

ГИДРОТЕХНИКА И МЕХАНИЗАЦИЯ

УДК 627.83

СНИЖЕНИЕ ОПАСНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ НАВОДНЕНИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ВОДОСБРОСОВ ТИПА «РАЗМЫВАЕМАЯ ВСТАВКА»

И.Ф. Пикалова

МГУП, Москва, Россия

Т.В. Наумова

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Наводнения из-за внезапности возникновения, продолжительных затоплений земель, бурных водных потоков, размывов берегов, разрушения поселений и угрозы жизни людей относятся к самым опасным явлениям. Статистика свидетельствует, что по повторяемости, площади распространения и суммарному среднему материальному ущербу в масштабах всей нашей страны катастрофические наводнения занимают первое место в ряду известных нам стихийных бедствий. Что же касается человеческих жертв и удельного материального ущерба (т.е. ущерба, приходящегося на единицу пораженной площади), то в этом отношении катастрофические наводнения занимают второе место после землетрясений [Нежиковский Р.А., 1988].

Для России характерен рост числа природных катастроф, особенно в последние годы. Так по данным МЧС РФ за последние десять лет (1990 – 1999 г.г.) было зарегистрировано 2877 событий чрезвычайного характера, связанных с опасными природными процессами. Катастрофические явления, связанные с паводками, составляют 19% общего числа.

Катастрофические наводнения как стихийное бедствие не могут быть полностью предотвращены: их только можно ослабить или локализовать, при этом, значительно снизив материальный ущерб, уменьшить урон, наносимый здоровью населения, и предотвратить гибель людей. Анализ частоты наводнений за последние годы показывает тенденцию значительного роста материальных ущербов, что связано с повышением водности рек и с активизацией хозяйственной деятельности в освоении прибрежных территорий водных объектов, особенно в Европейской части России. Здесь сконцентрировалось наибольшее число крупных городов, населенных пунктов, объектов промышленности и сельскохозяйственных угодий, и именно в этих районах значительно повышается степень опасности проявления наводнений.

Таким образом, очевидны два главных направления в борьбе с наводнениями - понижение их силы и уменьшение количества и уязвимости населения и имущества в зоне риска, которые включают следующие мероприятия:

- *инженерно-технические* мероприятия – строительство и реконструкция защитных сооружений, устройство дополнительных автоматических водосбросов, регулирование русел, использование водохранилищ для аккумуляции паводкового стока и др.;
- *предупредительные* мероприятия – совершенствование системы прогноза и оповещения, восстановление и развитие гидрометеорологической сети, регулирование хозяйственного использования периодически затопляемых земель в сочетании с системой страхования от риска наводнений и прочие организационные меры;
- *адаптационные* – вынос объектов из зон затопления, трансформация сельскохозяйственных угодий, регулирование хозяйственной деятельности на затопляемых в паводок землях и водосборных территориях.

Прошедшие в 2002 г. паводки на р. Кубань и р. Терек 5% и 0,3% обеспеченности соответственно, привели к катастрофическим последствиям, главным образом, из-за неспособности водохранилищ аккумулировать высокие паводковые расходы.

Реки в бассейнах Кубани и Терека несут большое количество донных и взвешенных, которые осаждаются в подпертых бьефах гидроузлов, оказавшиеся практически полностью заиленными до бытовых отметок. Промывка верхних бьефов гидроузлов и их механическая очистка проводится крайне редко и нерегулярно. Сокращение аккумулирующей мощности водохранилищ в значительной степени затрудняет пропуск высоких паводковых расходов через гидроузлы, вызывая риск возникновения каскадных аварий гидротехнических сооружений, вследствие образования волны прорыва из переполненных водохранилищ самых верхних гидроузлов и так далее, до конца участка регулирования реки.

При каскадном прорыве гидродинамическая авария в первую очередь возникает на сооружениях, отнесенных к IV и III классов капитальности. За последнее десятилетие именно эти сооружения в наибольшей степени снизили свой уровень безопасности, главным образом из-за несвоевременного проведения реконструкции, ремонтно-восстановительных работ и сокращением штатов эксплуатационного персонала.

Кроме того, в отличие от сооружений I и II классов, гидротехнические сооружения III и IV классов имеют значительно меньшее количество контрольно-измерительной аппаратуры и эксплуатируются менее квалифицированными кадрами.

Создают угрозу аварии и неудовлетворительно работающие затворы на водосбросах. Затворы могут заклиниваться в пазовых конструкциях вследствие их перекоса, ржавления или отказа подъемных механизмов. Последствия от этого самые значительные, т.к. происходит превышение максимального форсированного подпорного уровня, что вызывает перелив воды через земляную плотину с последующим ее прорывом.

Средний возраст большинства гидротехнических сооружений подконтрольных Минсельхозу РФ составляет 30-40 и более лет, что требует проведения не только ремонтно-восстановительных работ, но и реконструкцию гидроузлов и отдельных стоящих сооружений.

Основным направлением реконструкции гидроузлов является увеличение их пропускной способности и, особенно, тех, которые находятся в каскаде. При недостаточной суммарной емкости водохранилищ в каскаде и при отсутствии возможности «демпфирования» паводкового расхода, управление паводком может осуществляться только увеличением пропускной способности гидроузлов.

Увеличение пропускной способности гидроузлов достигается конструктивно-компоновочными решениями, которые включают: расширение водосбросного фронта путем устройства дополнительных водосбросов; повышение отметок гребня плотин с соответственной реконструкцией водосбросных сооружений; организацию пропуска паводковых расходов по пойме в обход перегораживающей плотины.

В качестве устройства дополнительных водосбросов могут быть рассмотрены конструкции автоматических водосбросов по типу «размываемых вставок», которые широко распространены в зарубежной практике [2]. Данные сооружения особенно хорошо себя зарекомендовали при наводнениях, вызываемых дождевыми и смешанными паводками на реках, протекающих в горных и предгорных районах, для которых характерно резкое возрастанием паводковых расходов.

