оборудование навешено на трактор Т-100МБГС-2. Привод фрезы – гидравлический. Недостатком фрезы является то что, невозможно выполнить обработку откосов из сухих минеральных грунтов.

Каналоочистительная машина КФП-2 с фрезерным рабочим органом предназначена для очистки от наносов и частичной планировки откосов внутрихозяйственных каналов. Навешивается на трактор ДТ-75Б. Диаметр поворотной фрезы 1200 мм, окружная скорость фрезы до 20 м/с, привод – гидравлический. Рабочая скорость машины 0,36–1,2 км/час. Очищает за один проход канал в торфяных и минеральных грунтах глубиной до 2 м, шириной по дну до 0,2–0,8 м, заложение откосов 1:1–1:1,5. Находит применение на оросительных каналах для очистки от наносов с одновре-

менной планировкой внутренних откосов с шириной проезжей части дамбы не менее 3 м.

Шнековая машина КШБ-2,4 может также применяться для планировки откосов каналов. Рабочее оборудование навешивается на трактор ДТ-54. При работе машина движется вдоль канала на расстоянии 0,5–1,0 м от бровки. Шнек в закрытом кожухе перемещает грунт вверх по откосу к роторному метателю.

Шнековая машина РК-0 создана калининским филиалом ВНИИТП совместно с Великолукским заводом «Торфмаш». Машина РК-0 полунавесная, агрегируется с трактором ДТ-75Б, оборудованным ходоуменьшителем. Для уменьшения затрат энергии на транспортирование срезанного грунта, шнек выполнен коротким, с переменным диаметром. Эта машина предназначена для очистки русел и откосов каналов на полях добычи торфа.

В ФРГ широко применяют навесные шнековые каналочистители типа Моорбург фирмы «РИТЧЕР». Рабочий орган – шнекороторный. Грунт срезается шнеком и подается к ротору-метателю, который разбрасывает грунт по поверхности поля.

Достоинством вышеперечисленных машин, имеющих шнековый рабочий орган, является получение хорошего качества поверхности откоса после очистки канала или планировки откоса. Недостаток – малая поступательная скорость в процессе движения. Эти машины испытывают затруднения в работе при наличии древесных и каменистых включений, а при обработке сухих откосов их производительность снижается.

Каналоочиститель внутриканальный ВК-1,2 разработан в ГСКБ по ирригации. Применяется на каналах, обсаженных деревьями с размерами; шириной по дну 0,8–1,2 м, глубиной до 1,2 м, заложением откосов 1:1 ... 1:1,5. Каналоочиститель ВК-1,2 хорошо работает на сухих грунтах. На влажных грунтах, при заросших растительностью, кожух метателя забивается. Недостаточно регулируется дальность выброса грунта, а при глубине канала более 1 м часть грунта осыпается на дно канала. Ножи отвалов, предназначенные для профилирования внутренних откосов, недостаточно жестко закреплены. При наличии на каналах трубчатых водо-выпусков возникает необходимость выезда машин из канала, а

въезд на канал при любом заложении откосов затруднен, поэтому требуется предварительное устройство съездов и выездов.

Оригинальную конструкцию имеет внутриканальный каналоочиститель «Verken-heqer 3001» (ФРГ) фирмы Krinke Kruger GmbH с фронтальным оборудованием пальцево-брусового типа для скашивания растительности профильным ковшом, расположенным с тыльной стороны агрегата. В процессе работы он одновременно скашивает растительность на внутренних откосах и очищает канал от наносов, частично их профилирует.

Для планировки гребня дамб каналов применимы общестроительные машины. Но применение бульдозеров, грейдеров и автогрейдеров для планировки откосов оросительных каналов невозможно. Поэтому для планировки откосов можно использовать грейдер лишь на гибкой тяге. Применение грейдера на гибкой тяге с трактором, перемещающимся по гребню дамбы канала можно вести обработку откосов оросительных каналов, но не заполненных водой и имеющих небольшой угол заложения.

В РОСНИИПМ (ЮжНИИГиМ) разработаны и изготовлены профилировщики ПОК-5,8 и ПОК-5,8А, в основу конструкции которых положен принцип обработки за один проход всего периметра дамбы оросительного канала. Эти профилировщики имеют по два боковых отвала для планировки наружного и внутреннего откосов дамбы канала и навесную раму, на которую установлен нож, предназначенный для планировки гребня дамбы. Планировка откосов осуществляется по принципу перемещения срезанного грунта на гребень дамбы канала. Производственные испытания профилировщиков показали, что они способны планировать дамбы каналов с хорошим качеством, но выдерживать постоянный размер глубины срезания стружки по ширине захвата они не способны, поэтому применять их целесообразно только при строительстве дамб и их капитальном ремонте.

Откосопланировщик ПО-2 изготовлен Малинским РМЗ по проекту кафедры строительных и мелиоративных машин МГУП. Он состоит из бокового отвала, который шарнирно прикреплен к навесной раме сзади трактора. Боковой отвал предназначен для планировки откосов канала глубиной до 2 м с заложением откосов 1:1 ... 1:3. Разравнивание поверхности откосов производится

за счет вырезания стружки и подъема срезанного грунта косопо- ставленным отвалом на берму канала. Задний отвал предназна- чен для разравнивания, срезанного боковым отвалом грунта на берме канала. Откосопланировщик ПО-2 успешно применяется для профилирования откосов при строительстве осушительных каналов.

Данный обзор показывает, что в настоящее время для про- фильирования поверхности дамб оросительных каналов планиро- вочные работы выполняются машинами, не предназначенными для выполнения этих работ, или машинами, имеющими малую производительность. Наиболее реальной перспективой является применение машин для профилирования за счет увеличения ши- рины захвата рабочего органа. Причем, за базовую машину необ- ходимо принять машину с оптимальной шириной захвата, равной периметру поперечного сечения дамбы. Такое расположение ра- бочего органа профилировщика относительно базовой машины является наиболее удачным, так как тяговое сопротивление во время профилирования будет располагаться равномерно. Схема профилирования поверхности дамб каналов машинами с симмет- ричным расположением рабочего органа облегчает конструктив- ное решение профилировщика и позволяет эффективнее исполь- зовать мощность базового трактора.

Применение предложенного способа выравнивания поверх- ности дамб каналов, за счет перемещения грунта из повышенных мест в пониженные позволит улучшить качество профилирова- ния, но и значительно снизит общее тяговое сопротивление рабо- чему органу при профилировании. Все это будет способствовать увеличению ширины захвата при профилировании, что скажется на повышении производительности. Отечественной и зарубежной промышленностью выпускаются мелиоративные машины с фре- зерными рабочими органами. Эти машины используются для пла- нировки всего русла каналов. Причем, планировку внутренних откосов можно выполнять одновременно с очисткой каналов от наносов. В этом случае правильная геометрическая форма кана- лов достигается практически за один проход.

Из вышеизложенного можно отметить, что машины с актив- ными рабочими органами имеют следующие достоинства:

- рабочие органы этих машин можно использовать при обработке профилей каналов различного сечения;
- выброс грунта можно осуществить на значительное расстояние;
- хорошее качество планировки получается на грунтах низкой категории, плотности.

Однако следует отметить, что применение этих машин не всегда возможно из-за отклонения профилей каналов от проектных размеров после их очистки от насосов.

К недостаткам рабочих органов подобного типа можно добавить следующее:

- малая поступательная скорость в процессе работы;
- мощность, затраченная на привод, используется не полностью;
- на сухих минеральных грунтах, а также каменистых, низкая производительность;
- малая величина клиренса.

Для планировки дамб применяют рабочие органы типа ковша, ротор, цепи, различного типа волокуши, скребки, отвалы и др.

При планировке поверхности дамб главным условием является то, что механизмы должны перемещаться в процессе выполнения работ вдоль канала. Основной поверхностью для перемещения машин является гребень дамбы канала, а поэтому увеличение её гребнистости влечет за собой снижение производительности каналоремонтных машин. Малая скорость перемещения средств механизации по уходу за каналами обусловлена следующими причинами:

- небольшой шириной проезжей части;
- отклонением гребня дамбы от горизонтального расположения в поперечной плоскости;
- увеличением гребнистости микрорельефа;
- ухудшением сцепных свойств ходовых устройств машин при увеличении влажности грунта;
- уменьшением обзора оператору на отдельных участках из-за зарастания каналов сорной растительностью.

Как показывает практика, на дамбах с отмеченными недостатками при профилировании и скашивании растительности на откосах в основном выполняются тракторами на пониженной скорости движения.

С целью устранения вышеперечисленных причин, снижающих производительность каналоремонтных машин из-за деформации гребня дамб, имеются научные работы, посвященные вопросам улучшения условий работы машин, обеспечивающих снижение потерь воды на фильтрацию за счет профилирования каналов.

Многие ученые рекомендуют применять для профилирования поверхности дамб экскаваторы-планировщики. Однако применение указанных машин отличается от других тем, что они выравнивают поверхность за счет срезания определенной толщины стружки грунта. В процессе очистки каналов это влечет к увеличению поперечного сечения русла, и нарушению проектных параметров канала. К тому же все рабочие органы профилировщиков подобного типа отличаются повышенной энергоемкостью. Это особенно относится к пассивным рабочим органам, так как из-за параболического очертания откосов и гребня дамбы канала невозможно выдержать равномерную толщину снимаемой стружки грунта. Кроме того, значительная часть тягового усилия у этих рабочих органов приходится на перемещение срезанного грунта.

Некоторые исследователи, изучая процесс выравнивания грунта деформированных поверхностей откосов каналов, рекомендуют срезать минимально необходимый слой грунта, который должен быть равен объему остающихся впадин. Такой способ выравнивания деформированных поверхностей русла и дамб оросительных каналов является наиболее приемлемым. Это позволит выравнивать поверхность элементов дамб каналов с минимальными отклонениями их от сложившейся в процессе эксплуатации формы. Кроме того, применение этого способа выравнивания поверхностей каналов позволяет добиться минимальной энергоемкости процесса профилирования. Эти теоретические предпосылки нашли подтверждение во время полевых испытаний профилировщика дамб мелиоративных каналов ПДК-8 конструкции НИМИ

– ЮжНИИГим. Конструкция данного профилировщика позволяет обрабатывать внутренний и внешний откосы и гребень дамбы.

Профилировщик ПДК-8 агрегируется с трактором класса 30 кН. Во время полевых испытаний профилировщик показал неплохое качество обработки дамб на грунтах I и II категории, при исправлении деформированных русел, размытых откосов, а также при профилировании откосов после очистки канала экскаватором. Исследования, показали, что для уничтожения сорной растительности на дамбах необходимо не менее трех проходов. После обработки дамб профилировщиком ПДК-8 улучшается гидравлический режим работы каналов. За счет перераспределения грунта из повышенных мест в пониженные, получена минимальная энергоемкость профилирования, приходящаяся на 1 п.м ширины захвата рабочего органа. Это дает основание к увеличению ширины рабочего органа. Профилировщик успешно прошел испытания и включен в систему машин по уходу за каналами. Конструктивная схема профилировщика представлена на рис. 1.2.

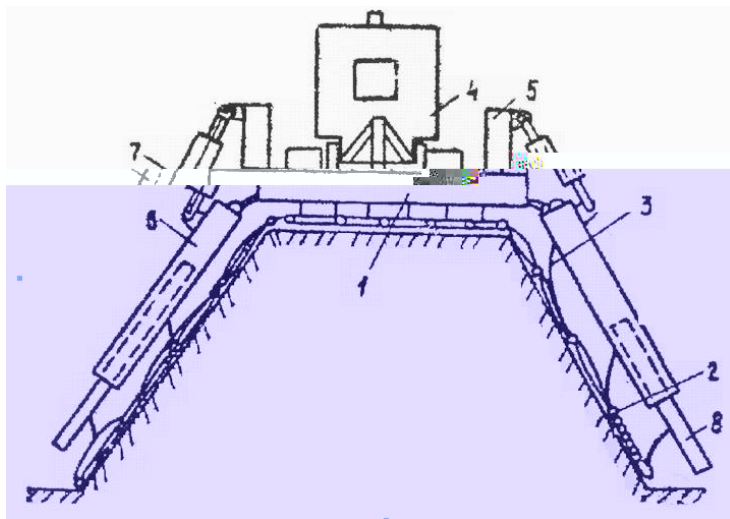


Рис. 1.2. Схема профилировщика ПДК-8 (вид сзади)

Он состоит из рамы 1 и режущих элементов 2. Режущие элементы выполнены в виде плоских звеньев, соединенных между собой шарнирно при помощи пальцев. Шарнирное соединение звеньев рабочего органа и присоединение их на гибкой тяге к раме позволяет профилировщику полностью облегать профиль поперечного сечения дамбы. В зависимости от длины откоса обрабатываемого канала можно соединить любое количество звеньев с таким расчетом, чтобы за один проход профилировщика обрабатывать всю дамбу канала. Звенья имеют режущие кромки, наплавленные износостойчивым материалом. Рабочий орган крепится к раме при помощи гибкой связи 3. С помощью такой связи рабочий орган копирует рельеф поверхности откосов канала, а также удерживает его при транспортировке. Срезанный лезвием звена грунт остается на откосах и при пуске воды по каналу способствует созданию искусственного мульчирования с целью кольматации ложа канала, тем самым уменьшая его фильтрацию.

Для крепления рабочего органа профилировщика на навесное устройство трактора 4 крепится рама 1, состоящая из центральной части 5 и двух шарнирно присоединенных к ней телескопических рам 6. Рамы в рабочее или транспортное положение переводятся при помощи гидроцилиндров 7. Для обработки откосов различной длины откосники 8 выполнены телескопическими.

Шарнирное соединение звеньев рабочего органа и их гибкая связь с рамой профилировщика способствуют более свободному перемещению трактора по гребню дамбы канала. Смещение трактора влево или вправо по гребню влечет за собой соответствующее перемещение звеньев по откосу канала, но на качестве работы профилировщика это не отражается. Рабочий орган профилировщика ПДК-8 состоит из отдельных плоских секций (шириной 0,5 м), имеющих на опорной поверхности два ряда ступенчато и последовательно расположенных режущих зубьев. Каждая секция рабочего органа при помощи параллелограммного узла шарнирно присоединяется к центральной раме и боковым крыльям профилировщика. Толщина срезаемого слоя грунта режущими зубьями регулируется в зависимости от степени деформации дамб каналов.

Профилировщик работает следующим образом. С навешенным профилировщиком ПДК-8 трактор заезжает на гребень дамбы канала. Гидронавеской опускают раму 1 в рабочее положение. Опустив левое боковое крыло на один откос и правое боковое крыло на другой откос, стяжными гайками устанавливают секции профилировщика в рабочее положение. Включив первую передачу, тракторист наблюдает за продвижением трактора по дамбе канала. В процессе работы профилировщика положение рабочих органов регулируется автоматически в зависимости от изменения ширины дамбы канала. В результате испытаний установлено, что профилировщик ПДК-8 по выполнению технологического процесса выравнивания откосов и гребня дамб оросительных каналов наиболее полно соответствует агротехническим требованиям.

Техническая характеристика профилировщика ПДК-8

Тип рабочего органа.....	Пассивный
Ширина захвата, м.....	8
Производительность, м ² /ч.....	8000
Рабочая скорость, км/ч.....	5
Транспортная скорость, км/ч.....	до 10
Габаритные размеры профилировщика:	
длина, мм.....	8000
ширина, мм.....	1900
высота, мм.....	1200
Масса профилировщика, кг.....	1800

Следует отметить, что на участках грунта с более высокой твердостью, пассивные ножи плохо зарезаются в грунт, из-за чего качество спрофилированной поверхности остается низким, поэтому обработку профиля дамб приходится выполнять за 3–5 проходов. На плотных грунтах трудно выдержать параллельность между лезвием ножа и поверхностью откосов каналов, из-за чего отвалы внизу канала врезаются в откос, или срезают верхнюю часть откоса, а нижняя часть остается необработанной. Кроме этого, на участках грунтов III и IV категории пассивные рабочие органы испытывают значительные тяговые сопротивления, что ограничи-

вает ширину захвата при профилировании. Это нарушает устойчивость хода рабочего органа по глубине, увеличивает число проходов, что снижает производительность профилирования. В результате этого тяговое сопротивление увеличивается, происходит неравномерное срезание стружки грунта, отчего также нарушаются геометрические параметры дамбы.

В связи с этим появилась необходимость в создании более универсальной машины по профилированию откосов и дамб действующих оросительных каналов. Указанную цель можно достигнуть за счет применения комбинированного рабочего органа, оснащенного специальными фрезами, которые разрушали бы выступающие неровности, а пассивные ножи равномерно распределяли бы грунт на поверхности дамб и откосов каналов. Профилировщик с комбинированным рабочим органом позволит повысить производительность при профилировании плотных дамб, а также заросших сорной растительностью. Это будет способствовать снижению тягового сопротивления при профилировании, ограничит перемещение разрыхленного грунта вниз по откосу, а также будет способствовать созданию кольматационного слоя.

На рис. 1.3 дана схема одной из секций профилировщика ПДК-6ф с комбинированным рабочим.

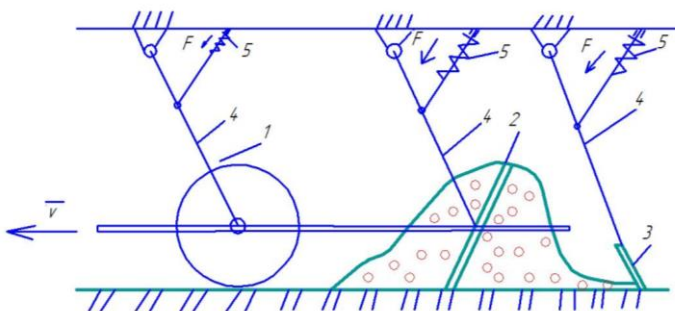
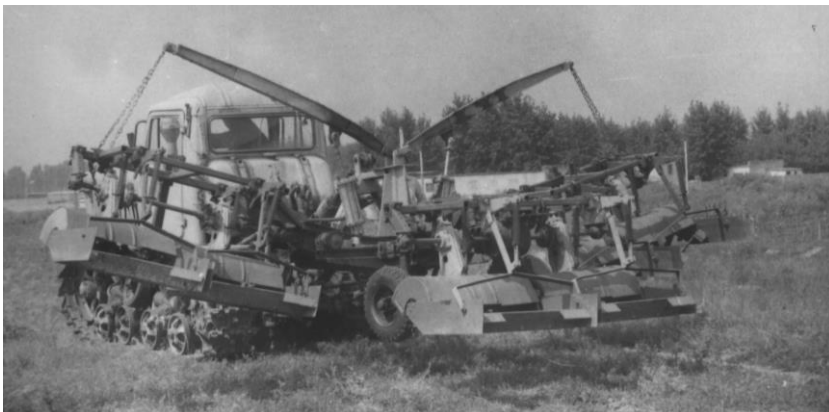


Рис. 1.3. Схема секции профилировщика с комбинированным рабочим органом:
 1 – фреза; 2 – транспортирующий нож;
 3 – затирающий нож; 4 – тяги; 5 – пружины секции



Секции рабочего органа профилировщика крепятся к раме тягами, образуя подвеску параллелограммного типа. Между тягами и рамой установлены пружины, что обеспечивает копирование микрорельефа. Выступающие неровности грунта разрушаются фрезами 1 (см. рис. 1.3). Разрыхленный грунт перемещается пассивными плоскими ножами 2, 3 небольшой высоты и расходуется на засыпание впадин или ровным слоем распределяется на обработанной поверхности. Это позволит сохранить геометрические параметры каналов, а также улучшить их мелиоративное состояние в целом.

Использование профилировщика с комбинированным рабочим органом позволяет повысить производительность профилирования плотных, а также заросших сорной растительностью дамб. Кроме того, снижается тяговое сопротивление профилировщика, ограничивается перемещение разрыхленного грунта вниз по откосу, что способствует созданию кольматационного слоя. Если нет необходимости профилировать один из откосов, то соответствующая секция с помощью гидроцилиндра переводится в транспортное положение.

Общий вид профилировщика представлен на рис. 1.4.

а)

б)

Рис. 1.4. Профилировщик ПДК-6ф:
 а – в транспортном положении; б – в работе
 (обработка поверхности дамбы)

Шарнирно-сочленённые звенья крыльев-откосников хорошо облегают дамбу, копируя её форму в динамическом режиме. Комбинация фрезерных барабанов с пассивными ножами и затирающими элементами тщательно выравнивают откос, перераспределяя грунт из неровностей во впадины и заглаживая тем самым поверхность.

Такая схема расположения рабочих органов профилиров-



щика наиболее удачна, так как позволяет эффективнее использовать мощность базового трактора. Снижение общего тягового сопротивления позволит увеличить ширину захвата машины и тем самым обеспечить повышение производительности. Кроме того, применение профилировщика с комбинированным рабочим органом обеспечит разрушение поверхностей гребня дамб из грунтов III–IV категорий, заросших растительностью, повысит производительность за счет сокращения числа проходов, улучшит разрыхление грунта на откосах с последующим затираем. Указанные факторы создают предпосылки к снижению потерь оросительной воды.

Таким образом, профилировщик ПДК-6ф позволяет за один-два прохода обрабатывать дамбу канала, даже если плотность грунта достигает III – IV категории. Применяемые для обработки плотных дамб профилировщики с пассивными рабочими органами в этом случае требуют три и более проходов по одному и тому же участку.

Анализ средств механизации по профилированию каналов показывает, что машины с пассивными рабочими органами находят более широкое применение для отделочных работ в процессе строительства каналов (табл. 1.1). Что касается применения машин данного типа в процессе эксплуатации каналов, то успешное применение затруднено из-за того, что в процессе выравнивания невозможно выдержать равномерную глубину резания по всей длине отвала из-за возникающего большого тягового сопротивления, большая часть которого приходится на транспортирование призмы волочения. Профилировщик, имеющий комбинированный рабочий орган, позволяет обрабатывать дамбу практически за один проход, а также при этом уничтожает растительность. Отпадает надобность в строгом выдерживании трактора по гребню дамбы канала, а шарнирно соединенные звенья крыльев-откосников позволяют полностью облегать форму дамбы.

Таблица 1.1

Техническая характеристика профилировщика ПДК-6ф

Наименование показателей	Единица измерения	Значение показателей
2	3	4
Масса профилировщика	кг	1300
Агрегируется с трактором ДТ-75М		кл. 30кН
Рабочая скорость	км/ч	до 5
Транспортная скорость	км/ч	10
Ширина захвата	м	6
Рабочий орган профилировщика (комбинированный)		Фреза, пассивный нож
Производительность	м ² /ч	10500
Коэффициент эксплуатационной надежности		0,95

Учитывая положительные качества профилировщиков-планировщиков с пассивными рабочими органами, вместе с тем можно отметить и некоторые недостатки:

- из-за неустойчивого хода рабочего органа по глубине трудно выдержать постоянную толщину срезаемой стружки;
- устройство для ограничения заглубления ножей в грунт отсутствует;
- в процессе профилирования часть грунта сползает на дно канала;
- на перемещение призмы волочения затрачиваются большие тяговые сопротивления;
- низкое качество профилирования на грунтах III–IV категории;
- на деформированных дамбах очень трудно выдержать параллельность между лезвием ножа отвала и поверхностью профиля дамбы.

Применение профилировщика с комбинированным рабочим органом позволяет обеспечить:

- разрушение поверхности плотных почвогрунтов III–IV категории, а также заросших растительностью;
- повысить производительность за счет сокращения числа проходов;
- разрыхление грунта на откосах с последующим затиранием, что способствует снижению коэффициента фильтрации оросительных каналов.

Производственная практика эксплуатации оросительных систем и анализ работ, посвященных исследованию состояния оросительных каналов в процессе эксплуатации, показывают, что для периодического выполнения технологических операций по уходу за каналами и их ремонту необходимы специальные мелиоративные машины. Основным требованием к вновь создаваемым мелиоративным машинам по уходу за оросительными каналами должно быть обеспечение высокой производительности при обработке дамб каналов с помощью различных рабочих органов, способных обрабатывать не только продольные, но и поперечные сечения каналов.

2 ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРОФИЛИРОВЩИКА

2.1 Сопротивление грунта копанию комбинированным рабочим органом профилировщика

При взаимодействии рабочих органов землеройных машин с грунтом возникает ряд сил, препятствующих движению рабочих органов при выполнении технологических процессов. Общее сопротивление копания рабочему органу землеройной машины в общем виде большинство ведущих ученых рекомендуют определять, как сумму отдельных составляющих. Зная основные геометрические параметры стружки грунта, ее физико-механические свойства, геометрические параметры рабочего органа профилировщика можно определить тяговое сопротивление копания комбинированному рабочему органу профилировщика.

При установившемся процессе профилирования сопротивление копанию комбинированному рабочему органу профилировщика будет складываться из суммы сопротивлений копанию отдельных секций

$$T = \sum_1^n T_c, \quad (2.1)$$

где T_c – сопротивление копанию одной секции; n – количество секций рабочего органа.

При одновременной обработке гребня и откосов дамбы канала сопротивление копанию каждой секции, работающей на горизонтальном и наклонном участках, будет различно. Основным фактором, влияющим на изменение силы копания при работе на наклонных участках (откосах) каналов будет влияние составляющих сил тяжести грунта и секций рабочего органа

$$T = \sum_1^{n_2} T_{c2} + \sum_1^{n_0} T_{c0}, \quad (2.2)$$

где T_{c2} – сопротивление копанию одной секции на горизонтальном участке; n_2 – количество секций рабочего органа,

находящихся в работе на горизонтальном участке; T_{co} – сопротивление копанью одной секции на откосе канала; n_o – количество секций рабочего органа, находящихся в работе на откосах канала.

Сопротивление копанью грунта одной секции комбинированного рабочего органа профилировщика T_c при установившемся процессе профилирования можно определить из рис. 2.1.

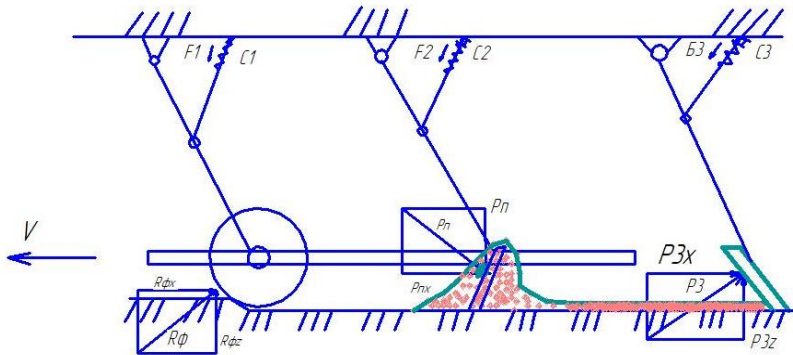


Рис. 2.1. Схема к определению силы копанья комбинированным рабочим органом профилировщика

$$T_c = P_\phi + P_n + P_3 + P_{mp}, \quad (2.3)$$

где P_ϕ – сопротивление разрушению грунта фрезой;

P_n – сопротивление перемещению пассивного ножа;

P_3 – сопротивление перемещению затирочного ножа;

P_{mp} – сопротивление силам трения секции о грунт.

2.2 Сопротивление разрушению грунта фрезой

Процесс фрезерования грунтов обусловливается несколькими явлениями в процессе движения рабочего органа. Разрушение грунта фрезерным рабочим органом и его рыхление характе-

ризуется, в первую очередь, геометрическими параметрами фрезы, а также условиями резания грунта (твердость, влажность и др.). Кроме этого, процесс фрезерования зависит также от технологической схемы профилирования. При работе фрезы отделяется стружка определенных геометрических размеров. Форма ее и объем изменяются и зависят от основных параметров стружки: длины, ширины, высоты. В условиях профилирования объем зависит от состояния микропрофиля, т.е. траектории движения рабочего органа, что сказывается на качестве профилирования поверхности. Общее сопротивление P_{ϕ} грунта фрезерования состоит из нескольких составляющих. По мнению многих авторов, немаловажное значение при определении сопротивления P_{ϕ} при разрушении грунта фрезой имеют такие условия, как подрезание частиц грунта, их деформация, трение режущей кромки о грунт, трение грунта о затылочную часть режущей кромки. Многие исследователи до сих пор не находят оптимальной математической зависимости при определении связей между грунтом и режущим рабочим органом, и применяют эмпирические зависимости, полученные опытным путем.