Инженерные конструкции дополнительных водосбросов по типу «размываемых вставок» применяются как на крупных гидроузлах I и II классов в дополнение к основным водосбросам и рассчитываются на пропуск катастрофических расходов обеспеченностью 0,01%, так и на гидроузлах III и IV классов, рассчитываемых на большую степень обеспеченности (1 – 5%).

«Размываемые вставки» представляют собой обычные земляные или каменно-набросные плотины, которые могут быть также с ядром или экраном, имеющие бетонное основание для предотвращения опасных размывов в случае полного разрушения вставки. Для отвода воды используются естественные понижения местности, заброшенные карьеры и т.п.

За рубежом конструкции дополнительных водосбросов типа «размываемая вставка» стали разрабатываться с 60-х годов. Данные конструкции, рассчитываемые на паводки редкой повторяемости, в нашей стране практически не разрабатывались, очевидно, это было связано с объективными причинами совпадения по времени развития данного направления с маловодным периодом рек Европейской части России. В эти годы интенсивно разрабатывались проекты по переброске северных рек на Юг России.

В последние годы Центром гидравлических исследований ОАО «НИИЭС» совместно с ООО «НПП «АКВАРИУС» разработан и внедрен автоматического действия лабиринтный переливной водосброс на Хоробровской ГЭС, построенной на р.Нерль [<http://www.aguarius.ru/ru/publication/2nid=2>]. Авторы данной публи-

кации считают устройство лабиринтного нерегулируемого водослива прогрессивным решением, а для пропуска экстремальных паводков в комплексе с лабиринтным водосливом рекомендуется устанавливать автоматические вододействующие затворы типа «размываемая вставка».

Термин «размываемая вставка» не является установленным термином, т.к. это перевод с английского «erodible fuse plug» и, в точном переводе означает «размываемая плавкая вставка» по типу плавких предохранителей в электротехнике. Для внедрения данных конструкций в отечественную практику необходимо разработать методику расчета дополнительных водосбросов по типу «размываемая вставка» и соответствующей нормативной документации.

Лабораторные исследования пропускной способности и времени разрушения водосброса типа «размываемая вставка», проводились в МГУП на размываемых моделях земляных плотин из песка крупностью 0,2-0,1 мм с послойной утрамбовкой и увлажнением без фильтрационных устройств (ядра и экрана).

Целью работы было экспериментальное изучение процесса размыва грунтовой вставки, и получение параметров расчета ее пропускной способности и времени разрушения.

Определение пропускной способности размываемой вставки проводилось по данным опытов для момента времени соответствующего наибольшему уровню поднятия воды в ВБ и соответствующему расходу воды Q_0 . Фильтрационный расход Q_{ϕ} через размываемую вставку вычислялся обычным для грунтовых плотин способом, а коэффициенты расхода определялись по формуле:

$$m = \frac{Q_{\Pi}}{b\sqrt{2g} \cdot H^{3/2}} \quad (1)$$

где Q_{Π} – расход поверхностного потока воды;

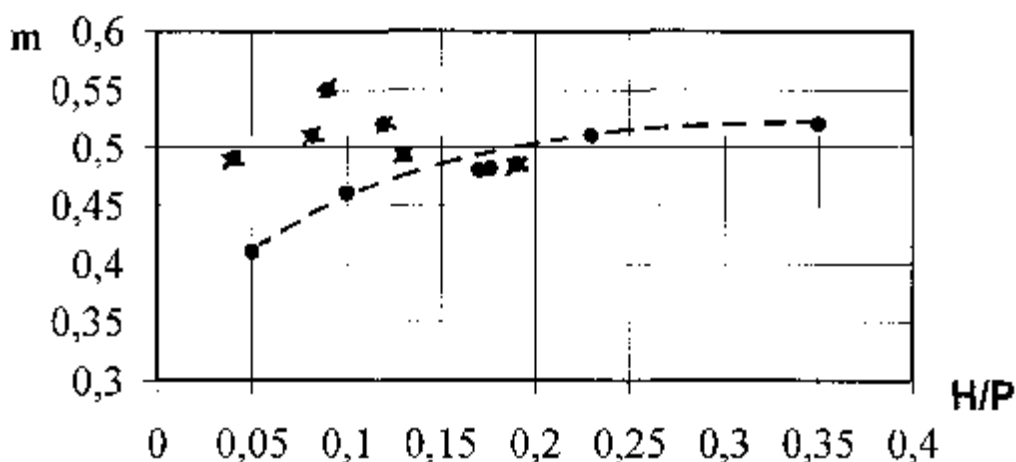
$$Q_{\Pi} = Q_0 - Q_{\phi}$$

b – ширина размываемой вставки;

H – напор воды над размываемой вставкой.

По результатам опытов получена графическая зависимость коэффициента расхода m от отношения H/P , где P – высота размываемой вставки (рис.1).

Численные значения коэффициентов расхода оказались близкими к табличным значениям для водосливов практического профиля криволинейного очертания. На рисунке 1 приведены также данные исследований Богославчика П.М.[3], проводимых на аналогичных моделях с крупностью песка 0,1-0,5 мм. Экспериментальные точки Богославчика П.М. легли выше кривой при малых значениях H/P . Это можно объяснить тем, что в данных опытах фильтрация через размываемую вставку не учитывалась, что и привело к завышению поверхностного расхода воды Q_{Π} через вставку. Как показывают эксперименты Шалагиновой Т.А [4] такой недоучет допустим только применительно к поздним стадиям размыва, когда градиент фильтрации уменьшается.



• опытные данные
 ✖ опыты Богуславчика П.М.

Рисунок 1 - График зависимости $m = f\left(\frac{H}{P}\right)$

При исследованиях разрушения вставки выделялись две стадии размыва:

1. Размыв низового откоса, начиная с бровки, вследствие увеличения фильтрационных расходов через тело плотины. Профиль плотины к концу данной стадии принимает форму близкую к водосливу практического профиля, а отметка гребня остается постоянной.
2. Вторая стадия характеризуется интенсивным снижением отметки гребня плотины до полного ее разрушения.

Полученные экспериментальные данные времени размыва вставки сравнивались с результатами расчетов по формулам 2 и 3 [3], соответствующим указанным выше стадиям размыва.

$$T_1 = \frac{M \cdot n^{2,4}}{A \cdot i^{1,2} \cdot (2g)^{0,8} \cdot m^{1,6} (z-y)^{2/4}} ; \quad (2)$$

где T_1 – время для первой стадии размыва; M – масса низовой призмы грунта; $A = 0,153$ для песчаных грунтов; i – величина обратная заложению низового откоса; n – коэффициент шероховатости, определяемой по формуле Чекулаева Г.С., как $n=0,042 d^{0,11}$ (d – средний диаметр грунта плотины); z – отметка уровня воды в ВБ, а y – отметка гребня плотины.

$$T_2 = \frac{\Delta Y \cdot r \cdot g}{B \cdot m^{0,43} \varepsilon (z-y)^{0,6}} ; \quad (3)$$

где T_2 – время для второй стадии размыва; ρ – плотность сухого грунта вставки; ε – коэффициент, зависящий от крупности грунта ($\varepsilon = 2,7$); m – коэффициент расхода плотины; ΔY – изменение отметки гребня плотины за время T_2 ; B – параметр, зависящий от характеристик взвесенесущего потока ($B=83,9$).

Результаты опытов и расчетов времени размыва вставки по двум стадиям приведены на рисунках 2 и 3.

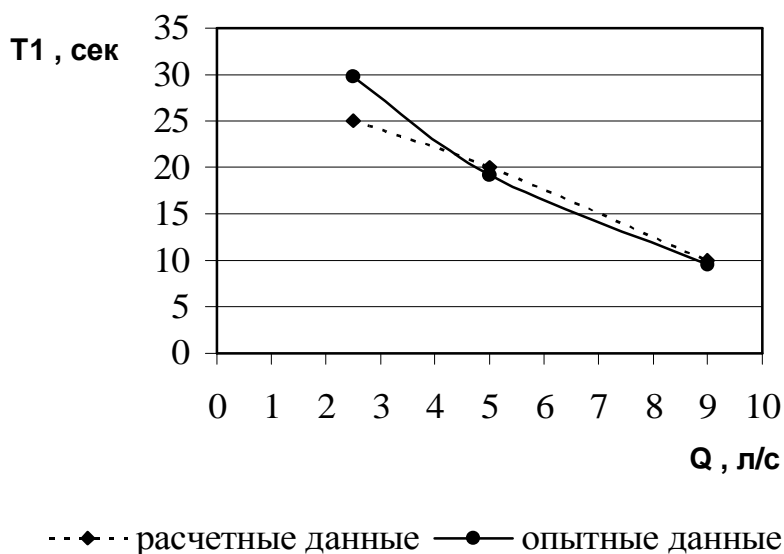


Рисунок 2 - График зависимость скорости размыва вставки первой стадии T_1 (сек) от расхода воды Q , л/с на

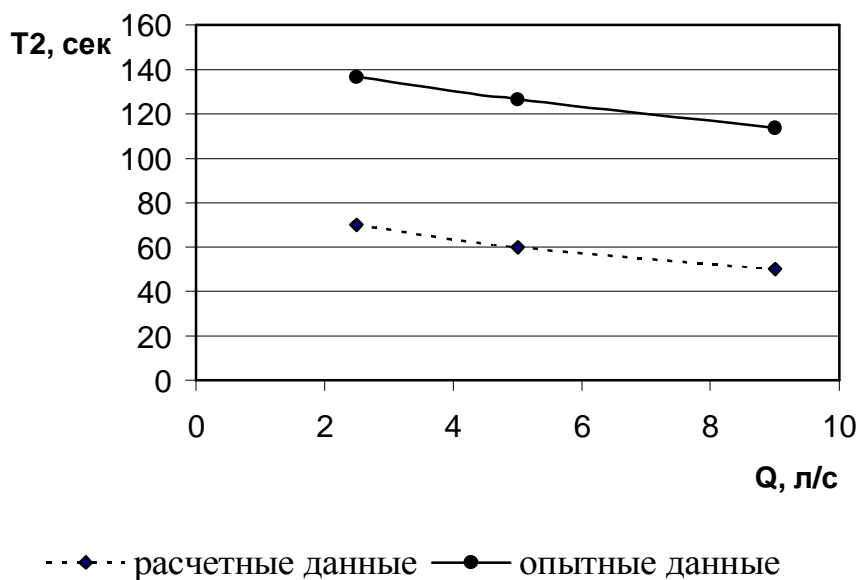


Рисунок 3 - График зависимость скорости размыва вставки на первой стадии T_2 (сек) от расхода воды Q , л/с

Графики показывают хорошее совпадение экспериментальных и расчетных данных для первой стадии размыва. Для второй стадии размыва опытные данные

превышают расчетные почти в два раза, что, безусловно, требует проведения дополнительных экспериментальных исследований и уточнения методики расчета.

Проведенные исследования на моделях трех различных масштабов показали необходимость учета масштабного эффекта.

Влияние масштабного эффекта заключается в том, что модели большего масштаба размываются быстрее моделей меньшего масштаба. Скорость размыва изменяется приблизительно в степени $\sqrt[3]{2}$ от масштабного соотношения. Это подтверждается опытными данными исследований модели в М 1:10, в которой скорость размыва была в среднем 1,2 раза выше скорости размыва на моделях в М 1:15 и М 1:30.