Известно, что коэффициент трения грунта о сталь – величина переменная. В процессе профилирования немаловажное значение на коэффициент оказывает влажность. На основании проведенных исследований, установлено, что влажность изменяется по длине откоса. Установим связь между коэффициентом трения грунта о сталь и влажностью грунта на откосе канала (рис. 2.2, 2.3).

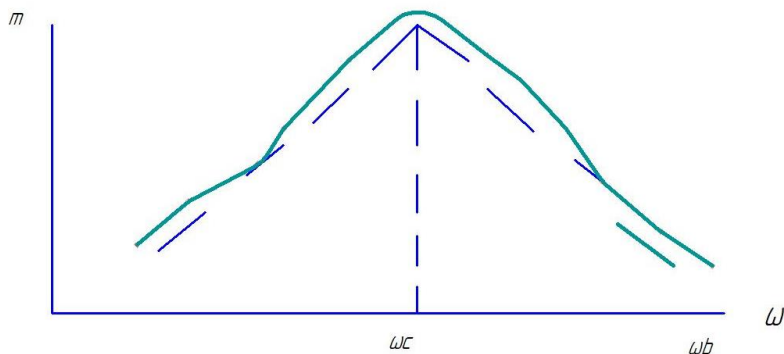


Рис. 2.2. Зависимость $\mu = f(W)$

Из графического определения следует:

$$\frac{\mu_c - \mu_b}{\mu_y - \mu_b} = \frac{W_b - W_c}{W_b - W_y} \quad (2.4)$$

Эту зависимость представляет рис. 2.4.

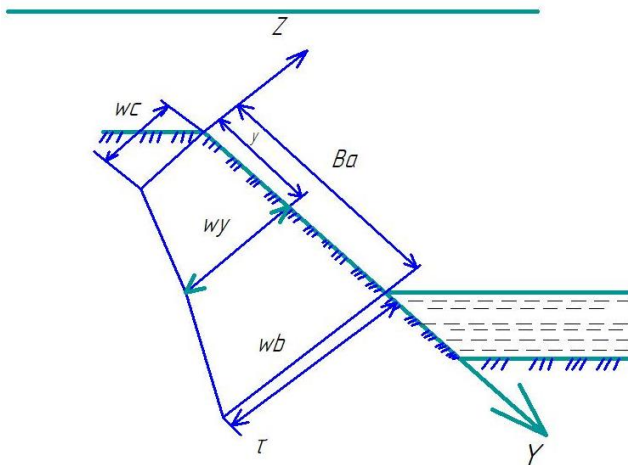


Рис. 2.3. Схема к замеру влажности:
 W_c – влажность грунта в верхней части откоса;
 W_b – влажность на границе раскатки

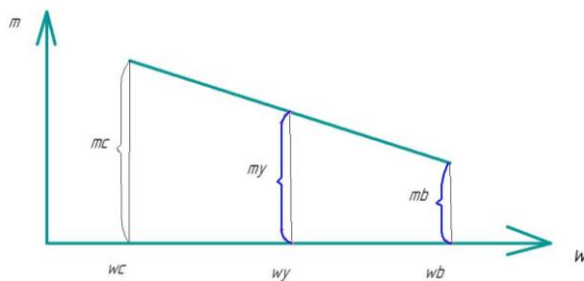


Рис. 2.4. Зависимость коэффициента трения стали μ о почву от влажности W

Для нахождения отношения $\frac{W_b - W_c}{W_b - W_y}$ воспользуемся рис.

2.3:

$$\frac{Wb - Wc}{Wb - Wy} = \frac{Bo}{Bo - y} \quad (2.5)$$

Как показали полевые исследования, влажность изменяется по длине обрабатываемого участка, увеличивая свое значение у нижней части откоса. Допускаем, что это изменение представляет прямолинейную зависимость.

Из рис.2.4, с учетом выражения (2.5), получим

$$\frac{\mu c - \mu b}{\mu y - \mu b} = \frac{Bo}{Bo - y},$$

откуда

$$\begin{aligned} Bo \cdot \mu y - Bo \cdot \mu b &= Bo \cdot \mu c - Bo \cdot \mu b - y \cdot \mu c + y \cdot \mu b, \\ Bo \cdot \mu y &= Bo \cdot \mu c - (\mu c - \mu b) \cdot y, \\ \mu y = \mu c &= \frac{\mu c - \mu b}{Bo} y \quad (2.6) \end{aligned}$$

Анализируя формулу (2.6) можно отметить, что коэффициент трения грунта о сталь μ изменяется по ширине захвата рабочих органов профилировщика, т.е. коэффициент трения в нашем случае величина переменная и снижается по мере приближения к границе «вода-грунт». Под слоем воды допускаем, что $\mu b = const$. Известно, что коэффициент трения стали о почву возрастает по мере увеличения влажности, а затем снижается при каком-то определенном значении.

Удельное сопротивление грунта резанию P прямо пропорционально скорости резания V

$$P = KV + P_o, \quad (2.7)$$

где K – коэффициент пропорциональности, зависящий от состояния грунта; V – скорость движения режущей кромки относительно грунта; P_o – удельное сопротивление резанию при $V = 1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Аналитическое выражение (2.7) можно представить в виде:

$$P_o = \sigma_o (\delta_{сж} \cdot b \cdot K_{nnp} + \delta_u \cdot b \cdot K_{Gnn} \cdot \mu) + \ell_c \cdot b \cdot \frac{\tau^2}{2G} - \frac{2W}{L_n} \times \sigma_{изг} (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) + L_n \cdot S \cdot \rho (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot \cos \alpha, \quad (2.8)$$

где $\sigma_o, \tau, \sigma_{изг}$ – сопротивление грунта одноосному сжатию, сдвигу и изгибу; S, W – площадь сечения стружки и ее момент сопротивления; ℓ_c – площадь сдвига стружки; $\delta_{сж}, \delta_u$ – площади затупления и износа ножа; L_n – длина передней режущей кромки; K_{nnp}, K_{Gnn} – эмпирические коэффициенты приведения; α – угол наклона касательной траектории ножа к горизонту; μ – коэффициент трения грунта о сталь.

Так как сечение стружки равно bh , то с учетом выражения (2.6) из (2.7) и (2.8) следует

$$P_o = \frac{1}{bh} \left[\sigma_o \left(\delta_{сж} \cdot b \cdot K_{nnp} + \delta_u \cdot b \cdot K_{Gnn} \left(\mu c - (\mu c - \mu b) \frac{y}{B_o} \right) \right) + \ell_c b \frac{\tau^2}{2G} + \frac{2W}{L_n} \delta_{изг} \cdot \sin \alpha + \left(\mu c - (\mu c - \mu b) \frac{y}{B_o} \right) \times \times \cos \alpha + L_n \cdot S \cdot \rho \cdot \sin \alpha + \left(\mu c - (\mu c - \mu b) \frac{y}{B_o} \right) \times \times \cos \alpha \right) \cos \alpha + KV \quad] \cdot (2.9)$$

С целью дальнейших преобразований введем обозначения:

$$\frac{1}{bh} \sigma_o \cdot \delta_{сж} \cdot b \cdot K_{nnp} = C_1 ;$$

$$\frac{1}{bh} \sigma_o \cdot \delta_u \cdot b \cdot K_{Gnp} (\mu c - (\mu c - \mu b)) = C_2 ;$$

$$\frac{1}{bh} \ell_c \cdot b \cdot \frac{\tau^2}{2G} = C_3 ;$$

$$\frac{1}{bh} \cdot \frac{2W}{L_n} \cdot \delta_{уз2} \cdot \sin \alpha = C_4 ;$$

$$\frac{1}{bh} \cdot \frac{2W}{L_n} \cdot \delta_{уз2} (\mu c - (\mu c - \mu b)) \cdot \cos \alpha = C_5 ;$$

$$\frac{1}{bh} \cdot L_n \cdot S \cdot \rho \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha = C_6 ;$$

$$\frac{1}{bh} \cdot L_n \cdot S \cdot \rho \cdot \cos^2 \alpha (\mu c - (\mu c - \mu b)) = C_7 ;$$

$$\mu c - (\mu c - \mu b) = \mu y .$$

С учетом введенных коэффициентов окончательно запишем:

$$P = C_1 + C_2 \cdot \mu y \cdot \frac{y}{B_o} + C_3 + C_4 + C_5 \cdot \mu y \cdot \frac{y}{B_o} + C_6 + C_7 \quad . (2.10)$$

Данное выражение показывает, что удельное сопротивление резанию грунта в рассматриваемом случае, величина переменная и зависит от значения ординаты y , т.е. $P = f(y)$. Это означает, что каждой точке линии по длине откоса канала соответствует свое значение удельного сопротивления. Исходя из того, что в подводной части откоса коэффициент трения $\mu b = const$, удельное сопротивление резанию также остается величиной постоянной. А поэтому можно предположить, что при $y \leq B_o$, $P_o = const$. Так как $P = f(y)$, то элементарная сила сопротивления грунта резанию будет иметь вид

$$\Delta P = P \cdot \Delta F$$

Как следует из рис. 2.5, на элементарном участке длиной Δy средняя величина удельного сопротивления будет равна полусумме удельных сопротивлений, полученных в сечении y и $y + \Delta y$. Используя формулу (2.10) найдем среднее значение удельного сопротивления на участке Δy .

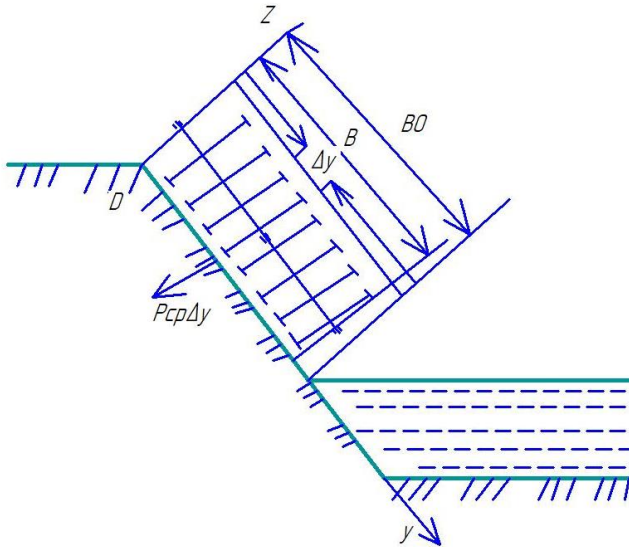


Рис. 2.5. Схема к определению силы сопротивления резанию грунта фрезой на откосе оросительного канала

Элементарная сила сопротивления резанию на участке будет равна

$$P = C_1 + C_2 \cdot \mu y \frac{y}{Bo} + C_3 + C_4 + C_5 \cdot \mu y \frac{y}{Bo} + C_6 + C_7 \cdot \mu y \frac{y}{Bo} + KV$$

После преобразования запишем:

$$P = C_i + C_j \cdot \mu y \frac{y}{Bo} + KV, \quad (2.11)$$

где $C_i = C_1 + C_3 + C_4 + C_6$.

Обозначив $C_{К} = \frac{C_j}{Bo}$, получим

$$P = C_i + C_{К} \cdot \mu y \cdot y + KV. \quad (2.12)$$

Тогда среднее значение удельного сопротивления на участке будет равно

$$P_{cp}^{\Delta y} = \frac{P y + P y + \Delta y}{2},$$

где $P y = C_i + C_{К} \cdot \mu y \cdot y + KV$, поэтому

$$\begin{aligned} P_{cp}^{\Delta y} &= \frac{2C_i + 2C_{К} \cdot \mu y \cdot y + 2KV + C_{К} \cdot \mu y \cdot \Delta y}{2} = \\ &= C_i + C_{К} \cdot \mu y \cdot y + KV + \frac{1}{2} C_{К} \cdot \mu y \cdot \Delta y \end{aligned}$$

Тогда элементарная сила сопротивления на участке Δy будет равна

$$\Delta P = \left(C_i + C_{К} \cdot \mu y \cdot y + KV + \frac{1}{2} C_{К} \cdot \mu y \cdot \Delta y \right) h \cdot \Delta y$$

Переходя к дифференциальной форме, запишем:

$$dP = P_{cp} \cdot h \cdot d y$$

Поэтому равнодействующая сила сопротивления по ширине захвата секции профилировщика B будет:

$$P = \int_0^B (C_i + C_{К} \cdot \mu y \cdot y + KV) h \cdot d y,$$

поэтому

$$P = \left(C_i \cdot h \cdot B + C_{К} \cdot \mu y \cdot h \cdot \frac{B^2}{2} + KV \right) h B,$$

окончательно будем иметь:

$$P = \left(C_i + C_k \cdot \mu \cdot y \cdot \frac{B}{2} + KV \right) h B \quad (2.13)$$

Полученное выражение для расчета силы сопротивления резанию грунта, в отличие от известных формул, учитывает изменение коэффициента трения стали по грунту в зависимости от влажности.

И.С. Полтавцев предлагает определять сопротивление резанию ножом фрезы по трем поверхностям по следующей формуле:

$$P_n = P_l + 2P\delta, \quad (2.14)$$

где P_l – сопротивление резанию грунта по лобовой поверхности; $P\delta$ – сопротивление резанию стружки по одной боковой поверхности.

В свою очередь P_l можно определить

$$P_l = P_\phi \cdot B \cdot S = P_\phi \cdot B \cdot S_z \cdot \sin \alpha, \quad (2.15)$$

где P_ϕ – удельное сопротивление фрезерованию; B – ширина фрезерования; S – толщина стружки.

Сопротивление грунта при входе ножа фрезы во время отделения стружки по боковой поверхности определяется по уравнению

$$B\delta = K \cdot B \cdot S = K \cdot B \cdot S_z \sin \alpha, \quad (2.16)$$

где K – удельное сопротивление при фрезеровании по боковой поверхности; B – ширина проекции ножа на плоскость, перпендикулярную направлению поступательного движения фрезы; S – глубина резания ножа.

На основании вышеизложенного с учетом выражения (13) можно записать окончательную формулу удельного разрушению грунта фрезой

$$P_{\phi} = \left[\left(C_i + C_k \cdot \mu \cdot y \cdot \frac{B}{2} + KV \right) h B^2 + 2K \cdot b \right] h \cdot \sin \alpha$$

(2.17)

Анализируя полученную формулу (17) можно отметить, что сопротивление резанию грунта, в первую очередь, зависит от коэффициента трения о сталь, толщины стружки, ширины захвата секции профилировщика, а также от скорости резания.

2.3 Сопротивление перемещению пассивного ножа

При установившемся процессе профилирования, пассивный нож комбинированного рабочего органа профилировщика перемещает определенную массу грунта G_z , необходимую для засыпания на обрабатываемой поверхности дамбы впадин (рис. 2.6). Поэтому усилие, необходимое для определения сил сопротивления перемещению пассивного ножа P^n , будет затрачиваться на перемещение разрыхленного грунта.

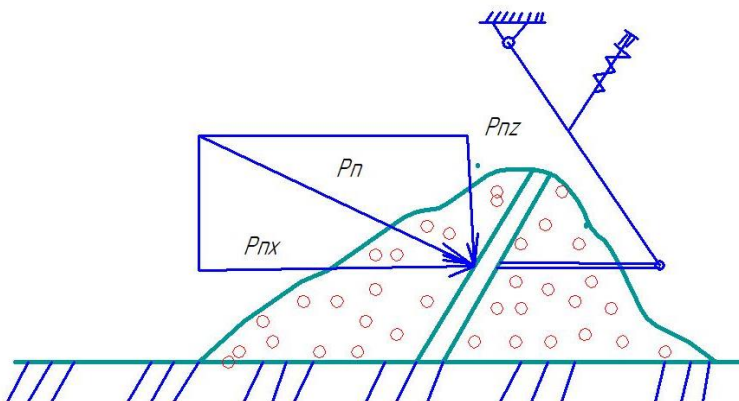


Рис. 2.6. Схема к определению силы сопротивления

перемещению пассивного ножа

На гребне дамбы канала (горизонтальная плоскость) усилие будет равно

$$P_{nz} = G_2 \cdot f_1, \quad (2.18)$$

где f_1 – коэффициент трения грунта по грунту.

Наилучшим условием перемещения грунта на откосе канала перед пассивным ножом является равномерное его распределение по откоосу. В этом случае на откосе канала усилие равно

$$P_{no} = G_2 \cdot f_1 \cdot \cos \lambda, \quad (2.19)$$

где λ – угол заложения откоса.

2.4 Сопротивление перемещению затирочного ножа

Условия работы затирочного ножа характеризуются отрицательным углом резания α_3 . После стабилизации процесса затирания, нож 1 уплотняет слой различного грунта на откосах на величину h (рис. 2.7).

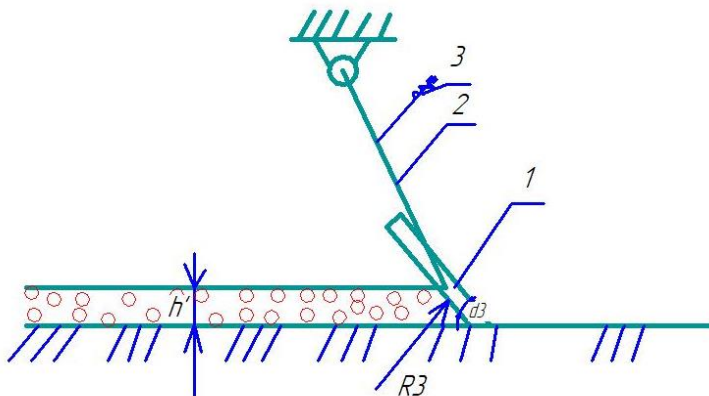


Рис. 2.7. Схема установки затирочного ножа

Усилие, затрачиваемое на уплотнение разрыхленного грунта R_3 слоем h , можно определить, если принять допущение о том, что сопротивление разрыхленного слоя грунта в процессе смятия пропорционально величине деформации (рис. 2.8). В этом случае эпюра нормальных давлений на рабочую поверхность затирающего ножа будет иметь форму треугольника

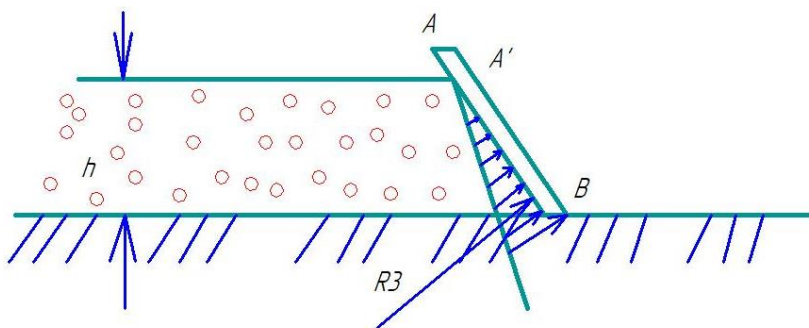


Рис. 2.8. Схема к определению давления грунта на затирающий нож

Максимальное давление грунта P в точке B равно

$$P = K_3 \cdot h, \quad (2.20)$$

где K_3 – удельное сопротивление грунта смятию.

Равнодействующая R_3 элементарных нормальных давлений при уплотнении разрыхленного слоя грунта на рабочую поверхность затирающего ножа в точке B равна

$$R_3 = \frac{AB \cdot P \cdot b_3}{2}, \quad (2.21)$$

где b_3 – ширина затирающего ножа.

$$AB = \frac{h}{\sin \alpha_3}, \text{ а } P = K_3 \cdot h,$$

Поскольку

$$R_3 = \frac{K_3 \cdot h^2 \cdot b_3}{2 \sin \alpha_3} \quad (2.22)$$

то

Величину силы P_3 с учетом сил трения затирочного ножа о грунт можно определить, предположив, что P_3 отклонена от нормальной силы R_3 на угол φ (рис. 2.9).

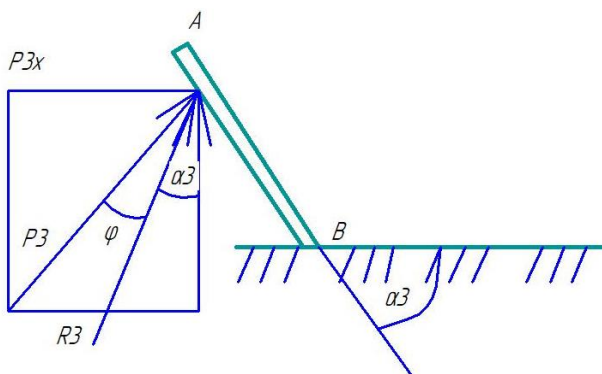


Рис. 2.9. Схема к определению усилия, затрачиваемого на смятие грунта затирочным ножом

$$P_3 = \frac{K_3 \cdot h^2 \cdot b_3}{2 \sin \alpha_3 \cdot \cos \varphi} \quad (2.23)$$

Вертикальная составляющая P_{3z} и горизонтальная составляющая P_{3x} равнодействующей нормальных и касательных сил сопротивления при уплотнении грунта затирочным ножом будут равны:

$$P_{3z} = \frac{K_3 \cdot h^2 \cdot b_3}{2 \sin \alpha_3 \cdot \cos \varphi} \cdot \cos(\varphi + \alpha_3) \quad ; \quad (2.24)$$

$$P_{3x} = \frac{K_3 \cdot h^2 \cdot b_3}{2 \sin \alpha_3 \cdot \cos \varphi} \cdot \sin(\varphi + \alpha_3) \quad . \quad (2.25)$$

Из уравнения (2.25) следует, что на величину силы P_{3x} наибольшее влияние оказывает величина установки затирочного ножа α_3 и толщина разрыхленного слоя грунта, подлежащего уплотнению.

2.5 Сопротивление силам трения секции комбинированного рабочего органа профилировщика о грунт

Часть общего сопротивления грунта копанию комбинированного рабочего органа профилировщика, приходящаяся на преодоление сил трения при движении секции рабочего органа по поверхности дамбы, будет равна

$$P_{mp} = f_2 [(G_c + n \cdot F'_c) + (G_3 + F'_3)] \quad , \quad (2.26)$$

где G_c – масса одной секции комбинированного рабочего органа профилировщика; F'_c – сила давления пружины на секцию рабочего органа профилировщика; f_2 – коэффициент трения грунта по грунту; n – число пружин (равное числу тяг одной секции); G_3 – масса затирочного ножа; F'_3 – сила давления пружины на затирочный нож.

Таким образом, подставив в формулу (3) значение всех составляющих, получим сопротивление копанию грунта одной секции комбинированным рабочим органом профилировщика:

– на горизонтальной плоскости

$$T_c = \left[\left(C_i + C_{\kappa} \mu_y \frac{B}{2} + \kappa v \right) h b^2 + 2 \kappa b \right] h \sin \alpha + G_2 f_1 + \frac{K_3 h^2 b_3}{2 \sin d_3 \cos d_3} \cos d_3 f_2 [(G_c - n F_c) (G_3 + F_3')] ; \quad (2.27)$$

– на наклонной плоскости откоса канала

. (2.28)

Анализируя формулы (27) и (28), полученные в результате развития и уточнения известных формул, применительно к исследуемому комбинированному рабочему органу профилировщика, очевидно, что снижение сопротивления грунта копанию можно достигнуть за счет нахождения оптимальных конструктивных параметров фрезы (пассивного и затирочного ножей) и особенно за счет уменьшения глубины резания. Однако снижение тягового усилия комбинированного рабочего органа за счет уменьшения глубины резания приведет к уменьшению площади одновременно срезаемых вершук выступов в процессе профилирования. В результате при установившемся процессе профилирования (с минимальной глубиной резания) можно ожидать увеличения вибрации рабочего органа, следовательно, увеличение высоты микронеровностей по обрабатываемой поверхности из-за неустойчивого хода рабочего органа по глубине.

В связи с вышеизложенным, а также с целью получения более высокого качества спрофилированной поверхности дамб, необходимо проанализировать условия работы комбинированного рабочего органа профилировщика для получения рекомендаций, обеспечивающих устойчивость хода комбинированного рабочего органа по глубине.

Однако в процессе профилирования условие (2.29) нарушается, ввиду изменения величины и направления сил R_1, R_2 . Сила R_1 зависит от физико-механических свойств грунта, микронеровностей, от изменения геометрических параметров дамбы каналов, а также от остроты режущих кромок ножей фрезы.

Сила R_2 зависит также от физико-механических свойств грунта и характера протекания процесса выравнивания. При установившемся процессе профилирования ее можно считать постоянной. Так как сила R_1 будет изменяться в процессе движения профилировщика, то ее обозначим через $R_1(t)$, секция профилировщика будет стремиться занять такое положение, когда условия (2.29) соблюдается. Если при увеличении силы R_1 секция профилировщика будет выглубляться, это приведет к увеличению силы давления F_1 и F_2 до величины, необходимой для восстановления равновесия.

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= F_o + k x_1 \\ F_2 &= F_o + k x_2 \end{aligned} \right\}, (2.30)$$

где F_o – сила предварительного сжатия пружин; k – жесткость пружины, Н/см; x_1, x_2 – величина деформации пружины, см.

Можно считать, что секция профилировщика находится под действием момента возмущающих сил. Последний сообщает тягам угловое ускорение (так как тяги могут вращаться только относительно точек O_1, O_2).

Согласно конструктивной особенности подвески рабочего органа можно сделать допущение, что все тяги одной секции профилировщика изменяют свое положение по одному закону, то при нарушении равновесия уравнения (2.29) примет вид

$$R_1(t)m_1 + R_2m_2 - Gh_1 - 2Fn = J \frac{d^2\varphi}{dt^2}, \quad (2.31)$$

где J – приведенный момент инерции секции с тягами относительно оси вращения; φ – угол наклона тяг к вертикали, рад.

Допускаем, что орган диссипирующий энергию, т.е. демпфер в системе отсутствует. Этим повышаем надежность расчета и выбора критериев подвески.

Текущее значение угла наклона каждой тяги:

$$\varphi(t) = \varphi_o + \varphi,$$

где φ_o – начальное значение угла наклона тяг, рад.

Силы F_1 и F_2 можно выразить через угловые колебания тяг. Тогда деформация каждой пружины будет равна

$$x = 2\ell_2 \cdot \sin \frac{\varphi}{2}.$$

Ввиду малых значений углов наклона тяг можно принять

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{\varphi}{2},$$

тогда

$$F = F_o + \kappa \ell_2 \cdot \varphi, \quad (2.32)$$

и уравнение примет вид

$$J \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \kappa \ell_2 \varphi_n = R_1(t)m_1 + R_2m_2 - Gh - 2F_o n$$

$$\omega^2 = \frac{\kappa \ell_2 n}{J}$$

Введем обозначение: j , тогда окончательно получим

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega^2\varphi = \frac{R_1(t)m_1 + R_2m_2 - Gh - 2F_o n}{J}. \quad (2.33)$$

Сила $R(t)$ в процессе профилирования постоянно изменяется, поэтому невозможно указать, какую величину и какое направление она будет иметь в каждый следующий момент времени. Сила $R(t)$ относится к типу случайных. Однако, согласно исследований микропрофиля поверхности дамб каналов, распределение неровностей на дамбах каналов можно рассматривать как стадию – парные случайные функции. Тогда можно предположить, что сила $R(t)$ будет изменяться по гармоническому закону с частотой $\rho_3 1/c$. В этом случае решение полученного уравнения упрощается. Пусть

$$R_1(t) = R_o + R_1 \cos t ,$$

где R_o – среднее значение силы сопротивления;

$$R_o m_1 + R_2 m_2 = G h + 2 F_o n ,$$

откуда

$$R_o = \frac{-R_2 m_2 + G h + 2 F_o n}{m_1} ,$$

где R_o – переменная составляющая сила сопротивления.

Тогда уравнение (2.33) можно записать так

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \omega^2 \varphi = \frac{m_1 R_1}{j} \cos \rho t . \quad (2.34)$$

Уравнение (34) есть линейное неоднородное уравнение второго порядка относительно функции φ . Общее решение такого уравнения состоит из суммы двух решений

$$\varphi = U + V ,$$

где U – есть общее решение соответствующего однородного уравнения; V – частное решение данного неоднородного уравнения.

Найдем сначала функцию U . Для этого запишем уравнение (2.34) без правой части

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega^2\varphi = 0 \quad (2.35)$$

Решим уравнение (2.35). Для него характеристическое уравнение

$$K^2 + \omega^2 = 0,$$

откуда

$$K = \pm\omega i.$$

Поэтому

$$U = c_1 \cos \omega t + c_2 \sin \omega t \quad (2.36)$$

Теперь найдем функцию V . Она определяется соответственно правой частью уравнения (2.34). Правая часть уравнения есть тригонометрическая функция, значит V надо искать в виде

$$V = A \cos pt + B \sin pt \quad (2.37)$$

Найдем V' и V'' подставив V , V' и V'' в уравнение (2.34)

$$V' = -Ap \sin pt + Bp \cos pt,$$

$$V'' = -Ap^2 \cos pt - Bp^2 \sin pt,$$

$$\begin{aligned} & -Ap^2 \cos pt - Bp^2 \sin pt + \omega^2 \cdot A \cos pt + \omega^2 \cdot B \sin pt = \\ & = \frac{m_1 R_1}{J} \cos pt (\omega^2 A - Ap^2) \cdot \cos pt + (\omega^2 B - Bp^2) \cdot \sin pt = \\ & = \frac{m_1 R_1}{J} \cos pt \quad (2.38) \end{aligned}$$

откуда, приравнявая коэффициенты при косинусах в обеих частях уравнения, получим

$$\omega^2 A - A^2 \rho = \frac{m_1 R_1}{J} ;$$

$$A = \frac{m_1 R_1}{J(\omega^2 - \rho^2)} .$$

В правой части уравнения (38) нет синуса, поэтому

$$\omega^2 B - B \rho^2 = 0 ;$$

$$B(\omega^2 - \rho^2) = 0 .$$

Откуда $B = 0$. Подставим найденные значения A и B в соотношение (2.38):

$$V = \frac{m_1 R_1}{J(\omega^2 - \rho^2)} \cos \rho t .$$

Так как $\varphi = U + V$, то

$$\varphi = c_1 \cos \omega t + c_2 \sin \omega t + \frac{m_1 R_1}{J(\omega^2 - \rho^2)} \cos \rho t ; \quad (2.39)$$

c_1 и c_2 определим исходя из начальных условий, т.е. при $t = 0$, $\varphi = \varphi_0$, тогда

$$\varphi_0 = c_1 + \frac{m_1 R_1}{J(\omega^2 - \rho^2)} ,$$

$$c_1 = \varphi_0 - \frac{m_1 R_1}{J(\omega^2 - \rho^2)} .$$

Значение c_2 определяется из уравнения

$$\varphi' = -c_1 \omega \sin \omega t + c_2 \omega \cos \omega t - \frac{m_1 R_1}{J(\omega^2 - \rho^2)} \sin \rho t .$$

При $t = 0$; $\varphi' = 0$. Отсюда $c_2 = 0$.

Окончательно получим

$$\varphi = \left(\varphi_o - \frac{m_1 R_1}{J(\omega^2 - \rho^2)} \right) \cdot \cos \omega t + \frac{m_1 R_1}{J(\omega^2 - \rho^2)} \cos \rho t \quad (2.40)$$

Равнодействующая всех сил сопротивления, приложенных к фрезе, будет представлена выражением

$$R_1 = J(\omega^2 - \rho^2) \cdot \frac{\varphi_o \cos \omega t - \varphi}{m_1 (\cos \omega t) - \cos \rho t} \quad (2.41)$$

где φ – текущее значение угла наклона тяг; φ_o – начальное значение угла наклона тяг; m – плечо силы; J – приведенный момент инерции секции с тягами относительно оси вращения; ω – угловая скорость; t – текущее время; ρ – частота колебаний.

Анализ уравнений (34), (40) и (41) с использованием основных числовых характеристик микропрофиля поверхности дамб оросительных каналов показывает, что устойчивость хода активного рабочего органа профилировщика дамб может быть улучшена за счет увеличения силы тяжести секций, а также от величины силы предварительного натяжения пружины.

2.7 Влияние требований точности изготовления периметра русла больших каналов на конструкцию землеройного рабочего органа профилировщика

Высокая точность изготовления периметра поперечного сечения русла канала, подлежащего облицовке сборными железобетонными плитами, обусловлена необходимостью строгого соответствия поперечных размеров поверхности внутренних откосов и дна канала размерам монтируемых на этих поверхностях железобетонных плит в собранном виде, с обеспечением технологических зазоров. Это технологическое требование к повышенной точности поперечного сечения канала обязывает назначить отделочную обработку русла канала (профилирование) таким образом, чтобы поперечные размеры внутренних откосов и дна кана-

лов выполнялись как можно ближе к номинальным размерам и постоянными по длине канала, т.е. с более жесткими допускаемыми отклонениями.

Высокие требования к точности выполнения размеров русла канала не могут быть обеспечены универсальными строительными землеройными машинами из-за того, что они не приспособлены для выполнения такого вида работ. Для подготовки русла канала под антифильтрационные облицовки применяются комплексы машин, в состав которых входит специальные машины – профилировщики.

В последние годы наметилась тенденция к обеспечению фактической траектории движения землеройных рабочих органов профилировщиков как можно ближе к идеальной (заданной), с целью повышения точности обработки при установившемся процессе профилирования. Обеспечение в процессе работы заданной траектории движения землеройных рабочих органов в машинах, применяемых для профилирования каналов глубиной 4м, достигается:

- в поперечном направлении по отношению к продольной оси канала за счет ужесточения конструкции машин;
- в продольном направлении посредством обеспечения прямолинейности передвижения машины, в процессе выполнения работ за счет снижения влияния погрешности изготовления поверхностей, на которые базируется профилировщик (рельсовый путь, автоматическое устройство и т.д.).

Однако обеспечение повышенной точности обработки лишь за счет уменьшения вредного влияния базовых плоскостей и ужесточения траектории движения землеройных рабочих органов не всегда позволяет получить желаемый результат, так как точность периметра поперечного сечения канала зависит от принятой технологии обработки поверхностей русла и дамб канала.

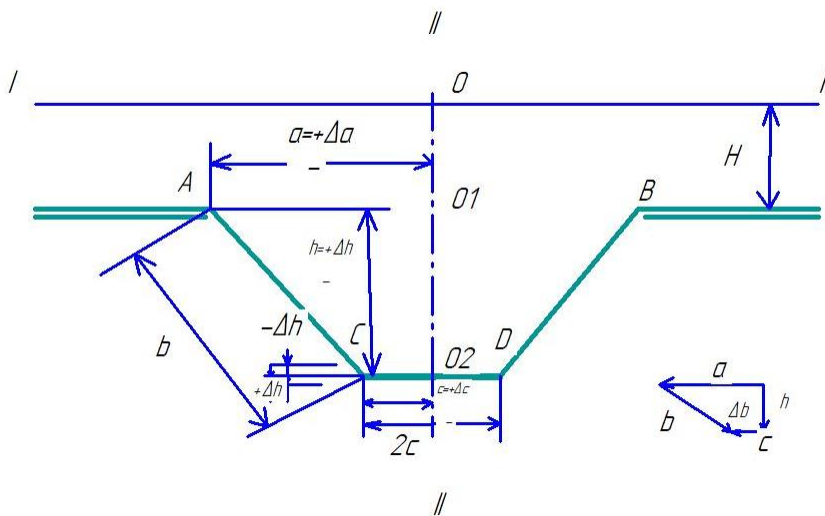
При разработке технологии производства работ по окончательной обработке русла канала большое значение с точки зрения обеспечения заданной точности поверхностей, имеет выбор базовых плоскостей,

При выборе технологических баз для обработки русла канала необходимо использовать принцип совмещения баз, при ко-

тором выбранная базовая поверхность является и измерительной базой. Оптимальных результатов можно достичь при совмещении технологической, измерительной и проектной базы, т.е. таких баз, которые определяют положение поперечного сечения канала на местности (например, дна канала и вертикальной оси симметрии русла канала).

Устанавливают многоковшовый экскаватор ЭМ-201А на гребне дамбы канала таким образом, чтобы после окончания обработки откоса был выдержан размер $a \pm \Delta a$ от вертикальной оси до верхней бровки канала (точки А). В этом варианте обработки русла канала поверхность гребня дамб канала АВ принята за основную технологическую и измерительную базу. Поверхность дна канала и верхнюю бровку канала используют в качестве последовательно изменяемых технологических баз.

В использовании такой технологии производства работ размер внутреннего откоса $AC = b$ в уравнении размерной цепи левой половины поперечного сечения русла канала является замыкающим размером (рис. 2.11).



а) б)

Рис. 2.11. Схема для расчета погрешности изготовления поперечного сечения канала при смене баз

Погрешность получаемого размера будет включать погрешности изготовления a , h и c .

Величину погрешности размера b можно определить при помощи проведения геометрического анализа связей между конструктивными размерами обрабатываемого сечения и принятыми базами (рис. 2.12).

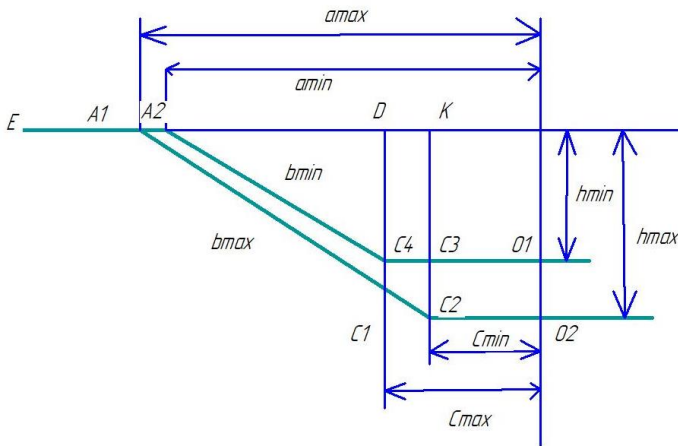


Рис. 2.12. Схема для расчета допуска на размер ширины внутреннего откоса канала

На основании вышеизложенного можно записать:

$$\delta B = B_{\max} - B_{\min}, \quad (2.42)$$

где δB – поле допуска размера B ; B_{\max} – максимально допустимая величина размера B ; B_{\min} – минимально допустимая величина размера B .

Из треугольника A_1KC_2 :

$$A_1C_2 = \sqrt{KC_2^2 + A_1K^2},$$

но так как $A_1C_2 = B_{\max}$; $KC_2 = h_{\max}$; $A_1K = (a_{\max} - c_{\min})$, то

$$v_{\max} = \sqrt{h_{\max}^2 + (a_{\max} - C_{\min})^2} \quad (2.43)$$

Из треугольника A_2DC_4 :

$$A_2C_4 = \sqrt{DC_4^2 + A_2D^2}$$

но так как $A_2C_4 = v_{\min}$; $DC_4 = h_{\min}$; $A_2D = (a_{\min} - C_{\max})$, то

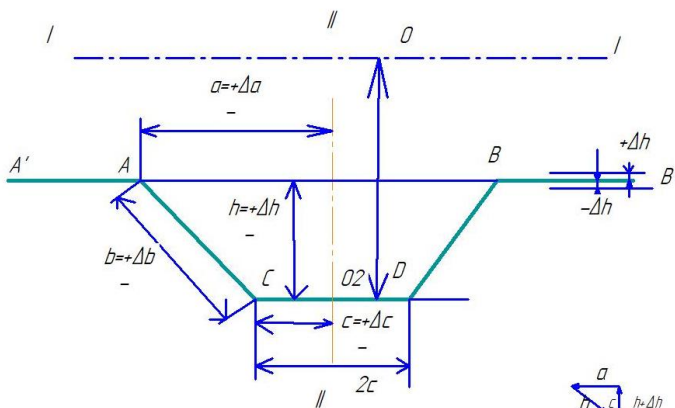
$$v_{\min} = \sqrt{h_{\min}^2 + (a_{\min} - C_{\max})^2} \quad (2.44)$$

Подставляя в формулу (2.1) значения v_{\min} и v_{\max} , получим величину поля допуска замыкающего размера

$$\delta v = \sqrt{h_{\max}^2 + (a_{\max} - C_{\min})^2} - \sqrt{h_{\min}^2 + (a_{\min} - C_{\max})^2}$$

Второй вариант технологии производства работ при подготовке поверхностей русла канала под антифильтрационную облицовку разработан из условия сохранения постоянства баз в процессе проведения работ с целью получения более точного размера внутреннего откоса равного v .

Обработку поверхности дна канала CD на размер $2c$ выполняют бульдозером симметрично точки O_2 , лежащей на вертикальной оси II-II (рис. 2.13).



а) б)

Рис. 2.13. Схема для расчета погрешности изготовления поперечного сечения канала при сохранении постоянства технологической измерительной базы в процессе профилирования

Обработку откоса необходимо выполнить, выдерживая размер ширины откоса b от вертикальной оси на плоскости A^1A BB^1 . В этом варианте обработки русла канала поверхность дна канала принята за основную технологическую и измерительную базу. При такой последовательности обработки поверхностей русла канала замыкающим размером в уравнении размерной цепи левой половины поперечного сечения русла будет не ширина внутреннего откоса b , а глубина канала h . Следовательно, погрешность выполнения размеров a , b , и c будет компенсироваться допусковым отклонением на размер глубины канала Δh . Размер же откоса будет выполняться с оптимально допустимой точностью, т.е. с допусковым отклонением $\pm b$.

Величину погрешности изготовления размера h можно определить по выше примененному геометрическому анализу размерной цепи на «максимум – минимум». Расчетная схема дана на рис. 2.14 и обозначения, приведенные на схеме, аналогичны обозначениям ранее рассмотренной схемы первого варианта, представленной на рис. 2.13.

Очевидно, что

$$\delta h = h_{\max} - h_{\min}, \quad (2.45)$$

где δh – поле допуска размера h ; h_{\max} – максимально допустимая величина размера h ; h_{\min} – минимально допустимая величина размера h .

Из треугольника A_2DC_1 :

$$C_1D = \sqrt{A_2C_1^2 - A_2D^2},$$

$$\text{но так как } C_1D = h_{\max}; A_2C_1 = b_{\max}; \quad A_2D = (a_{\min} - c_{\max}),$$

то

$$h_{\max} = \sqrt{b_{\max}^2 + (a_{\min} - c_{\max})^2}, \quad (2.46)$$

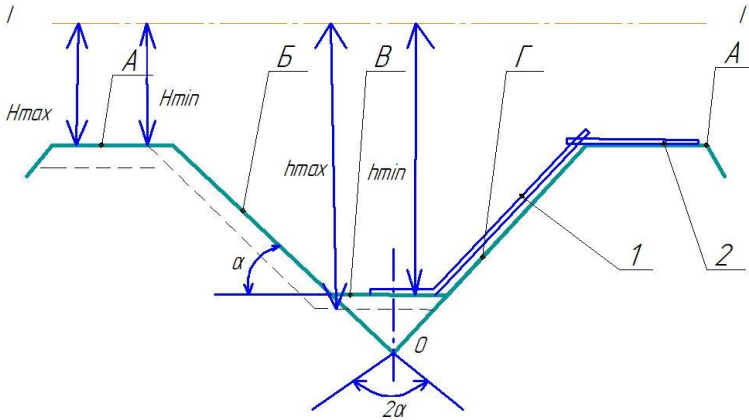


Рис. 2.14. Схема одновременной обработки поперечного сечения русла канала

Из треугольника A_3KC_2 :

$$C_2K = \sqrt{A_3C_2^2 - A_3K^2}$$

но так как $C_2K = h_{\min}$; $A_3C_2 = b_{\min}$; $A_3K = (a_{\max} - C_{\min})$,

$$\text{то } h_{\min} = \sqrt{b_{\min}^2 + (a_{\max} - C_{\min})^2} \quad (2.47)$$

Подставив в формулу (2.45) значения h_{\max} и h_{\min} получим величину поля допуска замыкающего размера

$$\delta_h = \sqrt{b_{\max}^2 + (a_{\min} - C_{\max})^2} - \sqrt{b_{\min}^2 + (a_{\max} - C_{\min})^2} \quad (2.48)$$

Для сравнения полученных зависимостей при определении полей допуска замыкающих размеров b и h в первом и втором варианте технологии проведения профилировочных работ рассмотрим обработку поверхностей русла, например, III очереди Большого Ставропольского канала (БСК).

Согласно проекта сечения русла БСК-III имеет следующие размеры:

$$\begin{array}{lll}
 a = 1155,5 + 10 \text{ см}, & a_{\max} = 1165,5 \text{ см}, & a_{\min} = 1155,5 \text{ см}, \\
 b = 980 \pm 5 \text{ см}, & b_{\max} = 985 \text{ см}, & b_{\min} = 975 \text{ см}, \\
 c = 300 \pm 5 \text{ см}, & c_{\max} = 305 \text{ см}, & c_{\min} = 295 \text{ см}, \\
 h = 400 \pm 5 \text{ см}, & h_{\max} = 405 \text{ см}, & h_{\min} = 395 \text{ см}.
 \end{array}$$

Величины допускаемых отклонений на размеры поперечного сечения русла БСК проставлены согласно СНиП III-Б.1-71 Земляные сооружения. Правила производства и приемки работ.

Для первого случая определим погрешность изготовления ширины откоса Δb , а для второго случая – погрешность изготовления глубины канала Δh , причем рассматривая самый невыгодный случай совпадения ошибок.

При применении *первого варианта* технологии производства работ, погрешность замыкающего размера равна по формуле (44):

$$\begin{aligned}
 \delta b &= \sqrt{405^2 + (1165,5 - 295)^2} - \sqrt{395^2 + (1155,5 - 305)^2} = \\
 &= \sqrt{405^2 + 870,5^2} - \sqrt{395^2 + 855,5^2} = 960 - 938 = 22
 \end{aligned}$$

т. е. фактическая величина размера ширины внутренних откосов канала, несмотря на принятые жесткие допуски в процессе строительства канала, будет получаться не в пределах ± 5 см, а в пределах ± 11 см. Следовательно, допуск на ширину откосов при применении такой технологии работ необходимо назначить 22 см. Тогда $b = 980 \pm 11$ см.

При применении *второго варианта* технологии производства работ погрешность замыкающего размера в уравнении размерной цепи равна:

$$\begin{aligned}
 \delta h &= \sqrt{985^2 + (1155,5 - 305)^2} - \sqrt{975^2 + (1165,5 - 295)^2} = \\
 &= 497 - 439 = 58 \text{ см},
 \end{aligned}$$

т. е. фактическая величина размера глубины канала, в процессе строительства канала составит $h = 400 \pm 29$ см.

Такая погрешность замыкающего размера h при производстве работ по второму варианту повлечет за собой погрешность угла заложения внутренних откосов канала λ .

Из схемы можно записать (рис. 2.15)

$$\delta \lambda = \lambda_{\max} - \lambda_{\min}. \quad (2.49)$$

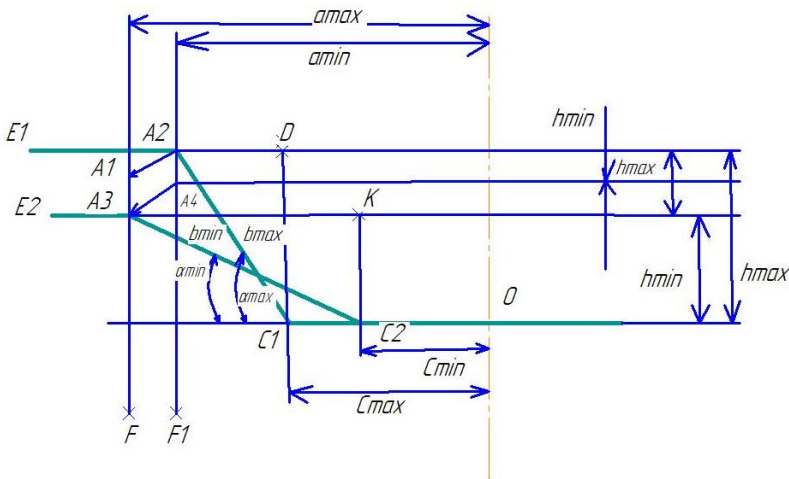


Рис. 2.15. Схема для расчета допуска на размер глубины обрабатываемого канала

$$\sin \lambda_{\min} = \frac{A_3 F}{A_3 C_2},$$

Из ΔFA_3C_2 :

но $A_3F = h_{\min}$,

а $A_3C_2 = B_{\min}$.

$$\sin \lambda_{\min} = \frac{h_{\min}}{b_{\min}} = \frac{371}{975} \approx 0,380;$$

Тогда

$$\lambda_{\min} = 22^{\circ}20',$$

$$\sin \lambda_{\max} = \frac{A_2 F_1}{A_2 C_1},$$

Из $\Delta F_1A_2C_1$:

но $A_2C_1 = B_{\max}$, а $A_2F_1 = h_{\max}$.

$$\sin \lambda_{\max} = \frac{h_{\max}}{b_{\max}} = \frac{429}{985} \approx 0,436;$$

Тогда

$$\lambda_{\max} = 25^{\circ}51'.$$

Подставив значения λ_{\min} и λ_{\max} в формулу (2.49), получим расчетный допуск на выполнение угла заложения внутренних откосов канала:

$$\delta \lambda = 25^{\circ}51' - 22^{\circ}20' = 3^{\circ}31'.$$

Номинальное значение величины угла заложения внутренних откосов $\lambda_{\text{НОМ}} = 23^{\circ}31'$.

Фактическая величина угла заложения внутренних откосов канала: $\lambda = 23^{\circ} \pm 1^{\circ}45'$.

Проведенный сравнительный анализ двух вариантов технологии производства работ при подготовке внутреннего сечения БСК нельзя рекомендовать, так как выполнение внутренних откосов канала с допуском ± 11 см повлечет за собой дополнительные затраты на доработку сопряжения верхней бровки канала с верхним краем монтируемых плит.

При выполнении максимального размера B_{\max} необходимо будет (при обязательном выдерживании глубины канала h) срезать выступающий грунт.

При выполнении максимального размера B_{\min} необходимо будет подсыпать грунт до сопряжения гребня дамбы канала с краем уложенных плит, но в этом случае будет увеличен размер глубины канала h .

При применении второго варианта технологии производства работ следует ожидать более точного получения размера ширины поверхности внутренних откосов БСК в пределах ± 5 см.

Данное положение позволит более качественно уложить плиты на откосы канала при довольно удовлетворительном совпадении верхней бровки канала с верхним краем уложенных плит.

Погрешность изготовления при применении такой технологии производства работ не позволяет выдержать точный размер глубины канала h и угла заложения откосов канала λ . В этом случае возможно выполнение размера глубины канала:

$$h = 400 \pm 29 \text{ см и } \lambda = 23^{\circ}31' \pm 1^{\circ}45'.$$

Если ужесточить допуски на изготовление размеров поперечного сечения русла, например, размер ширины канала по верху от оси до края верхней бровки канала выполнить с отклонени-

ем не + 10 см, а +5 см, то расчетный допуск на замыкающие размеры размерной цепи будет:

– для первого варианта $\delta b = 18$ см, т.е. допуск на ширину внутреннего откоса $\Delta b = \pm 9$ см;

– для второго варианта $\delta h = 48$ см, т.е. допуск на глубину канала $\Delta h = \pm 24$ см.

Дальнейшее ужесточение допускаемых отклонений поперечного сечения русла канала при подготовке внутреннего сечения каналов под антифильтрационную облицовку железобетонными плитами вряд ли позволит достигнуть желаемую точность поперечного сечения русла, так как это будет не соответствовать допустимой точности обработки применяемых для профилирования каналов глубиной 4м специальных машин. Кроме того, ужесточение допускаемых отклонений на размер поперечного сечения канала приведет к удорожанию стоимости отделочной операции при подготовке русла канала под антифильтрационную облицовку.

В большинстве своем специальные машины, предназначенные для подготовки русла канала глубиной 4м под облицовку железобетонными плитами, обрабатывают один откос или откос и часть дна канала. В обоих случаях, анализ точности изготовления получаемого сечения русла можно свести к одному или другому рассмотренному выше варианту технологии производства работ.

На основании проведенного анализа можно сделать предположение, что получение более точных размеров поверхностей поперечного сечения русла канала наиболее целесообразно достигнуть при уменьшении погрешностей размеров русла a , b , c , h и λ , посредством создания сложного профильного землеройного рабочего органа с достаточно жесткой траекторией движения, позволяющего вести одновременную обработку всего периметра русла и берм канала или при одновременной обработке не менее 3-х поверхностей русла (например, бермы, внутреннего откоса и части дна).

В этом случае, величина погрешности изготовления размеров поперечного сечения русла будет зависеть от жесткости и точности настройки и от точности ориентирования землеройного рабочего органа в процессе обработки русла канала.

2.8 Погрешность изготовления поперечного сечения русла канала при обработке профильным землеройным рабочим органом

Поперечное трапецеидальное сечение русла мелиоративных каналов относится к сооружениям сложной формы. Образующие русло поверхности расположены под различными углами к горизонту. С некоторыми допущениями можно принять, что поверхности гребней дамб и дна расположены параллельно горизонту, а внутренние откосы наклонены к горизонту под некоторыми углами.

Выполнить точным поперечное сечение русла в процессе строительства крупных каналов очень сложно. Поэтому в практике строительства каналов на «отделку» операцию русла каналов (профилирование) возлагается задача ликвидации погрешностей работы землеройных машин. Согласно принятой гипотезе, наиболее целесообразно для выполнения профилирования русла каналов применить профильный землеройный рабочий орган. При применении такого рабочего органа можно одновременно обрабатывать все поверхности русла канала А, Б, В и Г, или не менее 3-х поверхностей, например, В, Г и А (рис. 2.16). В этом случае проектную глубину резания можно обеспечить при помощи вертикального перемещения профильного рабочего органа, а подачу можно обеспечить регулированием скорости продольного перемещения профилировщика. Очевидно, что поперечные размеры сечения русла канала можно обеспечить достаточной жесткостью профильной рамы землеройного рабочего органа, а вертикальные размеры – ориентированием рабочего органа относительно базовой плоскости I – I. Размер глубины канала, угол заложения внутренних откосов, ширины дна, а, следовательно, и весь периметр русла канала будет зависеть от качества настройки профильного землеройного рабочего органа на определенное поперечное сечение русла канала.

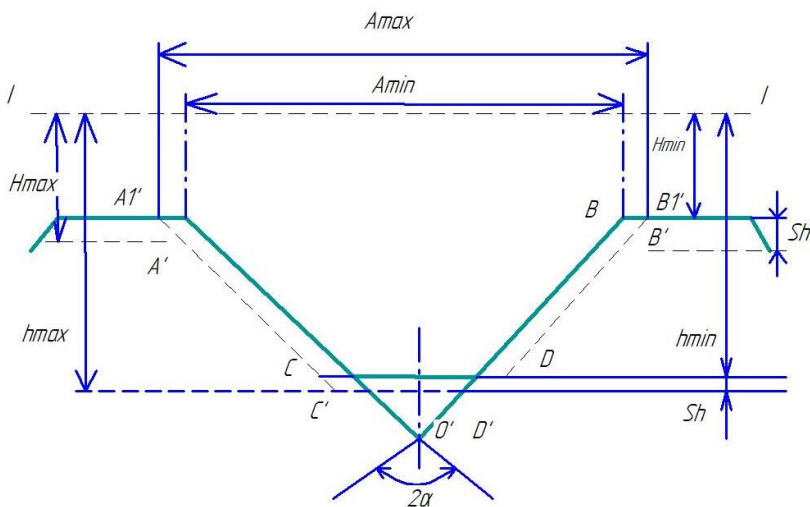


Рис. 2.16. Схема к расчету погрешности обработки русла канала профильным рабочим органом профилировщика

После обработки профильным рабочим органом можно получить поперечное сечение $ACDB$ или $A'C'D'B'$. В виду того, что одноименные точки поперечных сечений перемещаются строго вертикально, можно сделать допущение, что периметр $ACDB$ равен периметру $A'C'D'B'$. Согласно принятым условиям перемещения профильного землеройного рабочего органа можно принять, что: $AC \approx A'C'$, $CD \approx C'D'$ (см. рис. 2.16), $DB \approx D'B'$, а

$$\delta H \approx \delta h,$$

где δH – погрешность изготовления бермы канала относительно базовой плоскости $I - I$; δh – погрешность изготовления поверхности дна канала относительно базовой плоскости $I - I$.