Изучение пропускной способности и времени разрушения «размываемых вставок», используемых в качестве автоматических водосбросов при прохождении катастрофических паводков требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

Литература

1. Доброумов Б.М., Тумановская С.М. Наводнения на реках России: их формирование и районирование. – М.: Метеорология и гидрология, 2002, № 12, с.70-78.
2. Наумова Т.В., Пикалова И.Ф. Новые конструкции водозаборных сооружений типа «Размываемая вставка» - Экспресс-информация, ЦБНТИ, М.: серия 5, выпуск 15, 1974, стр. 3-9.
3. Богославчик П.М., Филиппович И.В. Динамика размыва плотины из местных материалов при переливе воды. – Известия вузов СССР. Серия Энергетика, 1982, № 3, стр. 88-93.
4. Шалагинова Т.А. О гидравлике размываемой вставки. – В сб.: Труды Новосибирского института инженеров водного транспорта. Новосибирск: выпуск №70, 1971, стр. 44-53.

УДК 631.672.32

ПЛОТИНА ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ФИЛЬТРАЦИИ

Ю.Я. Гольцов, М.Ю. Гольцова
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Фильтрационные расчеты плотин из грунтовых материалов проводятся, согласно [1], для нормального подпорного уровня – стационарно-максимального уровня верхнего бьефа (УВБ). В [2] предложен новый подход к фильтрационным расчетам плотин из грунтовых материалов, основу которого составляет решение двумерного уравнения Ричардса [3], описывающего неустановившееся движение воды в грунтах характеризующихся различной степенью насыщения. Привлечение уравнения Ричардса к вопросам фильтрационных расчетов обосновано и тем, что с помощью этого уравнения рассматриваются совместно зоны полного и неполного насыщения. При моделировании, в зоне неполного насыщения грунта потенциал давления влаги ψ принимает отрицательные значения, ниже кривой депрессии он

положителен, а само положение кривой депрессии определяется из условия $\psi = 0$. Таким образом, от обычной фильтрационной задачи, мы переходим к рассмотрению процесса движения воды в теле плотины с учетом зоны неполного насыщения, что позволяет оценить роль насыщенности плотины выше кривой депрессии в основном вопросе водоподпорных сооружений, кроме их функционального назначения, - их устойчивости.

Решение задач по вопросам фильтрации воды в теле плотины представляет собой классическую задачу с подвижной границей (кривой депрессии). Процессы движения воды в теле и основании плотины носят неустановившийся характер, и любое изменение УВБ приводит к изменчивости насыщенности плотины и, как следствие, изменению положения кривой депрессии. Однако изменение УВБ, в случае его падения, может протекать настолько интенсивно (быстро) и в несоответствии с интенсивностью процесса водоотдачи грунта в теле плотины, что приводит к высачиванию на верховом откосе. Это может способствовать его неустойчивости и разрушению и, как следствие, снижению уровня безопасности сооружения в целом.

Математическая модель, в общем, отражает, не только и не столько, наше понимание различных природных процессов, но и, в большей степени, как способность, так и возможность, их реального отражения. Предложенная нами математическая модель позволяет с достаточной степенью достоверности учитывать основополагающие факторы, формирующие фильтрационные процессы в теле и основании плотины, к которым (факторам) относятся

- геометрия (поперечный внешний контур) плотины, элементов её составляющих, и их водно-физические свойства;
- высачивание (фильтрационных потоков вод) и граничные условия на откосах;
- зона неполного насыщения;
- дренажные мероприятия;
- литологическое строение грунтов в основании плотины;

Выделенные факторы, в какой-то степени, не являются окончательными, и поэтому математическая модель может быть уточнена. Например, по таким, как склоновый сток, возникающий при интенсивности осадков выше интенсивности впитывания (инфильтрации), или (и) температурный режим [1], который играет немалую роль в достоверности фильтрационных расчетов плотин из грунтовых материалов, возводимых в северной строительной-климатической зоне. Задача неустановившегося движения воды в плотинах из грунтовых материалов рассматривается в двумерной постановке (вертикально-плоскостной), хотя современные средства вычислительной техники и методы вычислений позволяют подойти к трехмерной задаче, выделяя для этого, хотя бы, наиболее характерный фрагмент плотины.

Уравнение Ричардса - нелинейное дифференциальное уравнение в частных производных [3] (профильная задача), имеет вид:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K(W) \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K(W) \frac{\partial H}{\partial z} \right) + Q(x, z, t) \quad (1)$$

где: $W(\psi)$ - влажность грунта, дол.ед;
 $H = -\psi - z$ - гидравлический напор, м;
 $K(W)$ - коэффициент влагопроводности, м/сут;
 $Q(x,z,t)$ - функция источников-стоков (л/сут);
 x, z - пространственные горизонтальная и вертикальная координаты, м;
 t - время, сут.

Следует заметить, что для решения уравнения (1) необходимо иметь зависимости, или в современной терминологии модели, устанавливающие связь между влажностью и потенциалом давления влаги или гидравлическим напором, а также его гидравлической проводимостью в зоне неполного насыщения. Это модели водоудерживающей способности грунта $W(\psi)$ и его ненасыщенной гидравлической проводимости $K(W)$. В настоящее время наиболее используемыми являются модели водоудерживающей способности грунта предложенные А. И. Головановым [5] и Van Genuchten [6]. В нашей методике используется модель водоудерживающей способности грунта по А.И. Голованову, которую запишем в виде

$$W(y) = W_{MG} + (P - W_{MG}) \exp\left(-\frac{y}{B}\right)^C \quad (2)$$

и известная зависимость для ненасыщенной гидравлической проводимости С.Ф.Аверьянова

$$K(W) = K_F \frac{W - W_{MG}}{P - W_{MG}} \frac{\theta^N}{\theta} \quad (3)$$

где W_{MG} - максимальная гигроскопичность (нижний предел иссушения грунта), дол. ед. ;

P - пористость, дол. ед. ;

K_F - коэффициент фильтрации, м/сут.

Эти зависимости-модели содержат параметры B , C и N , которые определяются теоретически-экспериментальным методом для грунтов составляющих саму плотину и составляющих её грунтовых элементов (ядро, экран и т.п.). Отметим, что нами не учитываются фактор заземленного воздуха и явление гистерезиса, проявляющегося в неоднозначности связи между W и ψ во время увлажнения или иссушения.

Приведем необходимые краевые условия для решения уравнения (1). Начальное распределение напора $H(x,z,0)$ в рассматриваемой прямоугольной области (рис. 1) можно принять по результатам фильтрационных расчетов, определяющих конструктивное решение плотины. Начальное условие можно задавать и по данным службы эксплуатации гидротехнических сооружений по УВБ на момент времени ему соответствующий и принятый за начало расчета. При этом не-

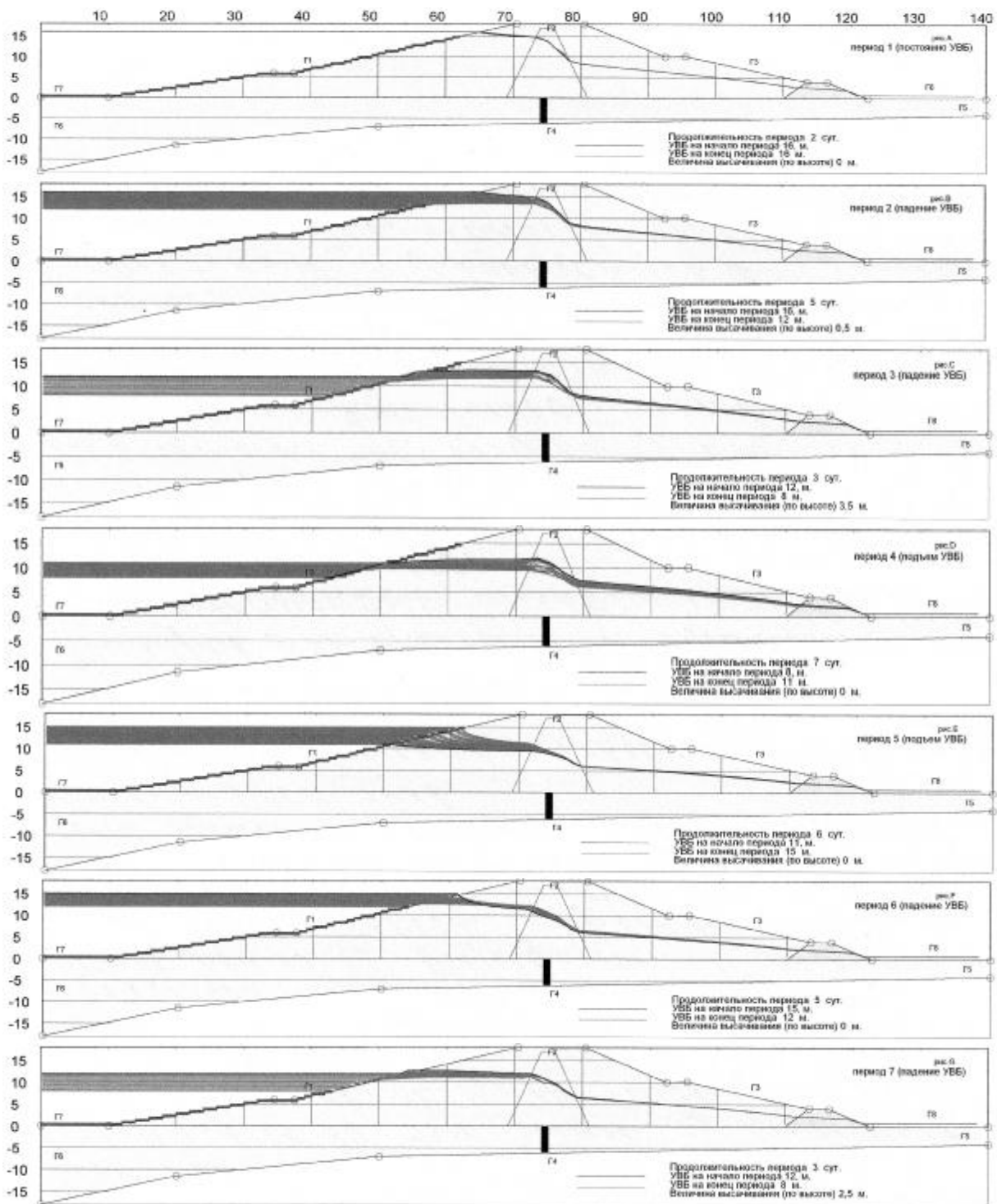


Рисунок 1 - Результаты расчетов по плотине средней высоты из грунто-
вых материалов

соответствие между УВБ и гидравлическим напором в теле плотины и её основания после нескольких периодов расчета исчезает. Под периодом расчета понимается промежуток времени от значения одного задаваемого УВБ до следующего. Не исключается случай, когда УВБ остается неизменным. При этом расчет про-

должается, ибо внутри плотины процессы фильтрации носят неустановившийся характер, и как они будут протекать, зависит от предыстории ее состояния. Граничные условия по контуру плотины (рис. 1), а именно, по ложу водохранилища (Γ_7) и верховому откосу (Γ_1) ($H(x, z, t) |_{\Gamma_1} = H_{УВБ}(t)$) задаются по данным УВБ на соответствующие моменты времени. Изменения (переход) УВБ во времени от одного положения до следующего принимается по линейному закону. В остальной части профиля плотины (зона верхового откоса выше УВБ, на гребне (Γ_2) и низовом откосе (Γ_3)) принимается условие, как и в [1], в виде потока

$$\frac{\partial}{\partial n} \left(K(W) \frac{\partial H}{\partial z} \right)_{\Gamma_{1,2,3}} = E, \quad (4)$$

n - определяет направление нормали к соответствующей граничной линии во внутрь области. При испарении $E = E_u$, где E_u - интенсивность физического испарения влаги. Значение E_u рассчитывается по следующей эмпирической формуле [7]:

$$E_u = \begin{cases} E_0 \frac{W - W_*}{W - W_{кр}}, & \text{если } W \geq W_{кр}, \\ E_0 \frac{W_{кр} - W_*}{W_{кр} - W}, & \text{если } W_* < W < W_{кр}, \\ 0, & \text{если } W \leq W_{кр}, \end{cases} \quad (5)$$

где $W_{кр}$ - критическое значение влажности, определяющее начало процесса падения скорости испарения;

W_* - равновесная влажность, при которой интенсивность испарения практически равна нулю;

E_0 - испаряемость.