Геометрический анализ получаемых поперечных сечений показывает, что если исключить, например, одновременную обработку дна откоса и бермы канала, а обрабатывать только дно и откосы канала, то размер по верху канала будет получаться от $AB = A_{min}$ до $A_1'B_1' = A_{max}$. Такая схема обработки русла канала по-

влечет за собой несоответствие размеров внутренних откосов, т.е. $AC \neq A'C'_1$ и так далее.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что при обеспечении одновременной обработки дна, откосов и бермы канала профильным землеройным рабочим органом поперечное сечение канала получается наиболее точным. Неточными могут получаться только размеры h и H , погрешность изготовления которых ($\delta H = \delta h$) зависит от точности ориентирования траектории движения режущих кромок землеройного рабочего органа.

Многоковшовый рабочий орган лучше всего использовать для обработки дна и откосов канала. Причем с целью повышения скорости резания профилировщика и возможности использовать отдельные узлы землеройного рабочего органа ЭМ-201А. Применять две ковшовые цепи, каждая из которых обрабатывает дно и откос канала с разгрузкой грунта на разных дамбах канала.

Скребковый рабочий орган предназначен для обработки берм канала поверхности A на ширину по 4 м , с целью безусловного выдерживания размера длины внутренних откосов и расстояния между бермой и дном канала. Кроме того, создание обработанной бермы канала улучшит условия работы других машин, входящих в комплекс, например, плитоукладчика.

2.9 Обоснование типа рабочего органа планировщика берм и его основных параметров

Одновременно с профилированием и укаткой русла канала необходимо обрабатывать и гребень дамб для получения точного размера ширины внутреннего откоса и для создания базовой поверхности для других машин, применяемых для строительства антифильтрационной облицовки.

Планировку берм каналов обычно осуществляют пассивными рабочими органами в виде отвалов. Однако большие усилия, возникающие при срезании грунта (ширина обработки $4 - 6\text{ м}$), а также неравномерное распределение срезанного грунта на поверхности гребня дамбы затрудняют использование отвалов в

сложных профильных землеройных рабочих органах профилировщиков.

В последние годы для планировки дамб каналов все шире применяют активные рабочие органы, фрезерные или многоковшовые. На сухих минеральных грунтах применение фрез ограничивается шириной захвата и быстрым затуплением режущих кромок. Применение многоковшовых рабочих органов для планировки дамб сдерживается необходимостью разравнивания валиков в месте выгрузки грунта и значительной металлоемкостью.

Указанные недостатки полностью устраняются при применении для планировки дамб цепного скребкового рабочего органа. Выпускавшийся ранее скребковый каналочиститель Д-490М с успехом применяли не только для очистки каналов, но и для планировки дамб и откосов. Скребки более эффективно перераспределяют срезанный грунт, так как он перемещается только в призма волочения и хорошо осыпается в понижения поверхности и далее уплотняется нижней кромкой скребка.

Обычно скребки не требуют принудительной выгрузки, так как скорость движения цепи довольно велика (1,5–5 м/с), что обеспечивает не только качественную разгрузку, но и надлежащее отбрасывание грунта. Метательные способности цепного скребкового органа в значительной мере зависят от нескольких факторов.

Скорость движения цепи скребкового каналочистителя определяет производительность, динамику и износ цепи, и траекторию движения частиц наносов после схода со скребка.

Рассмотрим движение частиц наносов после отрыва от верхней точки скребка при расположении звездочки над бровкой откоса (рис. 2.17, 2.18).

Начало координат выберем так, чтобы ось проходила через точку отрыва частицы А, а ось Х была расположена горизонтально.

При движении все точки скребка имеют скорость

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{GO} \quad (2.50)$$

Отрыв частицы от точки А произойдет тогда, когда ось скребка займет положение линии ОВ и начнет поворачиваться относительно центра вращения О.

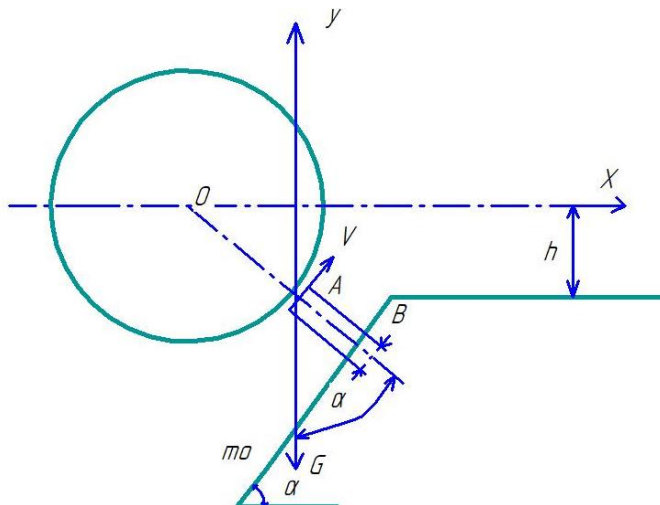


Рис. 2.17. Исходные данные для определения траектории движения частицы наносов при отрыве от скребка в точке А

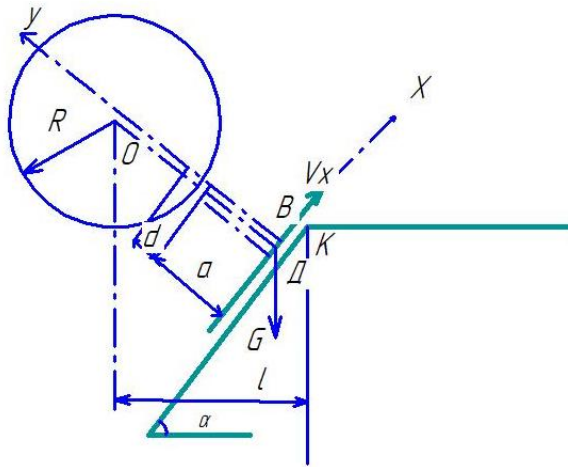


Рис. 2.18. Исходные данные для определения траектории движения частиц наносов при отрыве от скребка в точке B

В момент отрыва частица наносов в точке A имеет скорость V , направленную под углом λ к горизонту и подвержена действию силы тяжести.

Обозначая вес частицы через G , имеем следующее уравнение движения

$$\frac{m \cdot d^2 \cdot x}{dt^2} = 0, \quad (2.51)$$

$$\frac{m \cdot d^2 \cdot y}{dt^2} = -G. \quad (2.52)$$

После интегрирования получим

$$x = v \cdot t \cdot \cos \lambda; \quad (2.53)$$

$$y = v \cdot t \cdot \sin \lambda - \frac{g \cdot t^2}{2}. \quad (2.54)$$

Подставляя значение t из уравнения (2.13) в уравнение (2.14) имеем

$$y = \kappa \cdot tg \lambda - \frac{q \cdot x^2}{2v^2 \cdot \cos \lambda} \quad (2.55)$$

Если в точке падения частицы на берму канала $y = y_0$, а $x = L$, где L – длина метания частицы по оси x , то

$$\frac{q \cdot L^2}{2v^2 \cdot \cos^2 \lambda} - L \cdot tg \lambda + y_0 = 0 \quad (2.56)$$

Решаем это квадратное уравнение

$$L = \frac{v \cdot \cos \lambda}{q} \cdot (v \cdot \sin \lambda \pm \sqrt{v^2 \cdot \sin^2 \lambda - 2q y_0}) \quad (2.57)$$

Найденное уравнение траектории движения частицы наносов является уравнением параболы и соответствует одному крайнему пределу возможного пучка траекторий метания частиц наносов под действием движущегося скребка каналочистителя.

Значение y_0 определяется из рис. 2.17:

$$y_0 = h - \left(R + \frac{d}{2} \right) \cdot \cos \lambda + \frac{e}{2} \cdot \sin \lambda \quad (2.58)$$

где h – высота оси звездочки над бровкой откоса; d – толщина кулака цепи; e – толщина скребка; R – радиус звездочки.

Рассмотрим теперь условие выброса частицы наносов, находящейся в момент отрыва от скребка в соприкосновении с нижней ее кромкой (рис. 2.19).

Нижняя кромка скребка B движется по окружности, описанной вокруг центра O радиусом.

$$R_2 = R + \frac{d}{2} + a \quad (2.59)$$

где a – высота скребка.

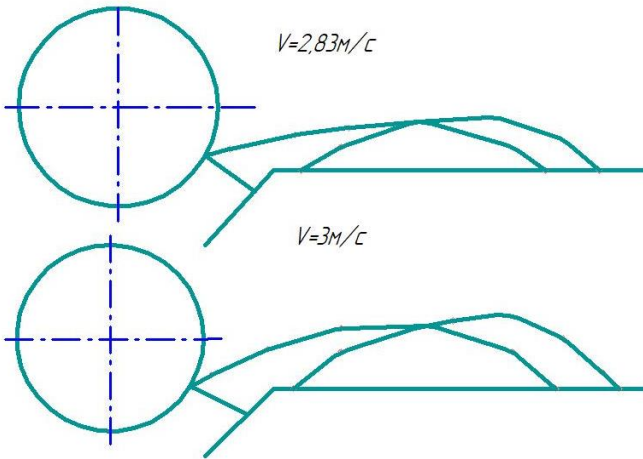


Рис. 2.19. Траектории метания частиц наносов при различных скоростях цепи

Несмотря на это, частица наносов, соприкасающаяся со скребком в точке В, движется прямолинейно, скользя по поверхности откоса.

По мере поворота скребка наступит момент, когда частица оторвется от скребка, и будет двигаться самостоятельно.

Пользуясь методом кинетостатики, напишем уравнение равновесия сил, действующих по оси x , расположенной параллельно поверхности откоса

$$m \cdot a_x = G \cdot (f \cdot \cos \lambda + \sin \lambda), \quad (2.60)$$

где m – масса движущейся частицы; a_x – ускорение движущейся частицы наносов параллельно оси; G – сила тяжести частицы наносов; f – коэффициент трения частицы о поверхность откоса.

Так как

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = -v \cdot \frac{\left(R + \frac{d}{2} + a \right)}{R} \cdot \frac{V}{R} \cdot \sin \omega t, \quad (2.61)$$

то

$$\sin \omega t = \frac{q \cdot (f \cdot \cos \lambda + \sin \lambda) \cdot R^2}{\left(R + \frac{d}{2} + a \right) \cdot v^2}, \quad (2.62)$$

где ω – угловая скорость точки В на скребке в период его движения при огибании звездочки; a – высота скребка; q – ускорение силы тяжести свободного падения; t – время проворачивания скребка.

На участке откоса DK частица наносов после отрыва от скребка будет находиться под действием тяжести G и силы трения о поверхность откоса, равной

$$f \cdot G \cdot \cos \lambda.$$

Уравнение движения частицы на участке DK

$$x = V_X t - \frac{q}{2} \cdot (f \cdot \cos \lambda + \sin \lambda) \cdot t^2, \quad (2.63)$$

В точке К скольжение частиц наносов по поверхности откоса прекращается. После отрыва движение осуществляется по воздуху.

Для определения конечной траектории движения частицы наносов необходимо определить ее скорость в точке К.

$$DK = \frac{1}{\cos \lambda} - \frac{e}{2} - (R + d + a) \cdot t q \lambda.$$

Отрезок

Если $x = DK$, то из уравнения (2.25)

$$\frac{qt^2}{2} \cdot (f \cdot \cos \lambda + \sin \lambda) - V_X t + \frac{e}{2} + (R + d + a) \cdot tq\lambda - \frac{l}{\cos \lambda} = 0 \quad (2.64)$$

Решая это квадратное уравнение, получим

$$t = \frac{V_X \pm \sqrt{V_X^2 - 2q \cdot (f \cdot \cos \lambda + \sin \lambda) \left[\frac{l}{2} + (R + d + a) \cdot tq\lambda - \frac{l}{\cos \lambda} \right]}}{q \cdot (f \cdot \cos \lambda + \sin \lambda)} \quad (2.65)$$

Зная значение t и пользуясь уравнением

$$x' = V_x - q \cdot (f \cdot \cos\lambda + \sin\lambda) \cdot t, \quad (2.66)$$

легко определить скорость частицы наносов в точке

$$V_k = V_x - q \cdot (f \cdot \cos\lambda + \sin\lambda) \cdot t. \quad (2.67)$$

Дальнейшее движение частицы будет характеризоваться уравнением (2.17) при условии расположения начала координат в точке отрыва частицы от откоса и $V = V_x$, т.е.

$$y = x \cdot \operatorname{tg}\lambda - \frac{q \cdot x^2}{2 \cdot V_x^2 \cdot \cos^2 \lambda}. \quad (2.68)$$

Это уравнение ограничивает второй пучок возможных траекторий движения частиц при отрыве от нижней кромки скребка.

При необходимости учесть фактические размеры комьев наносов следует переносить точку отрыва комьев от скребка и откоса и начало координат в место нахождения центра тяжести. Сам же характер уравнения для практических целей можно считать неизменным.

При выводе полученных уравнений траекторией движения частиц наносов предполагалось, что вращение может иметь место, особенно при метании крупных комьев. Хотя дальность метания будет несколько снижена, но за счет вынесенного вперед от скребка центра тяжести реального уменьшения ее не произойдет.

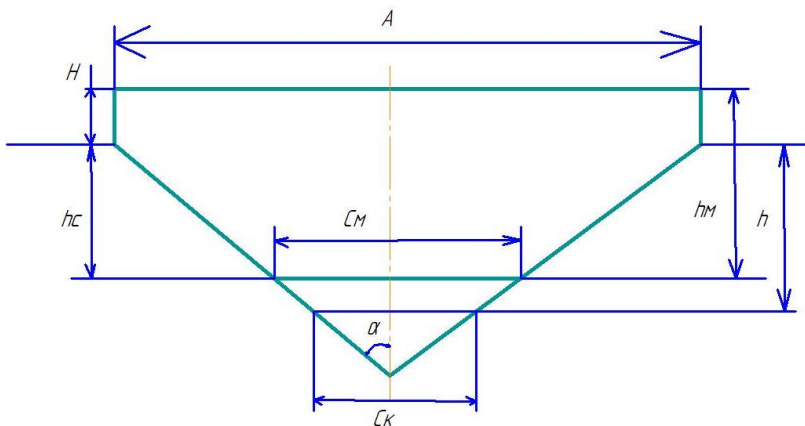


Рис. 25. Схема сопряжения основных геометрических параметров канала и профилировщика при базировании на внутренние откосы

С достаточной для практических целей точностью оба эти фактора можно не учитывать.

На основании найденных уравнений построены возможные траектории движения частиц наносов (см. рис. 2.19).

Приведенная методика расчета позволяет определить оптимальную скорость движения цепи скребкового каналаочистителя с учетом надлежащего выброса наносов.

При установке рабочей ветви в горизонтальное положение для планировки дамбы канала возможны два случая выгрузки скребка:

- 1) разгрузка скребка произойдет на горизонтальной площадке;
- 2) разгрузка скребка произойдет у валика грунта.

Первый случай разгрузки значительно уменьшает эффективность работы концевой части скребка, так как нижний пучок траекторий полета частиц грунта определяется не углом наклона откоса, а горизонтальной поверхностью дамбы. Следовательно, основную часть грунта будет отбрасывать верхняя часть скребка,



которая, как известно, имеет меньшую скорость, хотя и расположена значительно выше над поверхностью дамбы. Но такое уменьшение дальности выброса грунта произойдет лишь с первыми 1–2 скребками, что обеспечит формирование микровалика. Остальные скребки будут разгружаться уже в условиях второго случая, что обеспечит хороший выброс грунта и равномерное его распределение по близлежащему участку дамбы. Это обеспечивается как высокой скоростью цепи, так и большей частотой ссыпок (10–20 1/с). Таким образом, благодаря эффекту валикообразования при разгрузке скребка, работающего на горизонтальном участке цепи скребкового планировщика дамб, возможно использование теоретических закономерностей метательных способностей скребка.

3 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БЕТНОПЛЕНОЧНЫХ ОБЛИЦОВОК

Ранее построенные каналы, как правило, прокладывались в земляном русле. Большим недостатком таких каналов являются большие потери воды на фильтрацию. Полезное использование оросительной воды в таких каналах не превышает 25 %. В связи с этим борьба с фильтрацией воды из каналов в настоящее время становится одной из главных задач водохозяйственных организаций. Дальнейшее расширение орошаемых площадей связано с необходимостью транспортировать воду от источников орошения на более дальние расстояния. При этом объем работ по строительству каналов с противофильтрационными покрытиями постоянно возрастает, и в дальнейшем эта тенденция сохранится. В этой связи особое значение приобретают вопросы совершенствования технологии строительства противофильтрационных облицовок, в частности, сборных, а также наличие высокопроизводительных специализированных средств механизации, позволяющих снизить стоимость и повысить качество работ и сократить сроки строительства.

Типовая технология производства работ по строительству сборных облицовок включает основные операции:

- подготовку дна и откосов канала под облицовку;
- укладку на подготовленную поверхность полиэтиленовой пленки;
- укладку сборных элементов;
- заливку швов.

Заилиение и зарастание каналов всегда считали основными критериями снижения их пропускной способности. В процессе эксплуатации каналов их русла подвержены деформациям (сдвигам), которые уменьшают площадь живого сечения потока, усугубляют заилиение и зарастание каналов, затрудняя их эксплуатацию. Поэтому поиск эффективных средств механизации по их уходу будет продолжаться.

3.1 Особенность подготовки дна и откосов каналов под бетонопленочные облицовки

Подготовка русла каналов является ответственной операцией, от которой зависит качество и долговечность строящейся облицовки. Чтобы придать каналу проектные размеры, необходимо провести профилировку элементов поверхности внутреннего сечения канала. Точность профилирования русла канала обуславливается как гидравлическими (стабилизация площади внутреннего сечения канала по его длине), так и экономическими (выступы и недоборы грунта ведут к перерасходу бетона) и технологическими требованиями (улучшаются условия сопрягаемости сборных элементов на откосах канала).

При укладке полиэтиленовой пленки толщиной 0,2 – 0,4 мм (ГОСТ 10354-73) требования к качеству профилирования повышаются. Отклонение от плоскостности поверхностей канала не должно превышать ± 2 см, причем наличие твердых комков грунта и предметов не допускается. Поэтому кроме профилирования добавляется еще одна операция – укатка поверхности русла канала, цель которой исключить повреждение пленки при укладке плит.

Необходимая точность профилирования русел крупных каналов достигается при использовании сложных машин, перемещающихся по тщательно выставленным рельсовым путям или с помощью различных автоматических систем ориентации. Согласно типовой технологии производства работ при облицовке русла канала железобетонными плитами около половины затрат приходится на подготовку русла.

Планировка дна ведется бульдозером, а внутренние откосы планируются многоковшовыми экскаваторами непрерывного действия типа ЭМ-202 или ЭМ-201А (рис. 3.1 и 3.2).

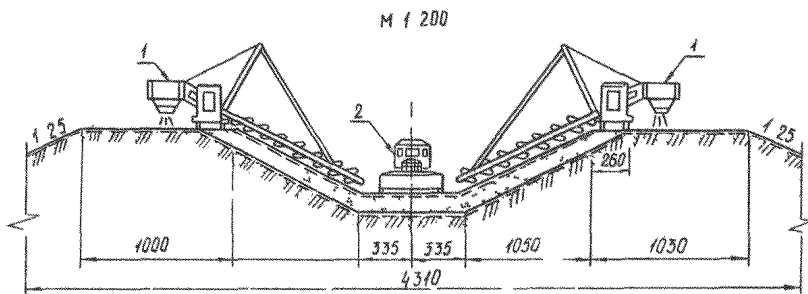


Рис. 3.1. Схема планирования откосов и дна БСК (вид спереди)

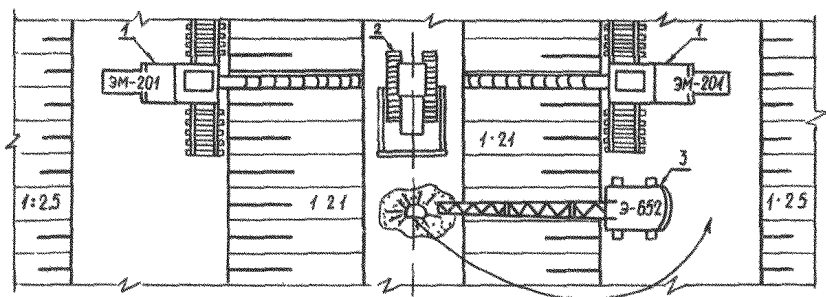


Рис. 3.2. Схема производства работ при подготовке русла БСК под бетонопленочную облицовку (вид сверху):
 1 – экскаватор непрерывного действия ЭМ-201; 2 – бульдозер; 3 – одноковшовый экскаватор Э-652

Экскаваторы перемещаются по рельсам длиной 14 м уложенным на обоих берегах канала. Рельсовый путь монтировался на полозьях и перемещается с одной позиции на другую с помощью трактора.

Недостатки при подготовке русла под бетонопленочную облицовку:

– на поверхности внутренних откосов и дне канала после прохода экскаваторов поперечного черпания ЭМ-201А остаются комки

грунта, которые могут повредить полиэтиленовую пленку при монтаже плит;

– в местах сопряжения внутреннего откоса и гребня дамбы канала после профилирования иногда заметна полоска не полностью обработанной поверхности откоса или образуется валик разрыхленного грунта, что указывает на неточность выполнения параметров канала;

– кромки ковшей при движении зачастую оказываются не параллельными поверхности внутреннего откоса. В результате этого толщина срезаемой стружки неравномерна: либо в начале откоса ковши врезаются в грунт на большую глубину и слегка касаются грунта в верхней части, либо, наоборот, внизу откоса ковши снимают небольшую стружку грунта, а сверху врезаются в грунт на значительную глубину.

С целью частичного устранения вышеуказанных недостатков при профилировании русла применяют ручной труд.

3.2 Откосопланировщики циклического действия

Рабочий орган неполнопрофильного профилировщика, как правило, охватывает либо один откос, либо откос и часть дна. Их обычно называют откосопланировщиками.

Наиболее простыми по конструкции откосопланировщиками циклического действия является одноковшовый экскаватор, оборудованный специальным планировочным ковшом с уменьшенной против стандартной высоты и гладкой режущей кромкой. Качество спланированного откоса таким ковшом получается грубое, кроме того, нередко случаи подрезания основания откоса, отчего угол заложения откоса не всегда выдерживается.

Более совершенен откосопланировщик, выполненный на базе экскаватора, рабочий орган которого (ковш или скребок) движется по направляющим стрелы параллельно планируемой поверхности откоса канала. Ковш срезает грунт при движении вверх и выгружает его в отвал или транспортное средство. Скребок срезает грунт при движении вниз и оставляет его на дне ка-

нала. Затем грунт удаляется за пределы канала экскаватором – драглайн.

Для планировки откосов длиной до 11 м, глубиной до 4,05 применяется универсальный экскаватор-планировщик Э-4010. Экскаватор установлен на шасси автомобиля КРАЗ-258 и имеет широкий набор сменного оборудования: ковш емкостью 0,25 и 0,4 м³, отвал, планировочный и погрузочный ковши, ковши прямой лопаты емкостью 0,4 м³, кран, рыхлитель и др. [82]. Для планировки откосов применяется отвал шириной 2,5 м. Обработку откосов канала осуществляют во время периодических остановок экскаватора на дамбе. По такому же принципу работают все экскаваторы-планировщики с телескопической стрелой.

Основным недостатком рассмотренных откосопланировщиков является цикличность их действия, что снижает их производительность. Кроме того, выдерживание угла заложения откоса длиной 6-11 м затрудняется в связи с увеличением погрешности установки при большом вылете стрелы.

Для планировки откосов длиной от 3 до 20 м применяется экскаватор Э-652Б со сменным оборудованием МИ-109 (рис. 3.3). Его стрела опирается на рельсовый путь, установленный на дне канала, отчего конструкция становится более жесткой и качество планировки более высокое.

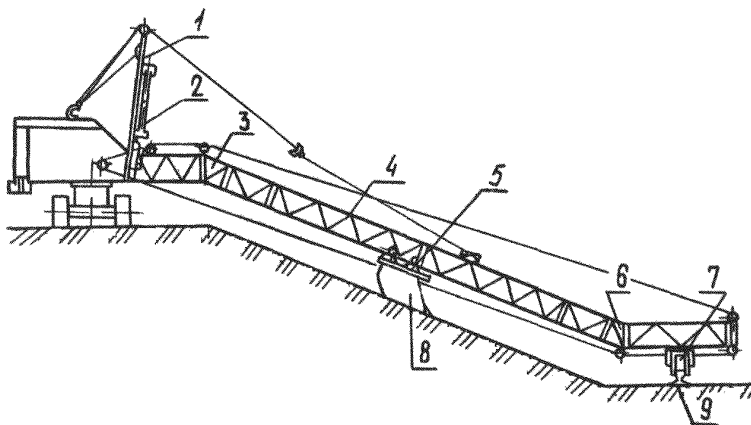


Рис. 3.3. Оборудование МИ-109

для планировки откосов к экскаватору Э-652Б:

- 1 – передняя стойка; 2 – гидроцилиндр; 3 – передняя секция стрелы;
4 – основная стрела; 5 – направляющая; 6 – нижняя секция стрелы;
7 – нижняя тележка; 8 – каретка с ковшем; 9 – рельс

В качестве рабочего органа используется ковш, установленный на тележке 8, которая при помощи канатов и лебедок перемещается по направляющим стрелы 4. Производительность данного экскаватора при ширине откоса 5, 11 и 20 м за час чистой работы составила соответственно 105, 122 и 206 м²/ч. Сзади ковша установлен легкий каток для прикатывания неровностей.

Основным недостатком этого откосопланировщика является необходимость перестановки рельсового пути с позиции на позицию. Область его эффективного применения является планировка откосов до 20 м длиной при небольших объемах работ.

3.3 Откосопланировщики непрерывного действия

В настоящее время для планировки откосов каналов глубиной до 4 м широкое распространение получил многоковшовый цепной экскаватор поперечного копания ЭМ-201. Он перемещается на рельсовом ходу и имеет электрический многомоторный привод. Рельсовый путь уложен на гребне дамбы канала (рис. 3.4). Грунт срезается ковшами при поступательном перемещении экскаватора, поднимается вверх по откосу и выгружается в бункер. Из бункера грунт можно сыпать в отвал или транспортное средство. Изменение глубины резания происходит при повороте рамы вокруг точки крепления ее к раме ходовой части экскаватора.

Экскаваторы типа ЭМ-201 имеют следующие недостатки:

- планируют только один откос;

- изменение глубины резания происходит при вращении ковшовой рамы вокруг одной точки крепления; при этом не соблюдается плоскопараллельное перемещение ковшовой рамы относительно поверхности откоса и получить необходимый уклон откоса сложно;
- различные возмущающие силы влияют на устойчивость хода ковшей по глубине, отчего качество обработанной поверхности ухудшается.