В случае осадков в виде дождя $E = E_{oc}$, где E_{oc} - интенсивность дождя. Будем считать, что интенсивность дождя не превышает впитывающую способность грунта по откосам и гребню плотины. Такое условие исключает из рассмотрения склоновый (поверхностный) сток по откосу.

На вертикальных линиях границы (Γ_5 и Γ_6), аналогично принятым в [2], могут быть заданы условия напора или потока, а по граничной линии (Γ_8) уровень воды нижнего бьефа. На нижней границе грунтов основания (Γ_4) задается условие водоупора, т.е. поток отсутствует, что аналогично (4), где $E = 0$. Не исключена возможность задания взаимосвязи с нижележащими горизонтами в виде напора или потока.

Для решения уравнения (1) используется численный метод суммарной аппроксимации, позволяющий формулировать краевые условия для схемы переменных направлений в случае ступенчатой областей [8].

Чтобы показать возможности предлагаемой разработки приведем результаты расчетов по плотине средней высоты из грунтовых материалов, подобный профиль рассмотрен в [2], когда УВБ меняется согласно данным таблицы 1.

Таблица 1 - Уровень верхнего бьефа (УВБ)

<i>сутки</i>	0	2	7	10	17	23	28	31
<i>УВБ, м</i>	16	16	12	8	11	15	12	8

Начальное положение УВБ $H_{УВБ}(0) = 16$ м. и распределение напора (соответственно влажности и положение кривой депрессии) в теле плотины принято по фильтрационным расчетам, результаты которых определяют конструктивное решение плотины (рис. 1А). Коэффициент фильтрации тела плотины $K_{плот} = 1$ м/сут, ядра $K_{ядро} = 0.02$ м/сут, грунтов лежащих в основании плотины $K_{осн} = 3.5$ м/сут. В основании плотины цементная завеса, коэффициент фильтрации которой $K_{завеса} = 0.005$ м/сут. По смачиваемому периметру верхового откоса коэффициент фильтрации составляет $K_{колм} = 0.7$ м/сут. В течение первого периода (рис. 1А) продолжительностью 2 суток УВБ не меняется, соответственно кривая депрессии в теле плотины не меняет своего положения, тем самым, отмечая предысторию, ибо за начало принят фильтрационный расчет, проведенный для условий установившегося режима, а также подтверждая точность и устойчивость метода. Далее рисунки 1В-1Г отражают результаты расчета по каждому периоду. Показано не только положение кривой депрессии в начале и конце периода, но и зона осушения или увлажнения в теле плотины и промежутки высачивания (при его наличии).

Период 3 (рис.С) наглядно показывает появление участка высачивания на верховом откосе плотины (3.5 м во высоте), как следствие быстрого падения УВБ с 14 до 8 метров за трое суток. В течение периода 4, семь суток, (рис.Д) УВБ поднимается с 8 до 11 метров, а кривая депрессии в теле плотины падает(!) – показывая реальность отражения математической моделью фильтрационных процессов. Обращая внимание на зону выхода кривой депрессии (период 4) на верховом откосе отмечаем – в начале периода высачивание на откосе продолжается (влияние предыстории) ...уменьшается ...исчезает и кривая депрессии поднимается в согласии с УВБ. А в целом в течение периода кривая депрессии опускается.

После ядра в теле плотины почти не проявляются изменения кривой депрессии. Конструктивное решение плотины (в нашем случае ядро и завеса) по фильтрационным расчетам ставят низовой откос в полную безопасность. Однако при этом важно отметить проблему устойчивости верхового откоса водоподпорного сооружения, в нашем случае плотины, и, следовательно, выработки правил эксплуатации водохранилища на основе расчетов в условиях неустановившегося режима.

Получаемые результаты расчетов, которые представлены графически на рис.А-Г, углубляют наше понимание проходящих во времени фильтрационных процессов в теле плотины. Кроме этого результаты, полученные при рассмотрении неустановившегося режима, позволяют расширить и современные требования [1] предъявляемые к фильтрационным расчетам гидротехнических сооружений подпорного назначения из грунтовых материалов. Это информация о динамике кривой депрессии, фильтрационных потерь из верхнего бьефа плотины, изменения поля скоростей фильтрации в различных зонах тела плотины и ее основания, а также напора или давления (построение гидродинамической сетки (линии равных напоров) на различные моменты времени).

Рамки статьи не позволяют показать влияние различных конструктивных решений плотин на фильтрационные процессы в условиях неустановившегося режима, например, наличие экрана или оценить фильтрационные процессы в защитных дамбах, да и любых других сооружениях водоподпорного назначения из грунтовых материалов. Отдельно можно поставить вопрос о конструктивно фильтрационном использовании дамб для очистки загрязненных вод.

Разработанный, при этом, компьютерный модуль показывает свою эффективность не только в реализации метода решения предлагаемой математической модели, но и в представлении результатов расчета. Следует заметить, что для настоящего момента понятие математической модели носит несколько расширенный смысл, когда соответствующий ей компьютерный модуль становится его необходимой составляющей. Наличие компьютерного модуля с располагающе-доступным для пользователя интерфейсом предоставляет возможность проведения любого числа вычислительных экспериментов и сохранения их результатов в прилагаемой базе данных.

Литература

1. СНиП 2.06.05-84*. Плотины из грунтовых материалов. <http://www.snip-info.ru> (Справочные ресурсы. СНиП и ГОСТ).
2. Гольцов Ю.Я., Гольцова М.Ю. Плотина из грунтовых материалов. I. Математическая модель фильтрационных расчетов. Сб.научных трудов МГУП, 2006. стр.
3. Richards L.E. Capillary condition of liquids through porous medium.-Physics, 1931, v.1, N 5, 318-322.
4. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение. М.: КолосС, 2005. 216 с.
5. Голованов А.И. Прогноз водно-солевого режима и расчет дренажа на орошаемых землях. Автореферат дис.уч.ст. д.т.н. М.,1975, 32 с.
6. Genuchten, M. Th. van, 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am.J.,44: 892-898.
7. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги. М., «Наука», 1964. 244 с.
8. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. М.,1971, 552 с.