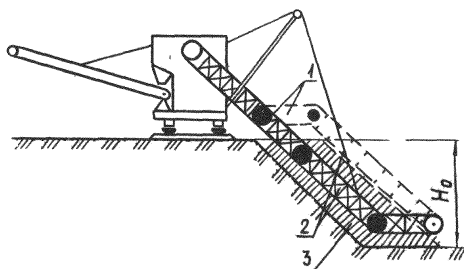


Рис. 3.4. Схема планировки откосов канала экскаватором Э-201:
 1 – стрела; 2 – удерживающий трос; 3 – срезаемый ковшами слой
 грунта

Не имеют указанных недостатков профилировщики, одновременно обрабатывающие откос и часть дна канала (рис. 3.5).

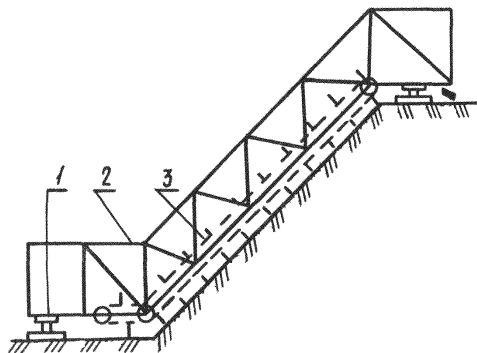


Рис. 3.5. Схема многоковшового профилировщика
 на рельсовом ходу: 1 – рельсовый путь на дне канала;
 2 – рама; 3 – рабочий орган

Это самоходные землеройные машины непрерывного действия, устанавливаемые на рельсовый путь 1 и состоящие из двух тележек 2 и фермы 3 с многоковшовым рабочим органом, зачистным профилирующим ножом, приемным и отвальным транспортерами. Привод всех рабочих органов и ходовой части электрический.

В нашей стране имеется профилировщик Д-582, выполненный по схеме, описанной выше. Он предназначен для планировки каналов глубиной 4 м и шириной по дну от 4 до 8 м. Он работает в комплексе с бетоноукладчиком Д-580 и нарезчиком швов Д-651. Передвигается профилировщик Д-582 по рельсам, уложенным на гребне дамбы и по дну канала. Верхний рельсовый путь является направляющим. Изменение глубины резания ковшами производится при помощи винтовых механизмов подъема ковшовой рамы. Наибольшая толщина стружки, срезаемой ковшами за один проход, – 0,15 м. Чистовая зачистка выполняется специальными ножами при движении профилировщика вперед.

Аналогичную конструкцию имеет и профилировщик ПК-8. Он предназначен для профилирования каналов глубиной от 4 до 8 м, шириной по дну 7 м, длиной откосов до 26,4 м и с уклоном откосов 1:2,5 и 1:3. Регулирование толщины стружки осуществляется двумя парами домкратов, установленных на верхней и нижней тележках. Имеется бермоочиститель в виде отвала.

К достоинствам вышерассмотренных профилировщиков следует отнести возможность их работы на плотных и влажных грунтах, а к недостаткам – высокую металлоемкость, низкую производительность и малую надежность цепи.

Профилировщик МБ-24 предназначен для каналов глубиной 4 м. Он установлен на рельсовом ходу, глубина резания регулируется винтовыми домкратами. Рабочий орган шнековый. Срезанный им грунт перемещается вниз на дно канала.

В конце шнека установлен ковшовый ротор диаметром около 3 м, который поднимает срезанный грунт на отвальный транспортер. Грунт транспортером выбрасывается на берму канала.

Вместе с бетоноукладчиком МБ-25 и нарезчиком швов МБ-26 профилировщик МБ-24 входит в комплекс машин по устройству

бетонопленочных облицовок крупных каналов. Достоинством шнековых профилировщиков являются большая производительность и высокое качество планировки, недостатком – необходимость установки сложных транспортирующих устройств для перемещения срезанного грунта на берму канала.

Общим недостатком рассмотренных выше профилировщиков является перемещение их по рельсовому пути. Из-за периодического перемещения рельсов с позиции на позицию производительность таких профилировщиков снижается и одновременно увеличивается стоимость производства работ.

При использовании гусеничных движителей профилировщики оборудуются специальным копирным устройством, позволяющим выдерживать заданный продольный уклон канала. Устройство копирной проволоки – весьма трудоемкая операция, выполнение которой снижает эффективность работы указанных профилировщиков.

Гусеничный ход имеет известный профилировщик американской фирмы «РАХКО». Он предназначен для окончательной планировки откоса и части дна канала и состоит из фермы, верхней и нижней ходовых тележек на гусеничном ходу, механизма подъема и регулирования наклона фермы, шнекового рабочего органа, многоковшового ротора, отвального транспортера и пульта управления.

При работе профилировщика разрабатывается слой грунта на откосе толщиной 0,1–0,2 м шнековым рабочим органом, транспортируется им на дно канала, а далее срезанный грунт с помощью ковшового ротора и отвального транспортера перемещается в отвал на противоположную берму.

Из представленного обзора можно выделить две группы машин для планировки откосов и дна больших каналов:

- профилировщики, выполненные на базе общестроительных машин, в основном одноковшовых экскаваторов;
- специализированные профилировщики.

Первая группа профилировщиков проста по устройству и обслуживанию. Основной их недостаток – низкая производительность из-за цикличности работы. Основные показатели профилировщиков первой группы приведены в табл. 3.1.



Специальные машины для профилирования откосов и части дна каналов имеют, как правило, активные рабочие органы и перемещаются на рельсовом ходу или с помощью гусеничных движителей по берме и дну канала. Эти машины обрабатывают полное сечение канала за две установки: сначала одну сторону канала, затем другую, или обе стороны одновременно двумя машинами. Они хорошо себя зарекомендовали при строительстве крупных каналов, позволяют получить более точное поперечное сечение канала, хорошую чистоту обработанной поверхности и имеют высокую производительность (см. табл. 3.1).

Таблица 3.1

Основные параметры профилировщиков с активным рабочим органом

Страна, фирма	Емкость ковша, л	Тип	Марка	Тип рабочего органа	Глубина канала, м	Ширина по дну, м	Коэффициент заложения откосов (m)	Рабочая скорость, м/мин	Транспортная скорость, м/мин	Мощность, кВт	Производительность, м ³ /ч	Масса, т	Кол-во обслуж. персонала, чел.
РФ	20	Откосный	ЭМ-201	Многоковшовый	4	-	-	3	3	14	36,0	6,0	1
РФ	20	Откос и часть дна	Д-582	Многоковшовый	до 4	-	от 1,5 до 2,0	1,37	10,7	47,5	54,0	21,5	2
РФ	50	Откос и часть дна	ПК-8	Многоковшовый	4-8	7,0	2,5; 3	0,4-1,4	-	-	55,0	66,3	2



Расчет эксплуатационных показателей транспортно-технологических машин в мелиорации

РФ		Откос и часть дна	МБ-24	Шнеково-фрезерный	3-5	3-8	от 2,0 до 3,0	0,3-3,0	-	100	-	-	-
США		Откос и часть дна	РАХК О НТ-560С	Шнеково-фрезерно-роторный	2,5-9	3-20	от 1,5 до 3,0	0,-4,5	-	380	-	-	-

Общим недостатком этих машин является то, что полное сечение обрабатывается за две установки. Смена же технологических баз машины при обработке канала увеличивает погрешность длины откосов, так как ширина внутреннего сечения канала при такой схеме установки профилировщика будет являться замыкающим элементом размерной цепи поперечного сечения канала. Кроме того, эти машины крупногабаритны, металлоемки и предусматривают применение рельсового пути или сложных автоматических устройств, для получения требуемого уклона канала.

3.4 Устройство и принцип работы профилировщика ППУ-9,6х4

На основании результатов теоретических и натурных исследований в Новочеркасском инженерно-мелиоративном институте был разработан эскизный проект полнопрофильного профилировщика-укатчика (ППУ-9,6х4). ППУ-9,6х4 предназначен для одновременного профилирования и укатки поверхности дна и внутренних откосов IV очереди Большого Ставропольского канала после черновой выработки русла другими землеройными машинами.

Профилировщик-укатчик состоит из ходового устройства *1*, двух землеройных рабочих органов *2* и *3*, соединенных друг с другом при помощи кронштейнов *4* (рис. 3.6).

Процесс профилирования и укатывания всего внутреннего сечения канала профилировщиком ППУ-9,6х4 осуществляется следующим образом:

- срезание грунта выполняется двумя многоковшовыми землеройными рабочими органами *2* и *3* в процессе движения профилировщика;
- укатывание обработанной поверхности русла производится ходовыми катками профилировщика.

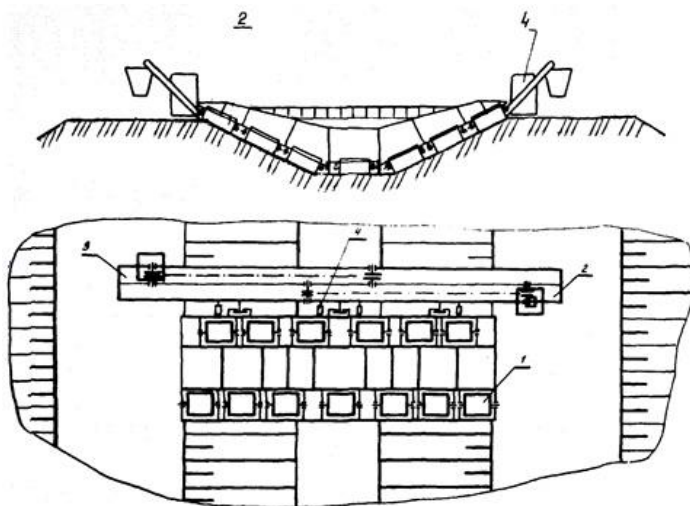


Рис. 3.6. Схема устройства профилировщика-укатчика:
 1 – ходовые катки; 2,3 – землеройный рабочий орган;
 4 – кронштейн подвески рамы рабочего органа

Так как профилировщик-укатчик одновременно выполняет две операции технологического процесса, то его рабочий орган является комбинированным, т.е. состоящие на двух взаимодополняющих друг друга рабочих органов – землеройного и укаточного. Землеройный рабочий орган представляет собой два многоковшовых цепных рабочих органа, заимствованных с экскаватора ЭМ-201 вместе с приводом и установленных на одной раме таким образом, что на дне канала цепи перекрывают друг друга, а разгрузка грунта осуществляется на обе дамбы канала в отвал или в транспортное средство.

Рама землеройного рабочего органа профилировщика при помощи четырех пар кронштейнов (каждая пара кронштейнов образует параллелограмм) крепится к ходовой раме профилировщика (см. рис. 3.6).

Регулирование толщины срезаемой стружки осуществляется подъемом или опусканием рамы землеройного органа гидро-

цилиндрами 4 относительно опорной поверхности, на которую опираются ходовые катки 5.

Ходовая рама профилировщика является основной и наиболее массивной частью машины. Опорная поверхность ходовой рамы идентична поперечному профилю канала и опирается на поверхность дна и обоих внутренних откосов канала посредством 13 вальцовых катков, диаметром 1500мм, которые одновременно являются ходовыми и укаточными. Ходовые катки расположены на ходовой раме таким образом, что прикатывание поверхности русла канала происходит в процессе перемещения профилировщика по всему периметру русла.

Катки располагаются в два ряда, в шахматном порядке, обеспечивая тем самым перекрытие прикатывания всей поверхности русла без пропусков. На каждый из откосов профилировщик опирается посредством пяти катков и на дно канала тремя катками.

Катки, опирающиеся на внутренние откосы канала, являются ведущими, а на дно – ведомыми. Ходовые катки установлены позади землеройного рабочего органа, что обеспечивает одновременное профилирование и укатку обработанной поверхности русла канала.

Стабилизация ковшовой цепи в поперечной плоскости относительно опорных катков осуществляется при помощи четырех пар кронштейнов параллелограммной подвески (см. рис. 3.6), а стабилизация всего агрегата от разворачивающего момента, который возникает от усиления резания на ковшовой цепи, осуществляется за счет того, что ведущие катки опирающиеся на правый и левый откосы имеют отдельный привод.

Конструкция профилировщика, состоящая из крупных узлов, позволяла быстро осуществлять монтаж и демонтаж машины. Для перебазирования ППУ-9,6х4 на новые участки канала его демонтировали из 6 отдельных частей (ходовую раму и раму землеройного рабочего органа демонтируют на 3 части – правую, левую и центральную). К каждой из частей профилировщика прикрепляли поочередно по 4 технологических кронштейна с колесами и при помощи тягача транспортировали на новый участок канала.

Привод профилировщика-укатчика – электрический многомоторный. Применение многомоторного привода обеспечивало ряд эксплуатационных и производственных преимуществ машины: легкость и удобство управления, блочность конструкции, высокую надежность и ремонтпригодность.

Контроль качества работы землеройного рабочего органа профилировщика-укатчика в процессе работы осуществлялось с помощью лазерной установки конструкции НИМИ.

3.5 Кинематика и конструкция основных узлов профилировщика ППУ-9,6х4

По разработанным в Новочеркасском инженерно-мелиоративном институте (НИМИ) чертежам в управлении строительства «Ставропольстрой» были изготовлены основные узлы в детали профилировщика ППУ-9,6х4. Пробный монтаж профилировщика был осуществлен в 1979г на Большом Ставропольском канале (рис. 3.7).

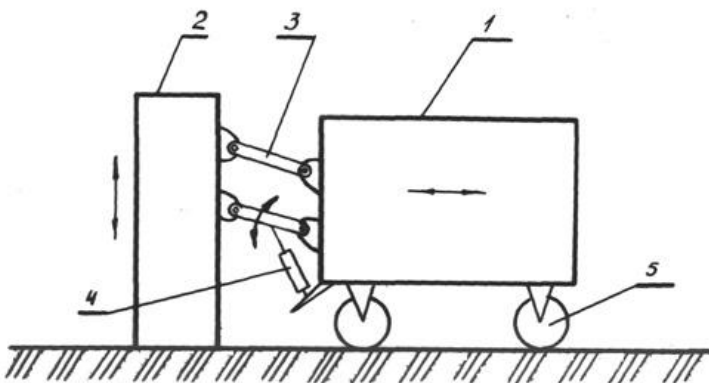


Рис. 3.7. Схема крепления рамы землеройного рабочего органа к ходовой раме профилировщика ППУ-9,6х4:
 1 – ходовая рама; 2 – рама землеройного рабочего органа;

3 – параллелограмная подвеска; 4 – гидроцилиндр

Рама землеройного рабочего органа профилировщика состоит из трех секций: левой, средней и правой. Секции рамы сварные из швеллеров №18 и крепятся между собой болтами при помощи фланцевого соединения. К левой и правой секциям рамы приварены по одной раме для установки приводов землеройных рабочих органов профилировщика. В качестве рамы для привода рабочего органа используется рама с экскаватора ЭМ-201.

Так как профилировщик имеет два одинаковых рабочих органа, описание конструкции будем вести для одного рабочего органа.

Землеройный рабочий орган профилировщика состоит из механизма привода ковшовой цепи, цепи с ковшами, рамы рабочего органа, механизма натяжения ковшовой цепи.

Механизм привода ковшовой цепи расположен в верхней части профилировщика, что целесообразно с точки зрения передачи движения рабочему органу. Благодаря верхнему расположению привода ковшовой цепи в этом механизме отсутствуют обычно применяемые гибкие передачи (цепная или ременная), а крутящий момент передается исполнительному механизму цилиндрическими зубчатыми передачами.

Верхнее расположение приводного вала позволяет осуществлять погрузку срезанного грунта в карьерные автосамосвалы.

Привод состоит из электродвигателя, промежуточного вала, редуктора и приводного вала ковшовой цепи (рис. 3.8).

Электродвигатель связан с редуктором посредством муфты предельного момента, промежуточного вала, установленного на двух сферических роликоподшипниках, и муфты (упругой втулочно-пальцевой). Муфта предельного момента фрикционного типа служит для предохранения от аварийной поломки машины.

На приводном валу при помощи шпонок закреплены два барабана со вставными зубьями, которые обеспечивают работу ковшовой цепи.

Ковшковая цепь огибает звездочку ведущего вала и ролики натяжного устройства. Провисание части цепи устраняется натяжными роликами, а рабочая часть идет по направляющим,



расположенным в нижней части рабочей рамы (в зоне резания грунта ковшами).

Звенья цепи соединены между собой шарнирно посредством втулок и пальцев, которые предохранены от проворачивания головками, фиксированными в пазах внутренних звеньев. Ковши емкостью 20 л, цельноштампованные из листовой стали, снабжены сменными зубьями.

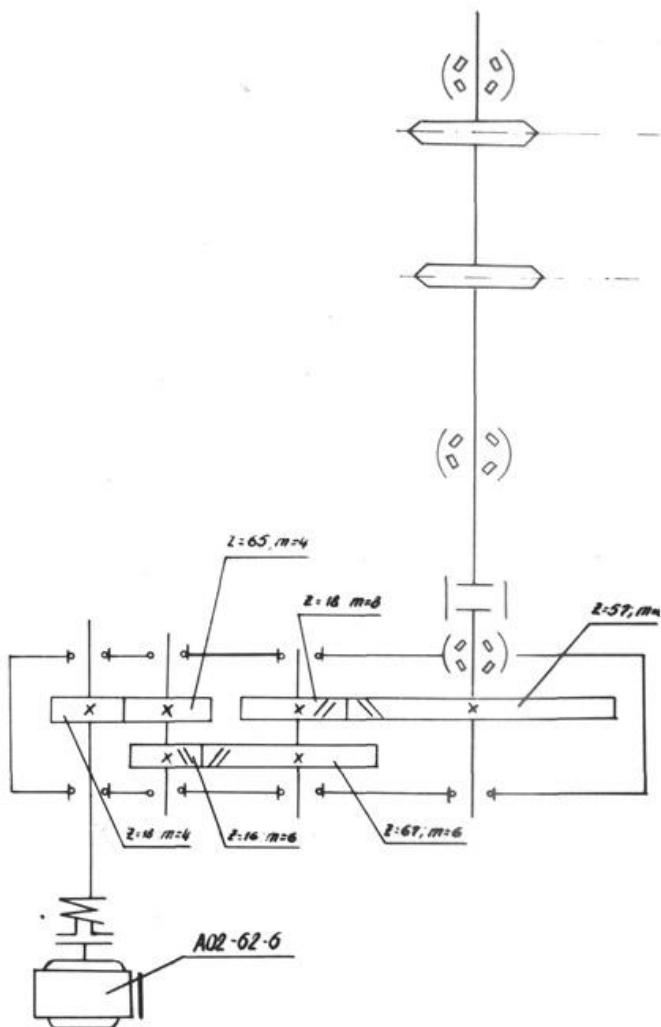


Рис. 3.8. Схема привода землеройного многоковшового рабочего органа профилировщика

Ходовая часть полнопрофильного профилировщика-укатчика ППУ-9,6х4 состоит из рамы вальцовых катков. Ходовая рама собирается из трех секций – левой, центральной и правой. Каждая секция рамы является сварным узлом из двутавра №300, швеллера №18 и уголок 50х50х5. Все секции соединяются в единую раму посредством болтовых соединений.

Вальцы представляют собой пустотелые барабаны с осью. Подшипниковые узлы ходовых вальцев крепятся к нижней части рамы профилировщика. Ходовые катки, опирающиеся на откосы канала (рис. 3.9), имеют специальный привод, катки опирающиеся на дно канала привода не имеют (рис. 3.10). От электродвигателя через три редуктора крутящий момент передается через карданный шарнир на промежуточный вал. Промежуточный вал посредством цепных передач соединен со всеми пятью ходовыми вальцами, опирающимися на откос канала.

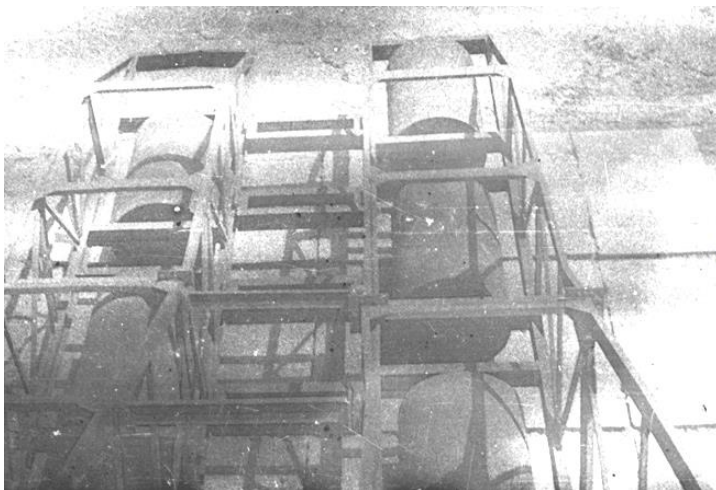


Рис. 3.9. Расположение ведущих ходовых катков профилировщика на откосе канала

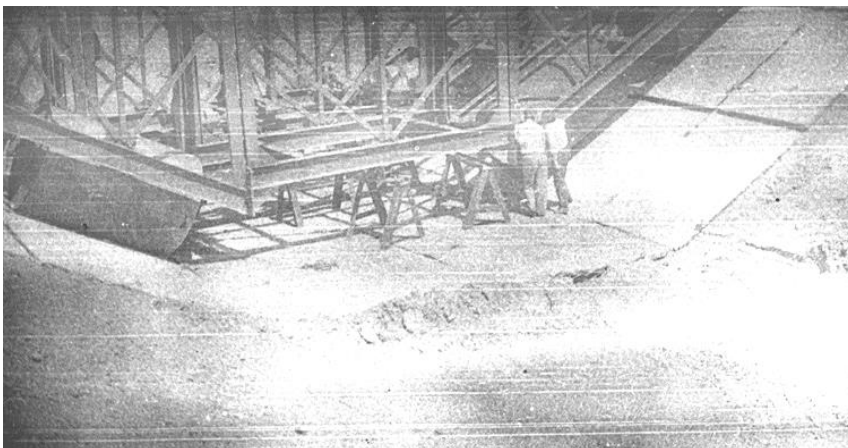


Рис. 3.10. Монтаж средней части ходового устройства профилировщика ППУ-9,6х4

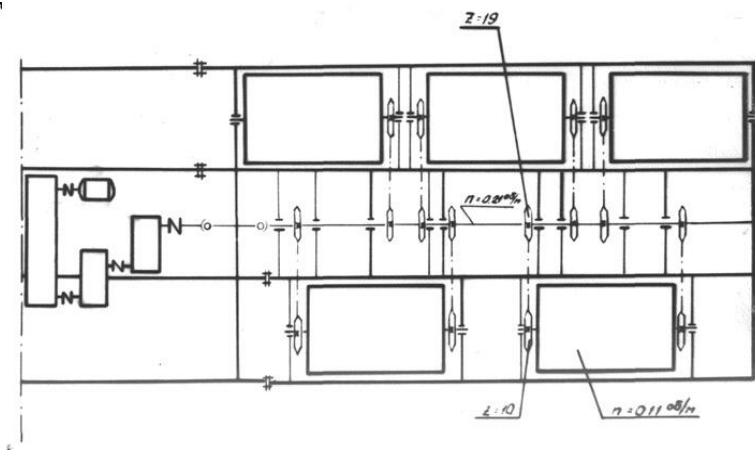


Рис. 3.11. Схема привода ведущих ходовых катков профилировщика ППУ-9,6х4

Ввиду того, что ходовое устройство профилировщика является симметричной конструкцией, то описание, приведенное выше, полностью относится и к другой части профилировщика. Раздельный привод катков, опирающихся на один и другой откосы, позволяет перемещаться профилировщику по руслу канала оставаясь перпендикулярно продольной оси канала.

Электрооборудование профилировщика-укатчика состоит из токоприемника, кабельного барабана, силового шкафа с осветительным щитком, пульта управления, трансформатора, электродвигателей и распределительных сетей (рис. 3.11).

Питание профилировщика-укатчика электроэнергией производится от гибкого кабеля, намотанного на барабан. Распределительным пунктом электроэнергии является силовой шкаф. В силовом шкафу установлены пускатели к электродвигателям и другое электрооборудование. Для питания ремонтного и общего освещения предусматривается понижающий трансформатор переменного тока напряжением 380 Вольт.

3.6 Определение усилий копания землеройным рабочим органом профилировщика-укатчика ППУ-9,6х4

В отличие от экскаваторов продольного копания операции подачи ковшей и разработки забоя проходят у этих машин в направлении перпендикулярном вертикальной плоскости ковшовой рамы.

Так как профилировщик имеет два одинаковых землеройных рабочих органа с раздельным приводом, расчеты будем вести для одного рабочего органа. Расчеты и результаты для второго рабочего органа будут аналогичными.

Исходные данные к расчету:

Емкость ковша – 20л

Скорость ковшовой цепи – 0,5м/с

Глубина резания – 0,1м

Шаг ковшей – 1 м

Грунт – суглинок

При обычном параллельном копании шаг ковшей T , ширина режущей части кромки ковша b_k , скорость ковшовой цепи $V_{ц}$ и скорость перемещения экскаватора $V_{э}$ связаны зависимостями (рис. 3.12).

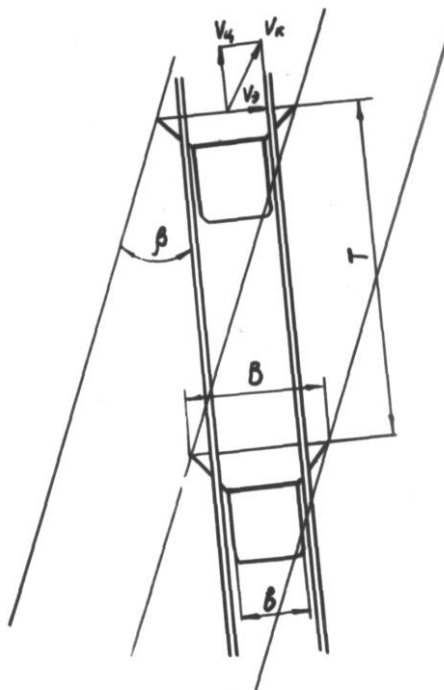


Рис. 3.12. Схема к расчету скорости перемещения профилировщика

При $tq\beta < \frac{v_K}{T}$ стружки будут перекрывать друг друга; если $tq\beta > \frac{v_K}{T}$, то между стружками останутся несрезанные полосы.

Предельное значение $v = v_K$.

Необходимая для наполнения ковшей толщина стружки «с» определяется из обычной зависимости

$$q_c = L \cdot v_K \cdot K_p \cdot C = q \cdot K_n,$$

где L – длина захвата рабочим органом $L = L_1 + L_2$ (рис. 3.13); K_p – коэффициент разрыхления грунта (для грунта 2-й группы $K_p = 1,14 \dots 1,28$); q – объем ковша; K_n – коэффициент наполнения (для грунта 2-й группы $K_n = 1,0 \dots 1,1$).

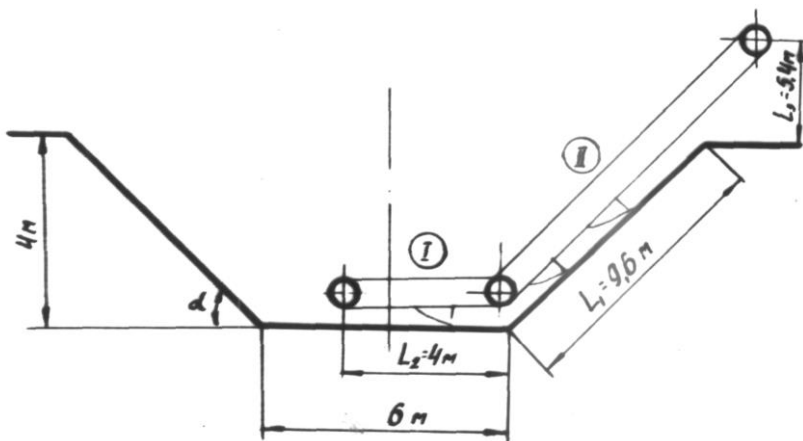


Рис. 3.13. Расчетная схема профилирования землеройным рабочим органом профилировщика

Необходимая ширина стружки v_K определяется скоростью хода профилировщика и может быть получена из условия равенства емкости ковша объему стружки с учетом коэффициента наполнения ковша

$$v_K = \frac{0,02 \cdot 1,1}{0,1 \cdot 13 \cdot 1,2} = 0,0141 \text{ м.}$$

Скорость перемещения профилировщика

$$V_{\mathcal{E}} = \frac{v_K \cdot V_{\mathcal{C}}}{T} ;$$

$$V_{\mathcal{E}} = \frac{0,0141 \cdot 0,5}{1} = 0,007 \text{ м/с} = 25,2 \text{ м/ч.}$$

Число ковшей, находящихся в работе:

$$П_K = \frac{L}{T} + 1 ;$$

$$П_K = \frac{13}{1} + 1 = 14 .$$

Общее натяжение цепи касательными силами копания равно

$$S_{ц,к} = C \cdot v_K \cdot П_K \cdot K, \text{ кг,}$$

где $K = 20000$;

$$S_{ц,к} = 0,1 \cdot 0,0141 \cdot 14 \cdot 20000 = 490 \text{ кг.}$$

Масса грунта в каждом ковше q_2 может быть принята из условия, что наполнение ковша пропорционально пройденному им пути по забюю ℓ_i , тогда

$$q_{zi} = \frac{q \cdot \ell_i \cdot K_H \cdot j}{L} ,$$

где j – объемный вес грунта. Для грунта 2-й группы $j = (1600 \dots 2000) \text{ кг/м}^3$;

$$q_{zi} = \frac{0,02 \cdot \ell_i \cdot 1,1 \cdot 1600}{13} .$$

Задаваясь значением ℓ_i , вычисляем значение q_{zi} и результаты вычислений заносим в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Масса грунта в зависимости от расстояния пройденного ковшом по забюю

Расстояние, м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Масса грунта в ковше, кг	2,7	5,4	8,1	10,8	13,5	16,2	18,9	21,6	24	27	29	32,4	35

Общая масса грунта в ковшах

$$G_T = \sum \frac{q \cdot \ell_1 \cdot K_H \cdot J}{L} + \left(\frac{L_3}{T} + 1 \right) \cdot Q \cdot K_H \cdot j$$

$$G_T = 2,7 + 5,4 + 8,1 + 10,8 + 13,5 + 16,2 + 18,9 + 21,6 + 24,3 + 27 + 29,6 + 32,4 + 35 + \left(\frac{5,4}{1} + 1 \right) \cdot 0,02 \cdot 1,1 \cdot 1600 = 505 \text{ кг.}$$

Усиление силы тяжести цепи

$$S_{ц.г.} = Q_{Iг} \cdot \sin \alpha + Q_{IIг} \cdot \sin \alpha,$$

где $Q_{Iг}$ – сила тяжести грунта в ковшах на I участке; $Q_{IIг}$ – сила тяжести грунта в ковшах на II участке;

$$S_{Iц.г} = G_{I2} = 27 \text{ кг;}$$

$$S_{2ц.г} = G_{2г} \cdot \sin \alpha = 478 \cdot \sin 26^{\circ}36' = 478 \cdot 0,4480 = 214 \text{ кг;}$$

$$S_{ц.г} = 27 + 214 = 241 \text{ кг.}$$

Соппротивление трению ковшовой цепи в направлениях от силы тяжести цепи и грунта

$$S_{тр.ц.} = (2 G_{ц} + G_2) \cdot \mu,$$

где $G_{ц}$ – сила тяжести цепи с ковшами, лежащей на откосе,

$$I_{п.м.} = 47 \text{ кг; } G_{ц} = 13 \cdot 47 = 610 \text{ кг;}$$

μ – коэффициент трения равный 0,25...0,6,

$$S_{тр.ц} = (2 \cdot 610 + 505) \cdot 0,4 = 690 \text{ кг.}$$

Соппротивление боковой составляющей копания также вызывает силы трения

$$S_{тр.б} = (0,2...0,6) \cdot S_{ц.к.} \cdot \mu,$$

$$S_{тр.б} = 0,5 \cdot 490 \cdot 0,4 = 98 \text{ кг.}$$

Соппротивление ускорения ε цепи при колебании на зубе звездочки

$$S_Y = 3\varepsilon \cdot \frac{2G_{Ц} + G_{Г}}{g} ;$$

$$\varepsilon = 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot v_Y}{Z} \right) \cdot \frac{1}{T} ,$$

где Z – число зубьев звездочки,

$$S_Y = 3 \cdot 0,628 \cdot \frac{2 \cdot 610 + 505}{9,8} = 330 \quad \text{кг};$$

$$\varepsilon = 2 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,5}{5} \right) \cdot \frac{1}{1} = 0,628 \quad \text{м/с}^2.$$

Суммарное рабочее напряжение цепи:

$$S_{Ц.Р} = S_{Ц.К.} + S_{Ц.Г.} + S_{Тр.Ц.} + S_{Тр.Б.} + S_Y,$$

$$S_{Ц.Р} = 490 + 241 + 690 + 93 + 330 = 1849 \text{ кг}.$$

Трением грунта, перемещения перед ковшами можно пренебречь, так как оно составит менее 1% $S_{Ц.Р}$:

$$S_{Ц.П} = S_{Ц.Р} \cdot \mu' \cdot \frac{d_{Ц}}{D_{В.З}} + 2 \cdot S_{Ц.Р} \cdot \mu' \cdot \frac{d_{Ц}}{D_{Н.З}} ,$$

где μ' – коэффициент трения в шарнирах цепи, $\mu' = 0,25 \dots 0,4$;
 $d_{Ц}$ – диаметр пальцев цепи; $D_{В.З}$ – диаметр ведущей звездочки;
 $D_{Н.З}$ – диаметр натяжной звездочки.

$$S_{Ц.П} = 1849 \cdot 0,3 \cdot \frac{0,022}{0,550} + 2 \cdot 1849 \cdot 0,3 \cdot \frac{0,022}{0,4} = 63 \quad \text{кг}.$$

3.7 Расчет потребной мощности для резания грунта

Потребная мощность на ведущем валу

$$N_B = \frac{(S_{Ц.Р.} + S_{Ц.П.}) \cdot V_{Ц}}{102 \cdot \eta_B} ,$$

где η_B – КПД ведущего вала ковшовой цепи, $\eta_B = 0,9$,

$$N_B = \frac{(1849 + 63) \cdot 0,5}{102 \cdot 0,9} = 10,4 \text{ кВт.}$$

Потребная мощность электродвигателя

$$N = \frac{N_B}{\eta}$$

где η – КПД цилиндрического редуктора привода, $\eta = 0,885$,

$$N = \frac{10,4}{0,835} = 11,8 \text{ кВт.}$$

Принимаем для привода ковшовой цепи электродвигатель АО2-62-6 с мощностью $N = 13$ кВт и числом оборотов $n = 970$ об/мин

3.8 Расчет производительности профилировщика

Число ссылок в минуту определяется по формуле

$$Z = \eta \cdot \frac{60 \cdot V_{Ц}}{T}$$

$$Z = 2 \cdot \frac{60 \cdot 0,5}{1} = 60$$

Определяем теоретическую производительность машины:

$$P_T = 60 \cdot q \cdot z,$$

$$P_T = 60 \cdot 0,02 \cdot 60 = 72 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Техническая производительность равна

$$P_{TEX} = P_T \cdot K_H \frac{K_T}{K_P}$$

где K_T – коэффициент трудности разработки грунта, $K_T = 0,95$,

$$P_{TEX} = 72 \cdot \frac{1,1 \cdot 0,95}{1,2} = 63 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

3.9 Тяговый расчет полнопрофильного профилировщика-укатчика ППУ-96,4

Исходные данные:

Масса профилировщика $G = 80$ т

Количество катков $n = 13$

Количество ведущих катков $n_B = 10$

Диаметр катков $D_K = 1500$ мм

Скорость перемещения:

а) рабочая $v_P = 25,2$ м/ч

б) транспортная $v_T = 50$ м/ч

Возможность преодоления возникающих сопротивлений определяется максимальным значением окружной силы на ведущих катках (P_{OKP}^{max}), величина которой ограничивается усилием сцепления катка с грунтом:

$$G_{CЦ} = G \cdot \frac{П_B}{П} = 80 \cdot \frac{10}{13} = 61,5m ;$$

$$P_{OKP}^{max} \geq \varphi \cdot G_{CЦ} > \Sigma W$$

где φ – коэффициент сцепления; ΣW – сумма всех сопротивлений, возникающих при рабочем режиме профилировщика,

$$\Sigma W = W_p + W_i + W_n,$$

где W_p – сопротивление перекачиванию профилировщика укатчика; W_i – сопротивление от преодоления уклона; W_n – сопротивление от преодоления сил инерции.

Сопротивление перекачиванию профилировщика W_p обусловливается, главным образом, деформацией грунта и по своему удельному значению является наибольшим:

$$W_p = f \cdot G,$$

где G – масса профилировщика; f – максимальное значение коэффициента сопротивления качению катков профилировщика по рыхлому грунту, $f = 0,15 \dots 0,20$.

С учетом трения в подшипниках максимальное значение коэффициента сопротивления качению катков профилировщика можно принять $f = 0,13$.

$$\text{Тогда } W_p = 0,13 \cdot 80000 = 10400 \text{ кг} = (104000 \text{ н}).$$

Сопротивление преодоления уклона профилировщиком равно

$$W_i = G \cdot i,$$

где i – уклон канала (предельный уклон согласно проектных данных $i = 0,1$),

$$W_i = 8000 \cdot 0,00013 = 10,4 \text{ кг} = 104 \text{ Н}.$$

Сопротивление от преодоления сил энергии W_H при трогании катка с места на рыхлом грунте определяем по формуле

$$W_H = \frac{G \cdot V_{CP}}{g \cdot t},$$

где V_{CP} – средняя рабочая скорость профилировщика м/с, равная 0,24 м/с; g – ускорение силы тяжести, м/с²; t – время разгона, с ($t = 8$ с). Следовательно,

$$W_H = \frac{80000 \cdot 0,24}{9,81 \cdot 8} = 240 \text{ кг} = 2400 \text{ Н}$$

В проводимом расчете сопротивлением воздуха пренебрегаем, так как скорость перемещения профилировщика-укатчика мала

$$\Sigma W = 10400 + 10,4 + 240 = 10650,4 \text{ кг} = 106504 \text{ Н}.$$

Принимая коэффициент сцепления $\phi = 0,6$, что соответствует $f=0,13$, можно определить

$$P_{OKP}^{\max} = G_{CC} \cdot \phi \approx 61,5 \cdot 0,6 = 36,9 \text{ т} = 36900 \text{ кг}.$$

Таким образом $P_{OKP}^{\max} > \Sigma W$. Следовательно, условие движения профилировщика-укатчика выполняется.

Принимаем расчетное окружное усилие

$$P_{OKP} = 11000 \approx 11000 \approx \Sigma W,$$

тогда необходимый крутящий момент на каждом ведущем катке профилировщика

$$M_{KP} = \frac{P_{OKP} \cdot r}{n_B},$$

где r – радиус катка, м ($r = 0,75$ м),

$$M_{KP} = \frac{11000 \cdot 0,75}{10} = 825 \text{ кН}.$$

Необходимая мощность при рабочем режиме профилировщика

$$N_{II} = \frac{\Sigma M_{KP} \cdot n_P^B}{526,6}$$

где ΣM_{KP} – крутящий момент на всех ведущих катках профилировщика; n_P^B – скорость вращения ведущих катков профилировщика, $n_P^B = 0,11$ об/мин. Отсюда

$$M_{II} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,11}{526,6} = \frac{8250 \cdot 0,11}{526,6} = 1,725 \text{ кВт.}$$

В транспортном режиме профилировщик движется с повышенной скоростью $V = 50$ м/ч.

Скорость вращения ведущих катков $n_{PB}^{TP} = 0,193$ об/мин. Необходимая мощность при транспортном режиме профилировщика

$$M_{II} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,193}{526,6} = 3,0 \text{ кВт.}$$

3.10 Техническая характеристика полнопрофильного профилировщика-укатчика ППУ

Рассмотрим полнопрофильный профилировщик-укатчик ППУ-9,6х4, разработанный авторским коллективом НИМИ и управления строительства «Ставропольстрой».

Разработанный профилировщик-укатчик имеет следующую техническую характеристику:

Производительность, м³/ч – 71,2,

Скорость ковшовой цепи м/с – 0,5

Скорость перемещения, м/ч – 25,2

Емкость ковша, л – 20

Количество ковшовых цепей, шт. – 2

Шаг между ковшами, м – 1

Количество ходовых катков, шт. – 13

Диаметр ходовых катков, мм – 1500

Установочная мощность электродвигателей, кВт

Габаритные размеры обрабатываемого канала, м:
 Глубина – 4
 Ширина по дну – 6
 Длина откоса – 9,65
 Заложение откосов – 1:2

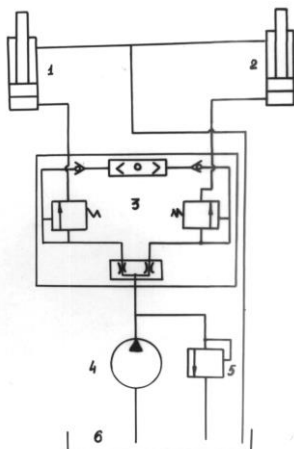


Рис. 3.14. Схема включения гидроуправления с применением делительных клапанов

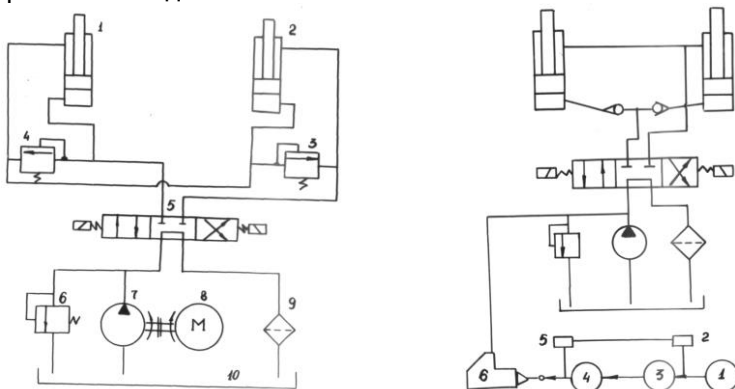


Рис. 3.15. Схема гидропривода с применением золотников с электрогидроуправлением

Рис. 3.16. Схема электрогидравлического управления со световым датчиком

Габаритные размеры ППУ, м

Длина, м

– 12,0

Ширина, м

– 31,5

Высота, м

– 9,0

Сила тяжести машины, т

– 80

Обслуживающий персонал, чел.

– 2

4 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ И ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ УКЛАДКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ НА ОТКОСЫ КАНАЛА

Типовая технология производства работ по строительству бетоноплочной облицовки на каналах глубиной от 3 до 5 м предусматривает применение комплекса машин. Одной из основных операций при строительстве сборной облицовки является укладка железобетонных плит на откосы канала. Современная технология укладки плит предусматривает следующие операции:

- доставка плит на гребень дамб канала транспортными средствами;
- загрузка плитоукладчиков непосредственно с транспортных средств или из штабелей;
- перемещение плит из зоны загрузки в зону укладки;
- укладка плит в заданное место.

Применяемые средства механизации, в основном стреловые краны, имеют ряд существенных недостатков, не позволяющих выполнение всех технологических операций с высоким качеством. Особенно это относится к укладке плит на откосы каналов, покрытых полиэтиленовой пленкой. Исключить повреждение пленки возможно в том случае, когда опорная поверхность укладываемой плиты в момент касания пленки будет параллельна поверхности откоса. Обеспечение параллельности опорной поверхности плиты, поверхности откоса чаще всего достигается применением строп различной длины. Ориентируют плиту на месте укладки, как правило, два рабочих-монтажника.

4.1 Анализ машин и механизмов для укладки железобетонных плит на откосы каналов

Для монтажа железобетонных плит на откосы и дно канала чаще всего применяют стреловые краны с соответствующей грузоподъемностью и вылетом стрелы (рис. 4.1).

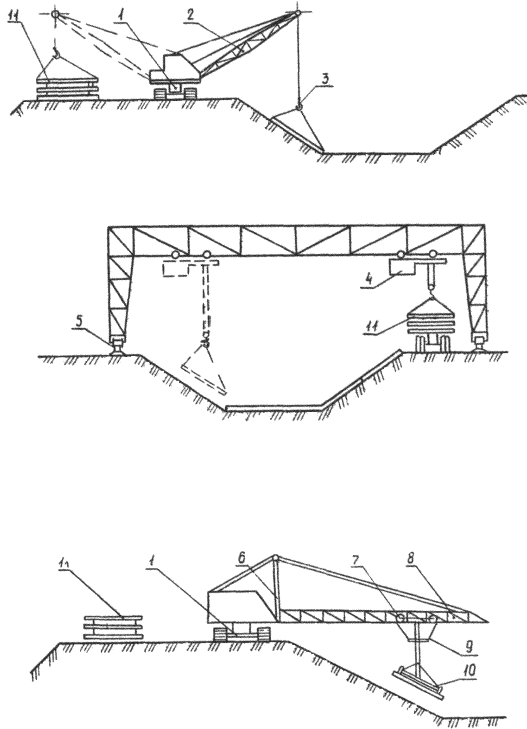


Рис. 4.1. Схемы существующих технических средств для укладки плит:

а – стреловый кран; *б* – козловой кран; *в* – плитоукладчик специализированный; *1* – ходовая часть; *2* – стрела; *3* – крюк; *4* – тельфер; *5* – рельс; *6* – стойка; *7* – грузовая каретка; *8* – специальная стрела; *9* – подвеска; *10* – манипулятор; *11* – плиты

Кран *1* размещается на одной из брем канала с таким расчетом, чтобы его параметры (радиус стрелы, высота подъема крюка и габариты) соответствовали проектным размерам канала. Грузоподъемность обычно выбирается из условия возможности установки плиты на самую дальнюю точку откоса. Забор плит *11*

осуществляется, как правило, из штабелей, предварительно уложенных до начала монтажа вдоль канала.

В практике строительства крупных каналов с большой длиной откосов имели случаи применения козловых кранов. При этом вдоль канала по обеим его сторонам предварительно укладывают рельсы 5 и подводят электроэнергию либо от ближайшей линии электропередач, либо от передвижной электростанции.

На Андижанском заводе ирригационных машин выпускали специальный плитоукладчик Д-668А (МБ-8А). Он базировался на базе гусеничного крана МКГ-25 и имел специальное оборудование, состоящее из стойки 6, стрелы 8 с грузовой кареткой 7, подвески 9, манипулятора 10 и пульта управления, позволяющего улучшить качество укладки плит. Манипулятор 10 позволял устанавливать плиту под заданным углом наклона к горизонту, обеспечивая её параллельность при укладке поверхности откоса.

На крупных строительствах при большом объеме бетонных и монтажных работ применяют двухконсольные порталные краны. Они имеют две неповоротные консоли-стрелы, установленные на портале с общей длиной пролета более 100 м. Передвигается кран по рельсовым путям, уложенным на бетонированной эстакаде. Несущей конструкцией его является портал, ноги которого опираются на четыре ходовые тележки.

Портал состоит из четырех колонн, связанных наверху платформой, а внизу – четырьмя затяжками. К платформе с двух сторон симметрично присоединяются стрелы крана. Стрела крана имеет П-образное сечение. На её нижнем поясе установлены рельсы, по которым с помощью канатной тяги перемещается грузовая тележка с грузозахватным устройством. Кран уравновешивается передвижными противовесами, которые меняют свое положение автоматически в зависимости от положения грузовой тележки.

Проведенный обзор средств механизации по укладке плит показал, что данная операция выполняется в основном с помощью стреловых кранов или экскаватором, оборудованным крановым механизмом. Параллельность плоскости плиты поверхности откоса достигается у них за счет строп различной длины.

Недостатком стреловых кранов является то, что они имеют малую производительность и не обеспечивают целостность пленки. В результате приходится ликвидировать порывы. Дорогостоящее оборудование при этом простаивает, что сказывается на экономических показателях всего комплекса машин.

Производительность козловых кранов выше, чем стреловых, однако они не могут укладывать более чем по одной плите за один цикл. К тому же установка рельсов для движения крана весьма трудоемкая операция, отчего применение козловых кранов на укладке плит малоэффективно.

Двухконсольные краны имеют то преимущество, что благодаря большому размаху консолей можно подавать бетонную смесь или железобетонные плиты без поворота стрелы, что сокращает время на перемещение тележек и позволяет более точно установить железобетонную конструкцию. Однако применение подобных кранов не всегда экономически целесообразно.

Основным недостатком плитоукладчика Д-668А является низкая надежность работы его основного узла – манипулятора. Наличие кругового движения стрелы усложняет точную её установку в заданном положении, что требует дополнительных маневров. К тому же этот плитоукладчик может уложить за цикл работы лишь одну плиту. Все это снижает его производительность и эффективность работы.

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время строительные водохозяйственные организации не располагают специализированными плитоукладчиками, позволяющими выполнять с высоким качеством укладку железобетонных плит на откосы каналов, покрытых полиэтиленовой пленкой.

4.2 Определение допуска на замыкающий элемент размерной цепи сборной облицовки канала

Качество сборной облицовки каналов, её способность в течение длительного периода в процессе эксплуатации препятствовать фильтрации воды из канала, обеспечение точного монтажа согласно проекту и возможности взаимозаменяемости желе-

зобетонных плит при ремонтных работах – полностью зависят от качества изготовления плит, точности их укладки в заданное место и сохранения пленки от повреждения. Неточная сборка плит на откосы канала влечет за собой увеличение затрат на строительство сборной облицовки. Так, в случае, если верхний край уложенных плит выступает за бровку канала, то подсыпают гребень дамбы, если же край плит не доходит до верхней бровки канала, то гребень дамбы срезают до совмещения с краем уложенных плит.

Учитывая, что по длине откоса в поперечном сечении на крупных каналах необходимо укладывать несколько плит, требования к точности их укладки повышаются. Поэтому в монтажной схеме должен быть определен компенсатор ошибок, снижающий вредное влияние погрешностей изготовления сборных элементов и неточностей их укладки. Необходимо стремиться к тому, чтобы компенсатор полностью перекрывал сумму ошибок изготовления облицовки, т.е. допуск на такой размер был больше суммы ошибок. Примером такого компенсатора может служить часть ширины откоса русла канала, на котором ведется монтаж плит. В том случае, если сумма ошибок линейных размеров уложенных плит оказывается больше допустимых размеров компенсатора, то приходится уменьшить или допуск на ширину откоса канала при профилировании или на линейные размеры сборных элементов, или предусмотреть в проекте дополнительную обработку. В любом случае увеличится трудоемкость работ по строительству канала. Для определения допуска на замыкающий элемент размерной цепи при монтаже нескольких плит рассмотрим функцию

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (4.1)$$

где y – номинальный размер замыкающего звена цепи; x_1, x_2, \dots, x_n , – номинальные размеры составляющих звеньев в монтажной схеме.

Составляющие звенья размерной цепи не могут быть выполнены абсолютно точно, поэтому аргумент y получит значения, отклоняющиеся от номинальных. Для того чтобы найти величину отклонений замыкающего звена, в зависимости от величин ошибок исполнения составляющих звеньев, нужно взять полный

дифференциал от функции (4.1) и вместо дифференциалов составляющих звеньев вписать их ошибки:

$$\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \dots, \Delta x_n.$$

Тогда из уравнения (5.1) можно написать

$$\Delta y = \frac{\partial F}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial F}{\partial x_2} \Delta x_2 + \frac{\partial F}{\partial x_3} \Delta x_3 + \dots + \frac{\partial F}{\partial x_n} \Delta x_n. \quad (4.2)$$

Формула (4.2) показывает сумму ошибок составляющих звеньев и позволяет определить допуск на замыкающий элемент. Перед каждым значением ошибки стоит множитель, представляющий собой частную производную функции y . Величина множителей указывает степень влияния данной ошибки на окончательный результат. Очевидно, что чем больше множитель (частная производная) рассматриваемого элемента, тем больше ошибка его. Следовательно, допуск на этот элемент размерной цепи необходимо уменьшить.

Определение суммарной ошибки изготовления комбинированной облицовки с помощью уравнения (4.1) может быть выполнено с помощью использования известного метода «максимум-минимум», т.е. подстановкой вместо ошибок предельных отклонений исследуемых величин.

Возьмем для примера внутренний откос Большого Ставропольского канала, облицованный железобетонными плитами. На рис. 4.2 дана принципиальная схема монтажа железобетонных плит НПК (6,2×2×0,06; 6,2×1,5×0,6; 6,0×1,5×0,06) на откосе русла канала.

После укладки плит, имеющих размеры Π_2, Π_4, Π_6 на откос канала, с выдерживанием необходимых зазоров (Π_1, Π_3, Π_5), размер Π_1 должен равняться 15 см (рис. 4.3).

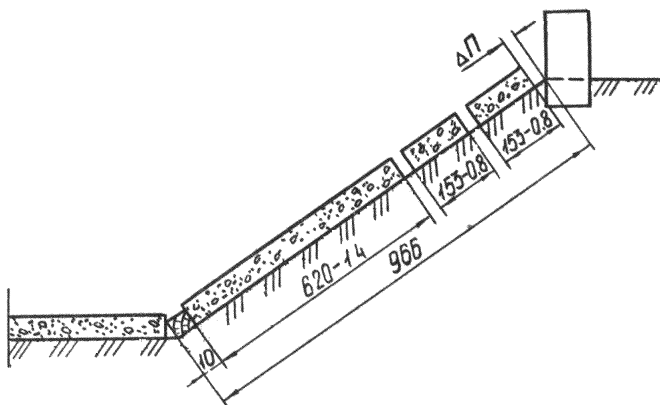


Рис. 4.2. Принципиальная схема монтажа железобетонных плит на внутренних откосах БСК

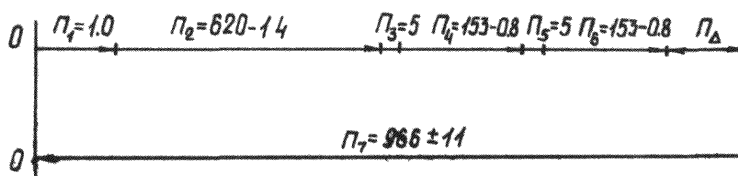


Рис. 4.3. Схема сборочной размерной цепи откоса канала, облицованного железобетонными плитами

Для получения точного размера комбинированной облицовки в поперечном сечении русла канала, соответствующего проектным отметкам, необходимо, чтобы размер $\Pi\Delta$ находился в определенных, установленных расчетом границах. В рассматриваемой схеме монтажа плит размер $\Pi\Delta$ будет замыкающим размером и на его предел изменения в процессе строительства будут влиять семь размеров $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5, \Pi_6$ и Π_7 . Допуск замыкающего звена в плоской размерной цепи с параллельными звеньями

$$\delta \Pi\Delta = \Pi\Delta_{\max} - \Pi\Delta_{\min} . (4.3)$$

Можно записать

$$П\Delta_{\max} = П_7 \max - \sum_1^6 y_{\mathcal{M}} \min, \quad (4.4)$$

где $П_7 \max$ – максимально допустимый размер звена $П_7$, $\sum_1^6 y_{\mathcal{M}} \min$ – $П_2, П_3, П_4, П_5, П_6, П_7$.