УДК 556.536

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА НА ВЫХОДЕ ИЗ ВОДОБОЙНОГО КОЛОДЦА С БОКОВЫМ ОТВОДОМ ПОТОКА

А.П. Гурьев, А.М. Бакштанин
МГУП, Москва, Россия

Дальнейшее совершенствование конструкции водосбросов, снижение стоимости капиталовложений и уменьшение эксплуатационных расходов дает ощутимую экономию материальных и денежных средств, и поэтому проблема гашения энергии в нижнем бьефе средне- и высоконапорных гидроузлов остается актуальной.

Кроме того, многочисленные случаи опасных размывов русла и аварийные подмывы сооружений, размещаемых в не скальных грунтах, большие объемы ремонтно-восстановительных работ свидетельствуют о том, что энергогасящие конструкции, использующие до настоящего времени прыжковое сопряжение бьефов в плавно расширяющихся руслах требуют дальнейшего совершенствования. Известные конструкции для гашения энергии обладают как достоинствами, так и недостатками, в связи с чем не является универсальным и могут быть использованы только для определенного диапазона параметров гидротехнических сооружений/2/.

Для исключения отдельных недостатков водобойного колодца разработана конструкция водобойного колодца с выпуском воды через боковую стенку. Достоинством этой конструкции является возможность выпуска воды в нижний бьеф под углом к оси водосбросного сооружения с одновременным снижением удельного расхода, который может быть доведен до уровня естественного состояния потока в реке.

Ввиду отсутствия экспериментального материала по изучению пространственного подпертого гидравлического прыжка в водобойном колодце с боковым выпуском воды нами была исследована конструкция, представленная на рисунке 1: 1 – водосброс; 2 – уступ; 3 - водобойный колодец; 4 - торцевая стенка водобойного колодца; 5 - боковые стенки водобойного колодца; 6 – порог; 7 - отводящий канал.

Опыты проводились при расходах $Q=10,75...25,10 л/с$. Наши исследования по изучению движения потока через боковой водослив проводились при горизонтальном дне водобойного колодца, высоте порога $p=12...16 см$ и при изменении длины гребня бокового водослива от $B_6=35...55 см$.

В боковой стенке водобойного колодца выполняется вырез, начиная от торцевой стенки, которая размещалась в створе его выходного сечения. Боковой вырез имел глубину простирающуюся от верха водобойного колодца до дна русла реки. Таким образом, формировался боковой водослив по типу водослива с широ-

ким порогом, высота которого равнялась величине заглубления дна водобойного колодца под уровень дна реки.

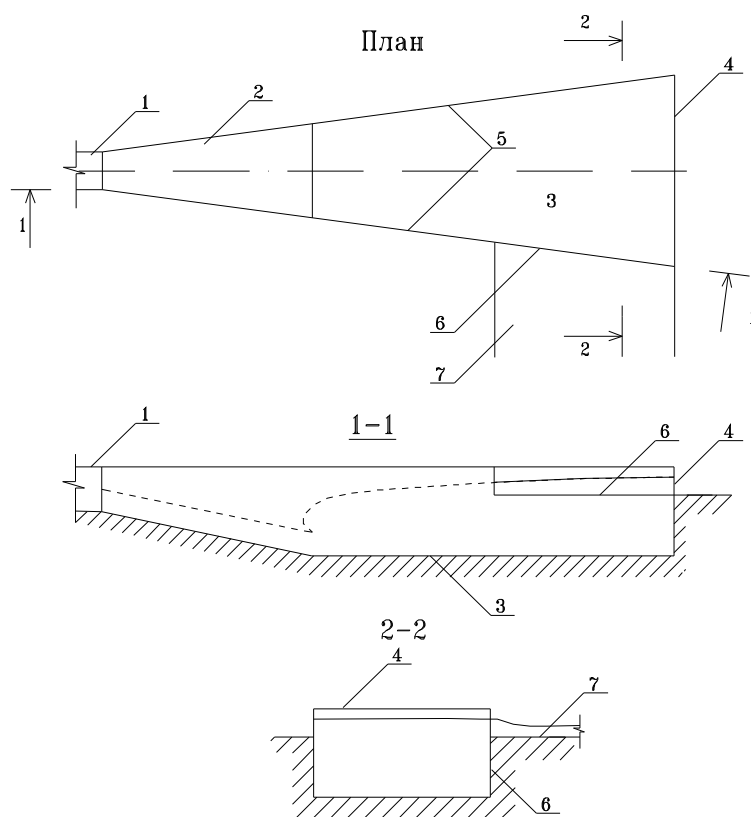


Рисунок 1 - Схема конструкции водобойного колодца

В данной работе излагаются результаты исследования распределения удельного расхода по длине гребня бокового водослива в зависимости от длины выреза. Исследования проводились по следующей методике. Длина выреза боковой стенки разделялась на участки b_1, b_2, \dots (рис.2). По замеренным значениям глубин и скоростей с нормальным направлением к гребню определялись средние глубины воды и скорости по участкам. Имея значения средних глубин и скоростей на расчетных участках, были определены средние расходы, как произведение средней скорости на глубину. Для удельных расходов $q = V_i \cdot h_i$ на расчетных участках b_i, b_2, \dots были определены значения средних расходов: $\Delta Q_i = q \Delta b_i$.

Вычисленный общий расход $Q_i = \sum \Delta Q$ сопоставлялся с замеренным расходом треугольного водослива $Q_{тр}$. Относительная ошибка находилась в пределах $\pm 5\%$.

По результатам исследований были построены графики распределения удельного расхода по длине гребня бокового водослива при $B_b = 35, 45, 55$ см (рис. 3, 4, 5).