Подставив числовые значения в уравнения (4.3) и (4.4), получим:

$$П\Delta_{\min} = (10 + 618,6 + 5 + 152,2 + 5 + 152,2) = 977 - 943 = +34 \text{ см};$$

$$П\Delta_{\min} = П_7 \min - \sum_1^6 y_{\mathcal{M}} \max = 955 - 946 = +9 \text{ см};$$

$$\delta П\Delta = 34 - 9 = 25 \text{ см.}$$

В этом случае верхний край правильно смонтированной облицовки в поперечном сечении не должен выступать за бровку откоса. При определенных значениях допускаемых отклонений сборных элементов возможны два варианта, когда край облицовки не будет достигать до бровки 9 или 34 см.

Учитывая номинальные размеры проектных размеров поперечного сечения канала, допуск $\delta П\Delta$ на размер $П\Delta$ должен быть несимметричным

$$П\Delta = 15 \begin{matrix} +15 \\ -6 \end{matrix} \text{ см.}$$

4.3 Влияние положения плиты при укладке на целостность пленки

Для укладки железобетонных плит на откосы каналов применяют, как правило, стреловые краны со стропами различной длины (рис. 4.4). Перед укладкой плита 1 находится в равновесии под действием силы тяжести G и опускается при разматывании грузового троса 2. Предположим, что опорная поверхность плиты

строго параллельна поверхности откоса. Тогда плита коснется поверхности откоса сразу всей своей плоскостью (рис. 4.5).

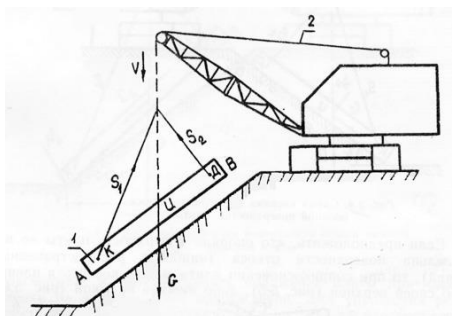


Рис. 4.4. Схема опускания железобетонных плит на откос канала

В этом случае она будет стремиться сдвинуться вниз под действием силы

$$G_A = G \cdot \cos \lambda ,$$

где G – сила тяжести железобетонной плиты; λ – угол наклона откоса канала.

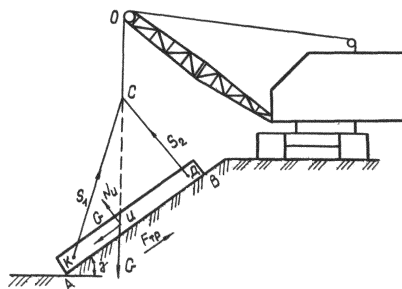


Рис. 4.5. Схема касания поверхности откоса опорной поверхностью железобетонной плиты

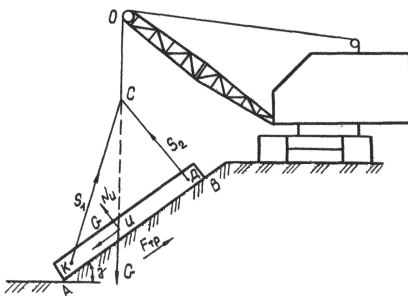
Препятствовать её движению будет сила трения

$$F_{тр} = N_n f ,$$

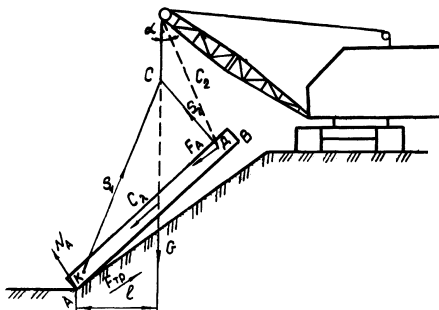
где N_n – нормальная реакция от массы плиты; f – коэффициент трения между материалом плиты и полиэтиленовой пленкой. Условие, при котором плита не будет сползать вниз, можно записать в виде неравенства

$$N_n f > G \cos \lambda$$

Если предположить, что опорная поверхность плиты не параллельна поверхности откоса (наиболее распространенный случай), то при соприкосновении плита может коснуться пленки своей верхней (рис. 4.6, а), либо нижней кромкой (рис. 4.6, б).



а)



б)

Рис. 4.6. Схема касания поверхности откоса:
 а – верхней кромкой плиты; б – нижней кромкой плиты

Рассмотрим, как будет влиять положение плиты при касании пленки на её возможное повреждение. Для упрощения решим плоскостную задачу, допуская, что в продольной плоскости плита параллельна оси канала.

При схеме, когда плита касается откоса верхней кромкой, в точке B возникнет реакция N_e . По мере опускания плиты сила S_2 будет стремиться к нулю, а сила S_1 увеличиваться пропорционально моменту

$$M = G \cdot \ell_1,$$

где ℓ_1 – проекция на горизонтальную ось расстояния от точки B до точки приложения силы тяжести плиты.

Ослабление натяжения строп CD и увеличение натяжения строп KC заставит переместиться точку C в точку C_1 . В результате этого возникнет сила F_k , приложенная в точке K , которая будет препятствовать сползанию плиты вниз по откосу (под действием силы G_λ). Вместе с F_k будет препятствовать сползанию плиты на дно канала и сила трения

$$F_{mp} = N_e \cdot f.$$

При дальнейшем разматывании троса плитодреноукладчика плита будет опускаться на поверхность откоса, вращаясь вокруг точки B . От момента касания верхней кромкой до момента полного опускания на откос канала плита будет находиться под действием сил

$$G_\lambda = F_k + F_{mp}.$$

Если же плита коснется поверхности откоса нижней кромкой, то в этом случае в точке A возникнет реакция N_U , увеличивающаяся от нулевого значения до максимального (см. рис. 4.5). По мере увеличения N_A сила натяжения строп S_1 будет стремиться к

нулю, а сила натяжения строп S_2 – увеличиваться пропорционально моменту

$$M = G \cdot \ell,$$

где ℓ – проекция на горизонтальную ось расстояния от точки A до точки центра тяжести плиты.

Ослабление натяжения строп $KС$ и увеличение натяжения строп $СВ$ заставит переместиться точку C в точку C_2 . В результате возникнет сила F_D , приложенная в точке D , которая будет содей-

ствовать сползанию плиты вниз по откосу, как и сила G_λ . Препятствовать сползанию плиты на дно канала будут лишь силы трения

$$F_{mp} = N_A \cdot f$$

Проведенный анализ схем укладки железобетонных плит на поверхность откосов при строительстве комбинированной облицовки показывает:

- лучшие условия соприкосновения и полного опирания железобетонной плиты на откос канала создается в том случае, когда плита касается поверхности откоса верхней кромкой. В этом случае появляющаяся сила F_κ помогает силам трения F_{mp} препятствовать сползанию плиты вниз по откосу;
- худшие условия возникают, когда плита касается поверхности откоса нижней кромкой. В этом случае появляющаяся сила помогает силе G_λ сдвигать плиту вниз по откосу.

4.4 Изыскание перспективной схемы плитоукладчика для облицовки магистральных каналов

Для выбора наиболее перспективной схемы плитоукладчика можно воспользоваться одним из эвристических методов поиска новых технических решений – методом морфологического

ящика. Суть метода, предложенного еще в 1942 г. швейцарским астрономом Ф. Цвикки, состоит в систематическом исследовании всех мыслимых вариантов, которые вытекают из закономерности строения совершенствуемого или создаваемого объекта, т.е. его морфологии. Синтезируются при этом и все известные варианты и новые еще неизвестные, среди которых могут быть совершенно необычные, которые могли быть упущены при простом переборе вариантов. Одна из модификаций указанного метода предусматривает четыре этапа решения задачи.

Первый этап – формулировка основного требования к объекту, подлежащему рассмотрению.

Второй этап – выделение из этого объекта наиболее важных функциональных узлов и точная формулировка предъявляемых к каждому из них требований.

Третий этап – рассмотрение выделенных узлов независимо друг от друга и генерирование для каждого из них различных технически реализуемых вариантов решений.

Четвертый этап – составление таблицы (морфологического ящика), содержащей определенное множество возможных технических решений и выбор среди них наилучшего.

Основное требование к плитоукладчику для магистральных каналов (первый этап) следующее: плитоукладчик должен быть высокопроизводительным и обеспечивать точную укладку плит на откосы канала без повреждения предварительно уложенной полиэтиленовой пленки.

Основные функциональные узлы (второй этап):

- 1) ходовая тележка;
- 2) привод тележки;
- 3) стрела и способы ее поворота;
- 4) грузовая каретка;
- 5) устройство для опускания плит на откосы.

Очень важный третий этап — правильно отобрать различные варианты технических решений для каждого из выделенных функциональных узлов плитоукладчика. Для выполнения этого этапа необходимо по каждому из узлов провести патентные исследования соответствующим классам МКИ СССР, а также высококоразвитых капиталистических стран (табл. 4.1).



Если теперь в каждой строке матрицы зафиксировать один из вариантов (элементов), то набор из них и будет представлять одно из технических решений нашего объекта (четвертый этап).

Например, один из вариантов: самоходная ходовая тележка устанавливается на одной из берм канала. На ней монтируется стрела с установленными вдоль нее направляющими. Стрела поворотная относительно вертикальной и горизонтальной осей. Имеется грузовая каретка, подвижная вдоль направляющих с приводом от канатной тяги. Механизм укладки плит включает траверсу, механизм подъема барабанного типа и стропы, регулируемые по длине.

Таблица 4.1
Морфологическая матрица плитоукладчика

Ходовая тележка и ее расположение	Привод тележки	Стрела и способы ее поворота	Грузовая каретка и ее привод	Устройство для комплектования плит	Устройство для опускания плит на откосы
Установка на одной из берм	Самходная	Поворотная относительно горизонтальной оси	С приводом от канатной тяги	Комплектование в отдельный шаблон с последующей укладкой всего комплекта	Механизм подъема барабанного типа с регулируемыми стропами
Установка на дно канала	Прицепная	Поворотная относительно вертикальной оси	С автономным приводом	Комплектование на самой тележке	Перемещение по направляющим, установленным вдоль плоскости откоса с последующим опусканием на поверхность
Установка на двух бермах		Поворотная относительно двух взаимно перпендикулярных осей	Движущаяся за счет наклона стрелы (самодвижущаяся)	Укладка по одной плите	Опускание по дуге вокруг шарнира, установленного на берме
Установка на двух бермах с опорой на дне		Неповоротная			Механизм подъема с изменяемым углом наклона траверсы
Тележка портального вида		Одноконсольная			
Низкоклиренсная тележка		Двухконсольная			

Нетрудно догадаться, что описана схема плитоукладчика Д-668А. Это только одно решение, а общее их число равно произведению чисел вариантов в каждом столбце.

Заключительная стадия четвертого этапа состоит в выборе наиболее оптимального решения. Эта часть является наиболее уязвимым местом метода морфологического ящика, ибо пока не существует универсального метода оценки эффективности применения того или иного варианта.

Критериями при анализе того или иного варианта могут служить следующие показатели:

- максимальное количество одновременно укладываемых плит;
- параллельность плоскости укладываемых плит поверхности откоса;
- простота конструкции и удобство в эксплуатации;
- минимальное число механизмов;
- минимальный путь от захвата до укладки плиты.

При анализе работы плитоукладчика Д-668А по принятым критериям выявлены следующие недостатки:

- он может укладывать одновременно лишь одну плиту, что для магистральных каналов явно недостаточно;
- при захвате плит непосредственно с транспортных средств (монтаж с колес) – последнее вынуждено простаивать до полной укладки всего комплекта плит.

Далее был проведен вертикальный анализ вариантов, т.е. анализировались варианты каждого из функциональных узлов (см. табл. 4.1).

Установлено, что наиболее приемлема низкоклиренсная тележка, опорные катки которой находятся на одной берме. Расположение ходовой тележки на двух бермах или на двух бермах с опорой на дне ведет к усложнению конструкции и фактически приводит к схеме козлового крана.

Прицепной вариант агрегатирования ходовой тележки более эффективен, ибо позволяет трактору-тягачу легко переключаться при необходимости на другие виды работ.

Точность укладки плит требует снижения степеней свободы для плиты. Наиболее рационально стрелу выполнить поворотной относительно горизонтальной оси, параллельной бровке откоса. С точки зрения минимального пути движения плиты стрелу



целесообразно выполнить двухконсольной, при этом одна консоль является захватывающей, другая укладываемой.

Привод грузовой каретки для более надежной работы необходимо выполнить от канатной тяги.

Установлено, что наиболее рационально комплектовать плиты на грузовой каретке.

Параллельность плоскости укладываемых плит поверхности откоса достигается при опускании их по дуге, относительно шарнира, установленного в определенном месте бермы.

5 РАСЧЕТ ГОДОВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ МАШИН

Годовой режим разрабатывается применительно к конкретным условиям эксплуатации в организациях, использующих мелиоративные и строительные машины. Он определяется на среднесписочную машину по каждой группе или каждому виду машин в часах рабочего времени. Расчет годового режима работы машин заключается в подсчете количества часов работы машины в году и количества часов перерывов в работе по различным причинам. При определении годового режима учитывают праздничные и выходные дни; время, затрачиваемое на перебазирование машин, перерывы в работе, связанные с неблагоприятными метеорологическими условиями, непредвиденные перерывы, а также время нахождения машин на техническом обслуживании и ремонте.

Годовой режим работы машин, т.е. количество часов работы машины в году рассчитывают по формуле

$$T_{\Gamma} = D_p \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{в}}, \quad (5.1)$$

где D_p – количество дней работы машины в году; $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $K_{\text{см}}$ – коэффициент сменности, ч.

Количество рабочих дней машины в году устанавливают из уравнения:

$$D_p = D_k - (D_{\text{пв}} + D_o + D'_m + D_{\text{пб}} + D_r), \quad (5.2)$$

где D_k – количество календарных дней за расчетный период; $D_{\text{пв}}$ – количество праздничных и выходных дней; D_o – перерывы в работе по организационным и непредвиденным причинам, дни; D'_m – перерывы в работе, связанные с неблагоприятными метеорологическими условиями, дни; $D_{\text{пб}}$ – время, затрачиваемое на перебазирование машин за расчетный период, дни; D_r – время пребывания машин в техническом обслуживании и ремонте, дни;

Количество праздничных и выходных дней принимается по календарю или на основании скользящих графиков, принятых данной организацией.

Перерывы в работе машин, связанные с неблагоприятными метеорологическими условиями, определяют на основании данных районных управлений Гидрометеослужбы.

Продолжительность перерывов в работе машин по каждому метеорологическому фактору с учетом совмещения его с выходными и праздничными днями рассчитывают по формуле

$$D_M = D'_M (1 - D_{ПВ} / D_K), \quad (5.3)$$

где D'_M – число дней с неблагоприятными метеорологическими условиями, по данным районных управлений Гидрометеослужбы. Продолжительность перерывов в работе машин по организационным и непредвиденным причинам не должна превышать 3% календарного времени за вычетом праздничных и выходных дней, т.е.

$$D_0 = 0,03(D_K - D_{ПВ}).$$

Время пребывания машин в техническом обслуживании и ремонте определяют по формуле

$$D_P = \frac{[D_K - (D_{ПВ} + D_M + D_0 + D_{ПБ})] \cdot T_{CM} \cdot K_{CM} \cdot P_K}{1 + T_{CM} \cdot K_{CM} \cdot P_K}, \quad (5.4)$$

где P_K – ремонтный коэффициент.

Ремонтный коэффициент представляет собой число дней, приходящихся на техническое обслуживание и ремонт на 1 час работы машины.

Величину ремонтного коэффициента определяют путем деления времени, затрачиваемого на выполнение всех видов технического обслуживания и ремонта, на ресурс машины до капитального ремонта, т.е.

$$P_K = \frac{T_K + T_T \cdot N_T + T_{ТО2} \cdot N_{ТО2} + T_{ТО1} \cdot N_{ТО1} + T_{СО} \cdot N_{СО}}{M_K}, \quad (5.5)$$

где T_K , T_T , $T_{ТО2}$, $T_{ТО1}$, $T_{СО}$ – среднее нормативное время пребывания машин соответственно в капитальном и текущем ремонтах, периодических $ТО2$, $ТО1$ и сезонных технических обслуживаний (СТО), дней; N_T , $N_{ТО2}$, $N_{ТО1}$, $N_{СО}$ – соответственно число текущих ремонтов, плановых $ТО3$, $ТО2$, $ТО1$ и $СО$ за межремонтный цикл; M_K – периодичность проведения капитального ремонта, мото-ч.

При расчете годового режима работы группы машин, состоящей из разных марок, рассчитывают средневзвешенное значение ремонтного коэффициента P_K по формуле

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{к1}} \cdot A + P_{\text{к2}} \cdot B + \dots + P_{\text{кn}} \cdot N}{A + B + \dots + N}, \quad (5.6)$$

где $P_{\text{к1}}, P_{\text{к2}}, P_{\text{кn}}$ – значения ремонтных коэффициентов по отдельным маркам машин, входящих в группу; A, B, \dots, N – число машин отдельных марок.

Время, затрачиваемое на перебазирование машин, определяют на основании данных о количестве и территориальном размещении строящихся мелиоративных объектов, продолжительности их строительства, а также данных о фактическом количестве и продолжительности перебазировок машин за предшествующий отчетный период.

Затраты времени на перебазировку при выполнении курсового проекта рассчитываются по каждой группе машин отдельно, зная число перебазировок и время перебазирования одной машины на основании задания по формуле

$$D_{\text{пб}} = \frac{T_{\text{пб}} \cdot N_{\text{пб}}}{K_{\text{сmt}} \cdot T_{\text{сmt}}}, \quad (5.7)$$

где $T_{\text{пб}}$ – время на одну перебазировку; $N_{\text{пб}}$ – среднее время перебазировки одной машины за год; $K_{\text{сmt}}$ – коэффициент сменности бригады такелажников; $T_{\text{сmt}}$ – продолжительность смены бригады такелажников, ч.

По кварталам время на перебазировку распределяется обычно поровну, для чего результат, рассчитанный по формуле (5.7), делят на 4.

6 ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту машин сводится к составлению годового плана и месячных планов-графиков на техническое обслуживание и ремонт машин. Знание объема работ технического обслуживания и ремонта необходимо для определения потребности в рабочих, передвижных мастерских, топливомаслозаправщиках и оборудовании для мастерских технического обслуживания машин в строительных организациях. Все это устанавливается годовым планом технического обслуживания и ремонта машин, который составляется перед началом года в каждой организации, эксплуатирующей машины.

Основная нагрузка по планированию работ по техническому обслуживанию и ремонту ложится на службу технической эксплуатации производственной организации. Она следит за соблюдением планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта, также за своевременным материально-техническим обеспечением производственной базы. Структурная схема эксплуатации производственной организации на примере водного хозяйства дана на рис. 6.1.

Разработка годового плана начинается с уточнения количественного состава парка машин.

Данные о количестве отработанных машинами часов после соответствующего ремонта и технического обслуживания определяются как разность между наработкой машины к началу планируемого года (с начала эксплуатации или после капитального ремонта) и ее наработкой на день проведения последнего технического обслуживания или ремонта в году, предшествующем планируемому.



Рис. 6.1. Схема службы эксплуатации производственной организации водного хозяйства

Наработка машин к началу планируемого года и на день проведения последнего технического обслуживания или ремонта устанавливается по записям в формулярах (паспортах) или по журналам учета технических обслуживаний и ремонтов.

В курсовом проекте наработка машин на начало года берется из задания, а если проект выполняется по конкретной организации – то из данных этой организации.

Планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту (ТО и Р) машин в первичных организациях сводится к определению числа ТО и Р машин за год, а также составлению годового плана и месячных планов-графиков ТО и Р.

6.1. Определение числа ТО и Р машин

Существует аналитический и графический методы определения количества ТО и Р, причем более точный – аналитический, а более наглядный – графический. Студент должен владеть и тем и другим методами.

Аналитический расчет числа ТО и Р ведется по формуле

$$K_{\text{ТОиР}} = \frac{N_{\text{ф}} + N_{\text{шп}}}{\Pi} - N_{\text{п}}, \quad (6.1)$$

где $N_{\text{ф}}$ – фактическая наработка машины на начало планируемого года (квартала) со времени проведения последнего, аналогичного расчетному, вида ТО и Р или с начала эксплуатации, мото-ч.; $N_{\text{п}}$ – планируемая наработка машины на расчетный год, мото-ч.; Π – периодичность проведения соответствующего вида ТО или Р, по которому ведется расчет, мото-ч.; M_n – число всех видов ТО и Р с периодичностью, больше периодичности того вида ТО, по которому ведут расчет. При расчете капитальных ремонтов $M_n = 0$.

Графический метод определения числа технических обслуживаний и ремонтов заключается в следующем.

На формате А4 (лучше на миллиметровой бумаге) по оси ординат располагают в соответствующем масштабе планируемую наработку на год. Точкой отсчета служит число мото-часов, отработанных машиной с начала эксплуатации. По оси ординат откладывают месяцы года (кварталы). С первой части графика наносится периодичность межремонтного цикла также в соответству-

ощем масштабе. Зная периодичность выполнения ТО и Р согласно структуре межремонтного цикла, проводят прямые линии до пересечения с линией наработки и опускают перпендикуляр до пересечения соответствующих линий ТО-1, ТО-2, ТО-3, Т, К. Таким образом можно определить общее число ТО и Р, которые необходимо выполнять в течение года и по кварталам для данной машины.

6.2. Выбор организационной формы

Своевременность и качество выполнения работ по ТО, затраты труда, материальных и денежных средств на него, продолжительность простоя машин при обслуживании в значительной мере зависят от правильной организации ТО машин. При рациональной организации эти затраты минимальны, надежность машин повышается, что позволяет повысить их выработку и снизить затраты на ремонт.

Чтобы рационально организовать ТО, необходимо:

- правильно указать место проведения ТО;
- выбрать наиболее целесообразную организационную форму выполнения технического обслуживания;
- подобрать исполнителей, квалификация которых соответствовала бы выполняемой работе;
- подобрать средства механизации, обеспечивающие наиболее высокую производительность труда;
- определить последовательность выполнения работ для каждого исполнителя при ТО разных типов машин.

Основные составляющие организации ТО представлены на рис. 6.2.

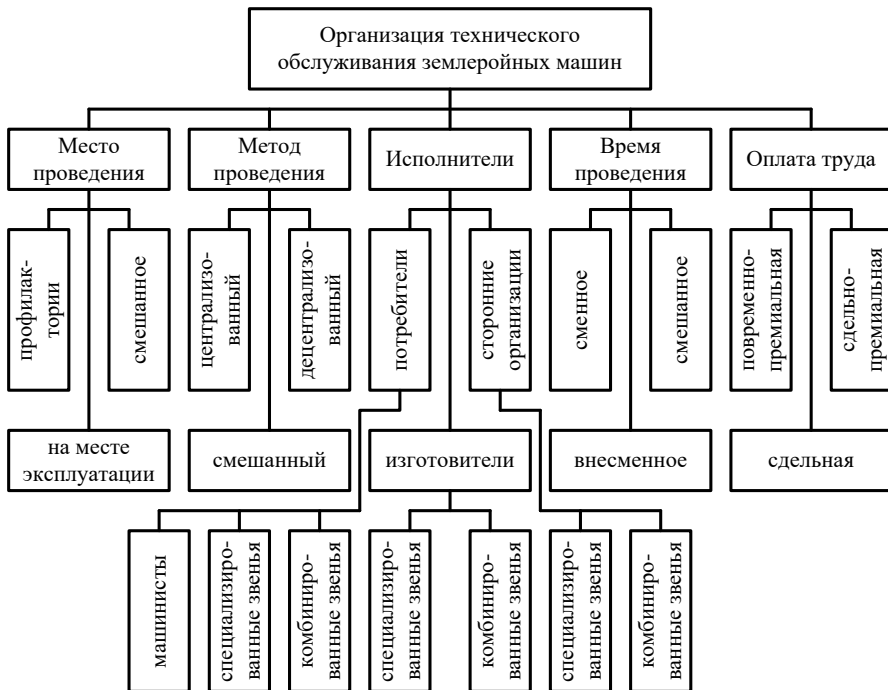


Рис. 6.2. Структурная схема организации технического обслуживания машин

Из мест проведения ТО можно выделить следующие:

- в профилакториях (специально отведенных местах при стационарных мастерских);
- на месте использования машин передвижными средствами;
- часть машин обслуживают в профилакториях, а другую часть машин – на месте их использования (смешанный метод).

Наиболее распространен у нас в стране смешанный метод ТО, так как он учитывает особенности расположения производственных участков первичной организации.

Ежесменное ТО машин, возвращающихся в конце рабочего дня на эксплуатационную базу, выполняют на базе. Машины, которые в конце рабочего дня не возвращаются на базу, обслужи-

вают на месте их работы или в местах их хранения в межсменное время на строительных объектах.

ТО-3 и ТО-2 экскаваторов на гусеничном ходу, удаленных от профилактория на расстояние до 2 км, машин на базе гусеничных тракторов, удаленных от профилактория до 5 км, и машин на пневмоходу, удаленных от профилактория до 10 км, целесообразно выполнять в профилактории. Там же следует проводить ТО-3 всех машин, так как этот вид обслуживания требует их частичной разборки и использования стационарного оборудования для проверки генераторов, стартеров, топливных насосов и др.

Если машины удалены от эксплуатационных баз на большие расстояния, чем указано выше, то ТО-1 и ТО-2 проводят на месте работы машин передвижными средствами или строят на участках стационарные пункты технического обслуживания (ПТО) с мастерскими, где и проводят все виды технического обслуживания. Предельный радиус $S_{пр}$, при котором целесообразно обслуживать машины передвижными средствами, определяют по формуле:

$$S_{пр} = \frac{V_{ср}}{4} (t_{см} - t_{п})$$

где $t_{см}$ – продолжительность рабочей смены передвижных средств, ч; $t_{п}$ – продолжительность подготовки передвижных средств к работе, ч; $V_{ср}$ – средняя скорость передвижения передвижных средств, км/ч.

К передвижным средствам относятся агрегаты технического обслуживания (АТО) и передвижные мастерские, характеристики которых представлены в приложениях.

Все виды технического обслуживания, как в профилактории, так и на месте их использования, можно проводить по одной из следующих организационных схем:

- силами и средствами центральных пунктов технического обслуживания (ЦПТО) или по централизованной схеме;
- силами и средствами самих первичных организаций или по децентрализованной схеме;
- совместными силами и средствами первичной организации и ЦПТО или по смешанной схеме.

Наиболее прогрессивной является централизованная схема. Она заключается в том, что все технологические операции технического обслуживания выполняются бригадами рабочих высокой

квалификации под руководством инженерно-технического персонала. Машинисты машин при такой форме обслуживания полностью освобождены от этих работ. Особенностью этой формы обслуживания является специализация отдельных операций, что позволяет решать следующие задачи:

- увеличить объем механизированных работ применительно к операциям технического обслуживания;
- сократить время простоев машин в ТО и тем самым повысить их годовую загрузку;
- улучшить качество обслуживания благодаря высокой квалификации рабочих.

Первая организационная схема предусматривает создание специализированных линейных звеньев в первичных организациях. В задачу организации входят комплектование звеньев, определение их количества, структуры и разработка планов графиков их работы. Каждому звену придается агрегат технического обслуживания (АТО). В период проведения ТО к работе звена, как правило, привлекается машинист обслуживаемой машины. Руководит звеном мастер-наладчик, наиболее подготовленный и квалифицированный из членов звена.

Он отвечает за качество и своевременное проведение ТО, ведет учетную документацию, отчитывается перед главным механиком и бухгалтерией организации, строго соблюдать правила техники безопасности при проведении ТО.

При организации централизованного обслуживания по второй схеме создаются ЦПТО, которые обслуживают машины нескольких первичных организаций. Территориально их целесообразно располагать в зонах наибольшего скопления техники при одной из организаций производственных объединений. Обычно при реализации централизованной схемы обслуживается одновременно несколько машин. В связи с этим определенное значение приобретает правильность расстановки машин, входящих в технологический комплект. В этом случае основное внимание следует уделять маломобильным машинам, которые должны оставаться на месте. Вокруг них должны концентрироваться другие машины. Наиболее целесообразным является круговая и линейная схемы размещения машин при их обслуживании передвижными средствами.

Объем работ ЦПТО набирает для себя за счет заключения договоров с организациями зоны обслуживания на проведение ТО. Основой для этого служат заявки организаций, в которых указывают поквартально и даже ежемесячно число и виды ТО по маркам машин.

Третья организационная форма предусматривает проведение ТО как собственными силами организации, так и с привлечением специализированных звеньев из ЦПТО (рис. 6.3). При этом с ЦПТО заключаются договора на проведение ТО наиболее сложных машин таких, как тракторы Т-150К, К-701 и др. Такая форма наиболее широко применяется в организациях с широким диапазоном марок машин.

Применяются и другие формы организации ТО, которые сочетают в той или иной мере указанные выше схемы.

Работу специализированных линейных звеньев $N_{п.з}$ желательно планировать по кварталам, так как объем работ в течение года изменяется. Необходимое число передвижных звеньев рассчитывают по формуле

$$N_{п.з} = \frac{T_{кв}}{(P_1 \cdot \sigma + P_2) \cdot \Phi_{д.р} \cdot C_{п.з}},$$

где $T_{кв}$ – трудоемкость работ по техническому обслуживанию машин за квартал, чел.-ч.; P_1 – число постоянных рабочих линейного звена; σ – коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое постоянными рабочими звена на вспомогательные работы (перезды, подготовку к работе, оформление документов, пополнение запасов топливосмазочных материалов в емкостях агрегата и т.д.), $\sigma=0,5...0,7$; $C_{п.з}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность постановки машин на ТО и выполнение работ, не предусмотренных техническим обслуживанием, $C_{п.з} = 0,7...0,85$; P_2 – число машинистов, участвующих в работе звена; $\Phi_{д.р}$ – квартальный действительный фонд времени рабочего, ч.

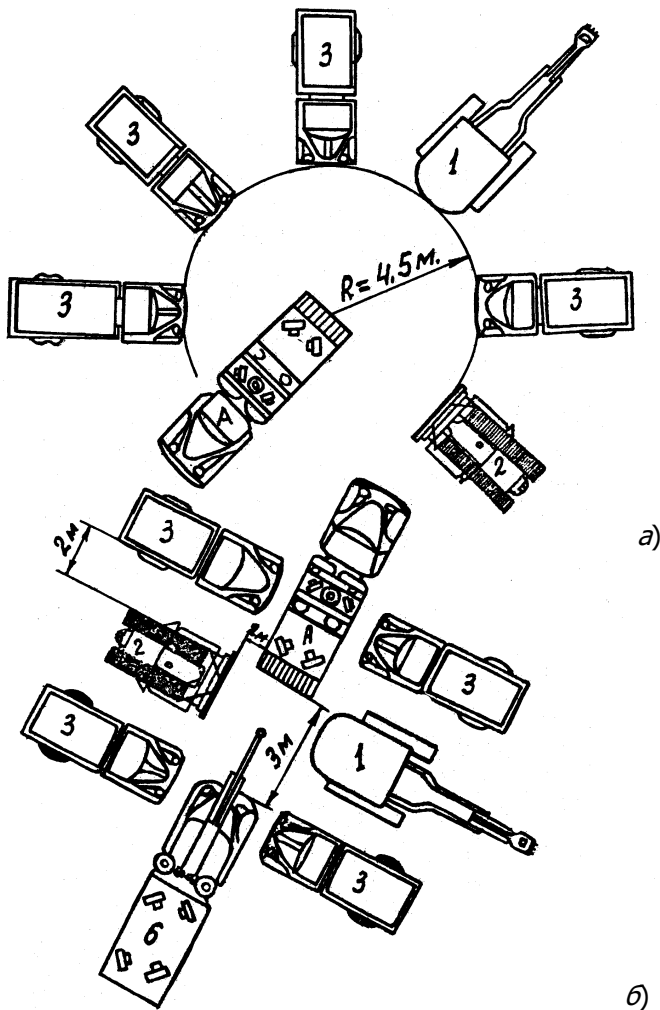


Рис. 6.3. Схемы расстановки машин при проведении централизованного технического обслуживания:
 а – круговая; б – линейная;
 1 – экскаватор; 2 – бульдозер; 3 – автомобиль

Действительный квартальный фонд рабочего времени можно определить по формуле

$$\Phi_{н.р} = [d_k - (d_n + d_в)] \cdot t_{см} K_p,$$

где d_k – число календарных дней; d_n – число праздничных дней; $d_в$ – число выходных дней; $t_{см}$ – продолжительность смены; K_p – коэффициент, учитывающий вынужденные потери времени по болезни и другим уважительным причинам $K_p = 0,95 \dots 0,98$.

Трудоёмкость работ по ТО за квартал

$$T_{кв} = \sum_{i=1}^n \tau_{ТОi} \cdot t_{квi} \cdot N_i, \text{ чел.-ч.},$$

где $\tau_{ТОi}$ – удельная трудоёмкость ТО i -й машины, чел.-ч., n – число марок машин; $t_{квi}$ – плановое число работы i -й машины за квартал, мото-ч.; N_i – число машин i -й марки.

Удельная трудоёмкость технического обслуживания $\tau_{ТО}$ представляет трудозатраты технического обслуживания, приходящиеся на 1 ч работы машины. Её определяют по формуле

$$\tau_{ТО} = \frac{t_{ТО-3} \cdot n_{ТО-3} + t_{ТО-2} \cdot n_{ТО-2} + t_{ТО-1} \cdot n_{ТО-1} + t_{СО} \cdot n_{СО}}{\Pi_k},$$

где $t_{ТО-3}, t_{ТО-2}, t_{ТО-1}, t_{СО}$ – соответственно трудоёмкости периодических ТОЗ, ТО-2, ТО-1 и СО машин, обслуживаемых АТО, ч;

$n_{ТО-3}, n_{ТО-2}, n_{ТО-1}, n_{СО}$ – соответственно число периодических и сезонных ТО в одном ремонтном цикле; Π_k – периодичность проведения капитального ремонта, мото-ч.

7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ МАШИН

Для определения годовой трудоемкости, а также и квартальных трудоемкостей необходимо знать количество ТО и Р по каждой машине как в целом за год, так и по кварталам; трудоемкость выполнения каждого вида ТО и ремонта по каждой марке машин и сроки проведения сезонного обслуживания по каждой машине.

В общем виде трудоемкость работ по ТО и Р всего парка машин находится по формуле

$$T_{\text{ТОР}} = \sum K_{M_i} (N_K T_K + N_T T_T + N_{\text{ТО-1}} T_{\text{ТО-1}} + N_{\text{ТО-2}} T_{\text{ТО-2}} + N_{\text{СО}} T_{\text{СО}}), \text{ чел.-ч.} \quad (7.1)$$

где K_{M_i} – количество машин i -й марки в организации; M_K – количество капитальных ремонтов для i -й машины на расчетный период (год или квартал); M_T – количество текущих ремонтов; $M_{\text{ТО-1}}$ – количество ТО1; $M_{\text{ТО-2}}$ – количество ТО2; $N_{\text{СО}}$ – количество СО; T_K – трудоемкость одного капитального ремонта для i -той марки машины, чел.-ч.; T_T – трудоемкость одного текущего ремонта, чел.-ч.; $T_{\text{ТО-1}}$ – трудоемкость одного ТО1, чел.-ч.; $T_{\text{ТО-2}}$ – трудоемкость одного ТО2, чел.-ч.; $T_{\text{СО}}$ – трудоемкость одного СО, чел.-ч.

Количество капитальных ремонтов в формуле (7.1) используется лишь тогда, когда в организации планируется проводить капитальные ремонты некоторых машин.

Расчет трудоемкости рекомендуется вести в табличной форме. Наименование колонок представлены в табл. 7.1, при этом:

- данные колонки 2 (количество машин) берутся из задания или реального количества машин в организации;
- данные колонок 4–5–6–7–8 рассчитываются по одному из приведенных ранее методов;
- данные колонки 9 (трудоемкость ТО или Р на одну машину) берутся из нормативных источников.



Таблица 7.1

Расчет годовой трудоемкости работ по То и Р машин

Марка машин	Кол-во машин	Вид ТО и Р	Количество ТО и Р на 1 машину					Труд. работ 1 маш.	Трудоемкость работ, чел.-ч.				
			за год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.		за год	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.
ЭО-3322	5	ТО1	26	7	6	7	6	3	390	105	90	105	90
		ТО2	6	2	1	2	1	9	270	90	45	90	45
		СО	2	1	-	-	1	29	290	145	-	-	145
		Т	2	1	-	1	-	500	5000	2500	-	2500	-
ЭО-2622	5	ТО1	25	6	6	7	6	3	375	90	90	90	1
		ТО2	6	1	2	1	2	7	210	35	70	35	70
		СО	2	1	-	-	1	25	250	125	-	-	125
		Т	2	1	-	1	-	450	4500	2250	-	2250	-
Т-130	5	ТО1	25	6	6	7	6	4	500	120	120	140	120
		ТО2	6	1	2	1	2	14	420	70	140	70	140
		СО	2	1	-	-	1	40	400	200	-	-	200
		Т	2	-	1	-	1	440	4400	-	2200	-	2200
ДТ-75	3	ТО1	25	6	6	6	7	3	225	54	54	54	63
		ТО2	6	2	1	2	1	9	162	54	27	54	27
		СО	2	1	2	-	1	30	180	90	-	-	90
		Т	2	-	1	-	1	360	2160	-	1080	-	1080

$\Sigma T = 65970 \ 19380 \ 14240 \ 18900 \ 13450$

ИТОГО: $\Sigma TO1 + TO2 + CO = 16840 \ 4380 \ 3360 \ 4200 \ 4900$

$T_{\text{общ}} = \Sigma T + TO1 + TO2 + CO = 82810$

Далее по формуле (7.1) находят численные значения трудоемкости соответственно за год и по кварталам, которые заносят в соответствующие колонки: 10–11–12–13–14.

Проделав аналогичные расчеты по всем машинам, подводят итоги, причем, отдельно определяют сумму всех трудоемкостей по текущему ремонту ΣT – 1-я строка; сумму $\Sigma((TO-1) + (TO-2) + CO)$ – 2-я строка; общую сумму $T_{\text{общ}} = \Sigma(T + (TO-1) + (TO-2) + CO)$ – 3-я строка.

Итоговые цифры используются в дальнейших расчетах (расчет передвижных средств TO и P , параметров мастерской и др.).

После расчета трудоемкости приступают к построению графика за грузки мастерской.

Таким образом трудоемкость РММ можно представить следующим выражением:

$$T_{\text{РММ}} = T_{\text{к}} + T_{\text{т}} + T_{\text{а}} + T_{\text{СО}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{дв.}} \quad (7.2)$$

Непосредственно построение графиков загрузки происходит следующим образом. Вначале строится расчетный (нескорректированный) график загрузки, а затем, с целью равномерной загрузки производственных рабочих в течение всего года, график корректируют. Корректировка производства выполняется в два этапа. На первом этапе можно перебросить часть трудоемкости из более загруженного в менее загруженный квартал (до 10% трудоемкости).

На практике это значит, что возможно смещение постановки машины на тот или иной вид TO или P на 1–2 дня в ту или иную сторону.

Второй этап корректировки заключается в том, что за счет дополнительных видов работ достигается сглаживание графика в целом за год. В итоге разница между трудоемкостью более загруженного и менее загруженного квартала не должна превышать 10%.

8 РАСЧЕТ ПЕРЕДВИЖНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН

В зависимости от места применения средств ТО и Р их делят на стационарные и передвижные. Стационарные средства размещают на постах заправки машин и в профилакториях (пунктах технического обслуживания). Пост заправки входит в состав нефтесклада эксплуатационной базы, а пункт технического обслуживания размещается в мастерской или возле нее. Передвижные средства включают в себя передвижные мастерские, агрегаты технического обслуживания (АТО), топливомаслозаправщики, передвижные диагностические установки и механизированные заправочные агрегаты. Они предназначены для выполнения ТО-1, ТО-2, ТО-3, СО, диагностирования, заправки машин на месте их работы, а также для транспортировки машин. Классификация средств технического обслуживания машин представлена на рис. 8.1.

Промышленность выпускает передвижные средства технического обслуживания и ремонта различного назначения:

- специализированные агрегаты по техническому обслуживанию автомобильного типа (АТО-А), на шасси прицепа (АТО-П, АТО-ПД), и на тяге тракторного самоходного шасси Т-16М (АТО-С);
- передвижные мастерские типа МНР-3901, МПР-9924, МТП-817М для выполнения как технического обслуживания, так и работ, связанных с устранением неисправностей машин в процессе их эксплуатации;

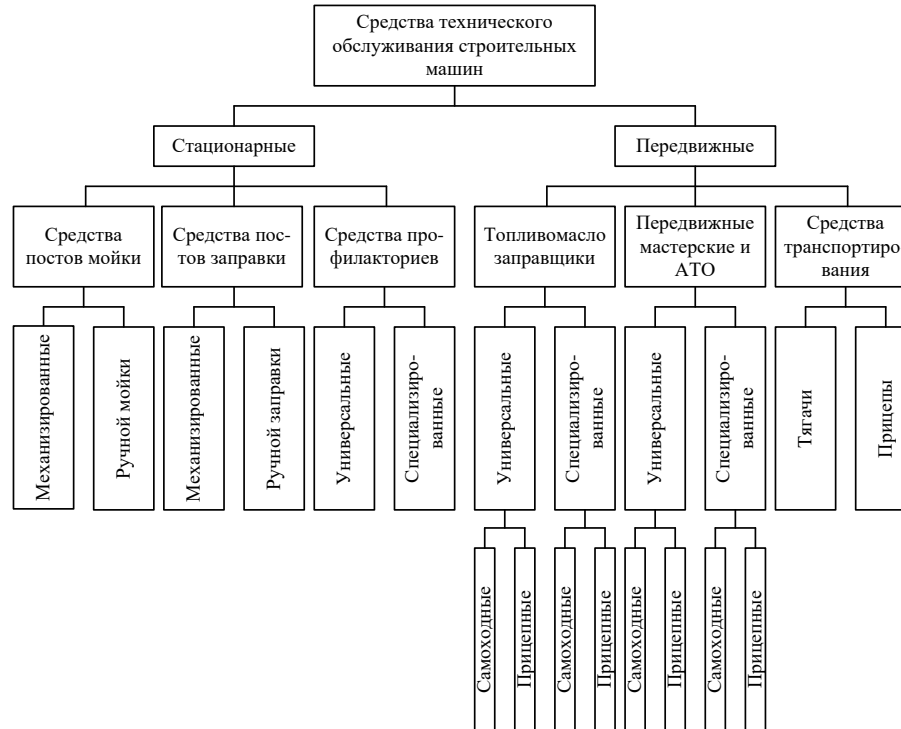


Рис. 8.1. Классификация средств технического обслуживания машин

- диагностические установки типа КП-4270, КИ-13905 для проведения технической диагностики сборочных единиц, агрегатов и машин в целом с целью определения их технического состояния;
- заправочные агрегаты типа МЗ-3904 (на шасси автомобиля) или МЗ-3905 (на шасси прицепа) для заправки машин топливом и другими нефтепродуктами;
- автомастерские: 4795-01 на шасси ГАЗ-3307, 4795-23 на шасси ГАЗ-3308, 4795-33 на шасси ГАЗ-33081, 4795-13 на шасси ГАЗ-3309.

Применение передвижных средств ТО и Р на месте работы машины позволяет повысить срок их службы на 15–20 %, снизить расход топлива и смазочных материалов на 3–5 %, повысить производительность машин на 8–10 % и снизить приведенные затраты на выполнение ТО и Р на 10–12 %.

Технические характеристики некоторых из передвижных средств приведены в табл. 8.1, 8.2.

Таблица 8.1

Техническая характеристика самоходных агрегатов технического обслуживания

Показатели	Агрегат		
	АТО-4822	АТО-9935	АТО-9966
1	2	3	4
Марка автомобиля, на котором смонтирован агрегат	ГАЗ-3307	ГАЗ-3307	ГАЗ-3309
Вместимость баков, л:			
вода		500	
дизельное масло		175	
1	2	3	4
дизельное топливо	350	350	175
пластичная смазка		20	
промывочная жидкость		175	
бензин		30	
отработанная промывочная		80	

жидкость			
отработанные масла		80	
Привод	От двигателя автомобиля		
Компрессор		СО-7А	
Солидолонагнетатель		ОЗ-1153	
Подогреватель воды	Жидкостный бензиновый		
Наружная мойка машины	Насосом		
Заполнение бака для водлы	С помощью вакуума или свободным наливом		
Заполнение баков для масел	С помощью вакуума или свободным наливом		
Давление сжатого воздуха для выдачи масел, МПа (кгс/см ²)		0,25(25)	
Производительность при выдаче или сборе, л/мин:			
дизельного масла		5-10	
дизельного топлива		45	
промывочной жидкости		20	
отработанного дизельного масла		5-10	
отработанной промывочной жидкости		25-30	
Производительность при заполнении баков при помощи вакуума, л/мин:			
дизельным маслом		7	
дизельным топливом		50-65	
промывочной жидкостью		45	
отработанным дизельным маслом		5-10	
отработанной промывочной		45-50	

жидкостью и водой			
Промывка системы смазки неработающего двигателя	С помощью двигателя		
Масса с заполненными баками, кг	5350	5500	5515
Габаритные размеры, мм:			
длина	6300	5700	5700
ширина	2250	2322	2322
высота	2190	2440	2440
Скорость передвижения, к/ч	35	35	35

Таблица 8.2

Краткая техническая характеристика самоходных передвижных мастерских технического обслуживания машин

Показатели	Мастерская	
	A-701M	ССТО-1
1	2	3
Марка автомобиля на котором смонтирована мастерская	ЗИЛ-130	ЗИЛ-130 (ЗИЛ-1И)
Вместимость заправочных баков, л:		
дизельное масло	150	150
трансмиссионное масло	100	100
автотракторное масло	20	80
компрессорное масло	-	40
рабочая жидкость	100	100
промывочная жидкость	-	150
вода	700	500
пластичная смазка	14	14
Наполнение баков маслами	Ручным насосом 376А	С помощью вакуума

Выдача масел	Под давлением сжатого воздуха от компрессора	
Рабочее давление в баках, МПа (кгс/см ²)	0,3 (3,0)	0,25 (2,5)

Таблица 8.3

Краткая техническая характеристика передвижных мастерских МПР-3901м МТП-817М и установки МПР-9924

Показатель	МПР-3901	МПР-9924	МТП-817М
Шасси	ГАЗ-3307	ГАЗ-3309	ГАЗ-3309
Габариты (без прицепа), мм:			
длина	6400	6310	6310
ширина	2300	2150	2150
высота	2700	2760	2760
масса, кг	4800	4670	4250
запас грузоподъемности, кг	500	430	600
Генератор (марка)	ЕСС-52-4 или БМЗ-4,5/4		БМЗ-4,5/4
Мощность, кВт	5,0 (генератора ЕММ-52-4) 4,5 (БМЗ-4,5/4)		4,5
Напряжение, В	220	220	230
Грузоподъемное устройство (тип)	Лебедка с ручным приводом		Лебедка электрифицированная
Расположение стрелы	Заднее	Может быть переднее или заднее	Заднее
Вылет стрелы, м	1,6	1,6	1,7
Максимальная высота подъема, м	3,9	3,9	4,0

Таблица 8.4

Перечень операций, выполняемых с помощью агрегатов технического обслуживания (АТО)

Наименование операций	АТО-	АТО-	АТО-
-----------------------	------	------	------

	А	ПД	С
1	2	3	4
Механизированные мойка и очистка машин	+	+	+
Мойка деталей и сборочных единиц в промывочной жидкости	+	+	+
Дозаправка смазочными материалами под давлением закрытым способом	+	+	+
Механический забор отработавших масел и заправка свежими смазочными материалами	+	+	+
Промывка системы смазки неработающего двигателя	-	-	+
Подогрев воды и смазочных материалов	-	+	+
Дозаправка обслуживаемых машин дизельным топливом закрытым способом	+	-	+
Дозаправка системы охлаждения водой	+	+	+
Продувка сердцевины радиаторов сжатым воздухом	-	+	+
Подкачка камер пневмоколес	+	+	+
Нанесение антикоррозийных покрытий и покраска машин	-	-	+
Устранение мелких технических неисправностей при помощи набора слесарного инструмента	+	+	+
Контрольные и регулировочные операции двигателя и отдельных сборочных единиц	+	+	+
Смазка подшипников консистентными смазками	+	+	+

Наиболее широко применяются в мелиоративном строительстве для ТО и Р агрегаты АТО-4822 и передвижные мастерские МПР-3901 (табл. 8.3, 8.4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практика строительства оросительных каналов, проходящих в грунтах с повышенной фильтрацией, показывает, что наиболее эффективной из антифильтрационных покрытий является бетонопленочная облицовка, состоящая из монолитного или сборного железобетона, уложенного на полиэтиленовую пленку. Долговечность и водонепроницаемость бетонопленочных облицовок зависит от сохранности пленочного экрана в процессе строительства и надежной защиты его в процессе эксплуатации. Устройство облицовок до настоящего времени является наиболее трудоемким процессом из всех видов противофильтрационных мероприятий. Снизить трудоемкость работ и увеличить производительность возможно путем применения сборных железобетонных плит типа НПК. Однако отсутствие высокопроизводительных специализированных машин для производства работ по устройству сборных бетонопленочных облицовок сдерживает внедрение этой перспективной технологии.

Подготовка дна и откосов крупных каналов под сборную бетонопленочную облицовку имеет ту особенность, что спрофилированную поверхность необходимо прикатать с целью предохранения пленки от порывов твердыми комками во время укладки плит.

Точность получения проектных размеров поперечного сечения русла канала зависит от правильного выбора схемы базирования профилировщика. Общим недостатком применяемых в настоящее время неполнопрофильных профилировщиков является их малая производительность и смена технологических баз в процессе работы, что ведет к увеличению погрешности изготовления поперечного сечения русла канала.

Повысить производительность труда с минимальным отклонением полученных размеров русла канала от проектных можно с помощью полнопрофильного профилировщика, выполняющего одновременно две операции – профилировку и укатку поверхностей внутреннего сечения канала.

В водохозяйственных организациях при строительстве крупных каналов для укладки плит на откосы применяют в основном стреловые краны со стропами разной длины. Однако обеспечить целостность пленки при укладке плит и высокую производительность они не могут. Более перспективным в этом отношении является создание специализированного плитоукладчика коро-



мысловой конструкции, позволяющего поднять производительность и снизить вероятность порыва пленки за счет обеспечения параллельности плоскости плит при укладке.

Введение в комплекс высокопроизводительных специализированных машин для строительства сборных бетонопленочных облицовок крупных каналов позволит повысить качество работ, снизить трудоемкость выполнения операций и сократить сроки строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апальков А.Ф. Борьба с фильтрацией из каналов способом профилирования: сб. науч. тр. ЮжНИИГИМ / А.Ф. Апальков. – Новочеркасск, 1983. – С. 154–159.
2. Апальков А.Ф. Профилирование дамб каналов и укладка плит на откосы: моногр. / А.Ф. Апальков, В.В. Великородный, В.Д. Тимонин. – Новочеркасск: НГМА, 2006. – 152 с.
3. Апальков А.Ф. Теплотехника: учеб. пособие / А.Ф. Апальков. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 186 с.
4. Апальков А.Ф. Техническая эксплуатация транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: учеб пособие / С.А. Апальков, В.В. Беднарский –Новочерк. Инж-мелиор. Акад. НИМИ ДГАУ. – Новочеркасск, 2014. – 82 с.
5. Апальков А.Ф. Уменьшение потерь воды на фильтрацию из оросительных каналов методом механизированной обработки откосов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новочеркасск, 1984. – 18 с.
6. Бабичев А.П. Особенности механизма формирования вибрационного химико-механического цинкового покрытия / А.П. Бабичев, В.В. Иванов, С.И. Попов и др. // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2018. – Т. 14. – № 2(158). – С. 51–54.
7. Гальченко Г.А. Использование баз данных на транспорте. Технология создания: учеб. пособие / Г.А. Гальченко, С.И. Попов, Ю.В. Марченко ; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2018. – 111 с.
8. Иванов В.В. Использование полимерных рабочих сред для формирования оксидной пленки в условиях виброобработки / В.В. Иванов, С.И. Попов, Ю.В. Марченко // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. – 2018. – № 1(44). – С. 108–113.
9. Иванов В.В. Механическое цинковое покрытие, сформированное в условиях виброволновой технологической системы / В.В. Иванов, С.И. Попов, Н.С. Донцов // Мир гальваники. – 2017. – № 4(38). – С. 80–84.
10. Исследование возможности восстановления стенок цилиндра двигателей внутреннего сгорания (ДВС) за счет применения твердосмазочных материалов на основе дисульфида молибдена / С.И. Попов, Ю.В. Марченко, Н.С. Донцов и др. // Научные технологии на современном этапе развития машиностроения

ния: материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф., 19-21 мая. – М., 2016. – С. 179–181.

11. Продолжительность нанесения вибрационного механохимического твердосмазочного покрытия MOS_2 / В.В. Иванов, С.И. Попов, Э.В. Марченко и др. // Полимерные композиты и трибология: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. (ПИЛИКОМТРИБ-2015), 23-26 июня. – Гомель, 2015. – С. 165.

12. Метод нанесения твердосмазочных материалов на стальной канат в процессе его производства / Э.В. Марченко, С.И. Попов, Ю.В. Марченко и др. // Виброволновые процессы в технологии обработки деталей высокотехнологичных изделий: сб. тр. Междунар. науч. симпозиума технологов-машино-строителей, 3-6 октября. – Ростов н/Д, 2017. – С. 131–134.

13. Методы обеспечения показателей качества реновизделий в авторемонтном производстве / В.А. Лебедев, Ю.В. Марченко, С.И. Попов и др. // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 23–24 ноября. – Т. I. – Старый Оскол, 2017. – С. 227–235.

14. Профилирование и укатка русел каналов с противофильтрационным покрытием: монография / А.Ф. Апальков, В.В. Великородный, С.А. Апальков и др. – Новочеркасск: НГМА, 2008. – 91 с.

15. Профилирование оросительных каналов / А.Ф. Апальков, А.А. Коршиков, В.В. Великородный и др. – Новочеркасск, 1987. – 71 с.

16. Сокол Н.А. Основы конструкции и расчета автомобиля: учеб. / Н.А. Сокол, С.И. Попов. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 303 с.

17. Сокол Н.А. Расчет механизмов, систем и эксплуатационных показателей автомобиля: учеб. пособие / Н.А. Сокол, Ю.И. Мозговой, С.И. Попов. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2005. – 97 с.

18. Техническая эксплуатация силовых агрегатов и трансмиссий: учеб. пособие / С.И. Попов, Н.С. Донцов, Ю.В. Марченко и др.; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2018. – 149 с.

19. Характерные повреждения деталей в процессе эксплуатации транспортных машин / Ю.В. Марченко, С.И. Попов, Э.В. Марченко и др. // Перспективные направления развития отделочно-упрочняющей технологии и виброволновых технологий: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 90-летию за-

служенного деятеля науки и техники РФ, д.т.н., почётного профессора ДГТУ А.П. Бабичева, 27-28 февраля. – Ростов-на-Дону, 2018. – С. 204–207.

20. Электрооборудование автомобилей: учеб. пособие / С.И. Попов, Н.С. Донцов, Ю.В. Марченко и др. ; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2018. – 235 с.

21. Ivanov V.V., Dontsov N.S., Kirichek A.V. Technological features of metallic zinc coatings obtained during mechanochemical synthesis, implemented in conditions of vibro-wave technological systems // XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032025.

22. Ivanov V.V., Popov S.I., Kirichek A.V. Investigation of optimal chemical composition of cast aluminum alloys for vibrational mechanical-chemical polishing and deposition of protective and decorative coatings // XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032026.