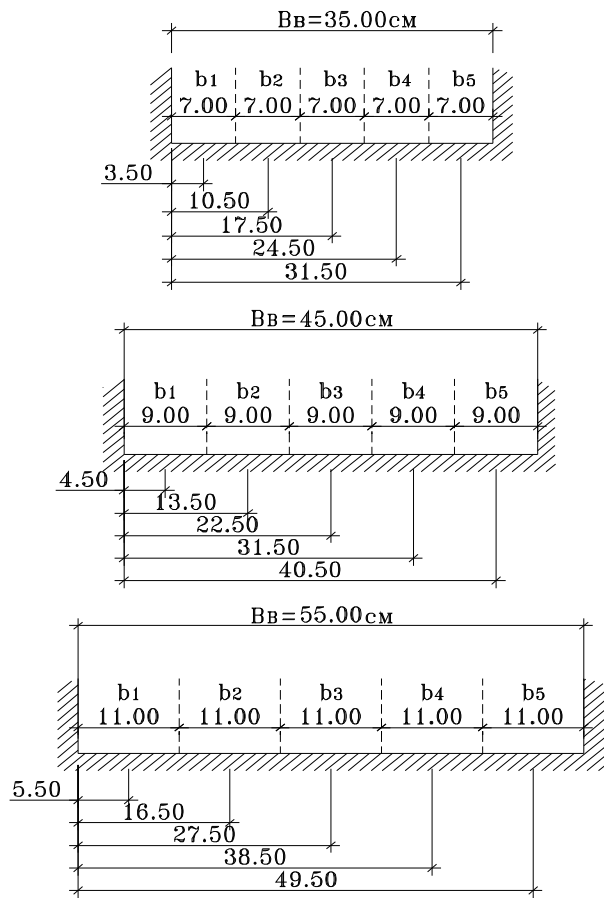


Рисунок 2 - Схема модели для замеров глубин и скоростей

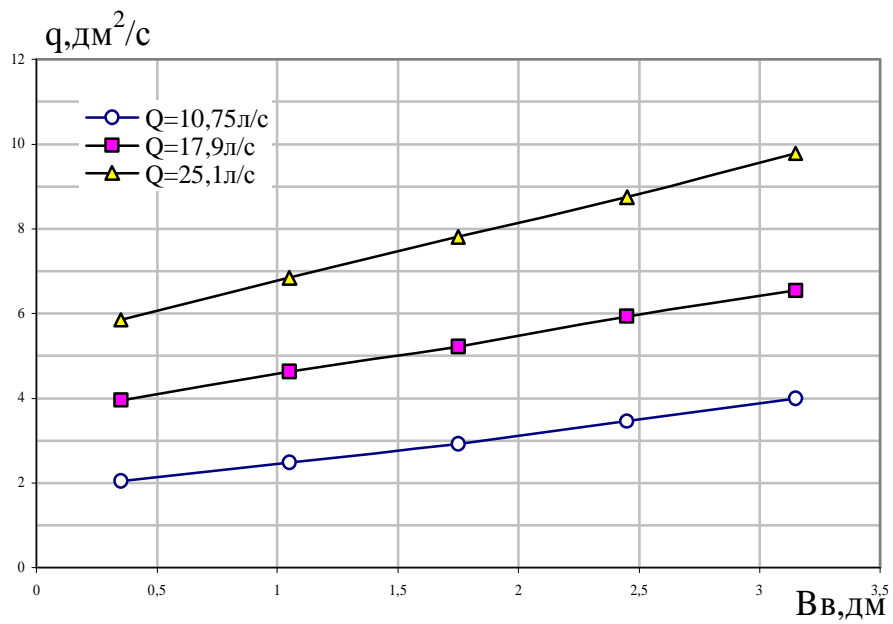


Рисунок 3 - Распределение удельного расхода по длине гребня бокового водослива $BВ = 35\text{ см}$

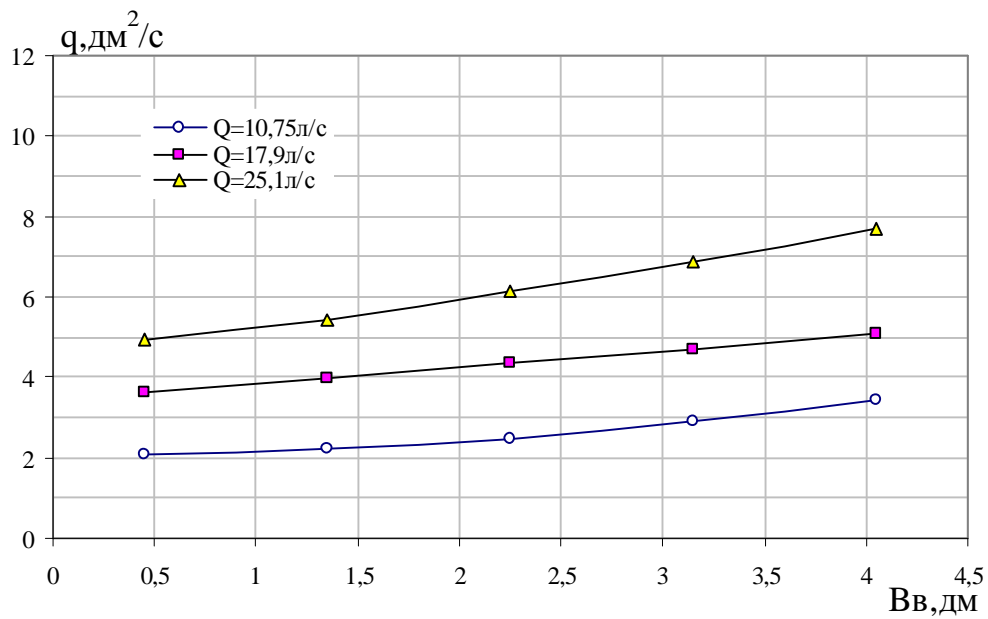


Рисунок 4 - Распределение удельного расхода по длине гребня бокового водослива $Bв=45\text{см}$

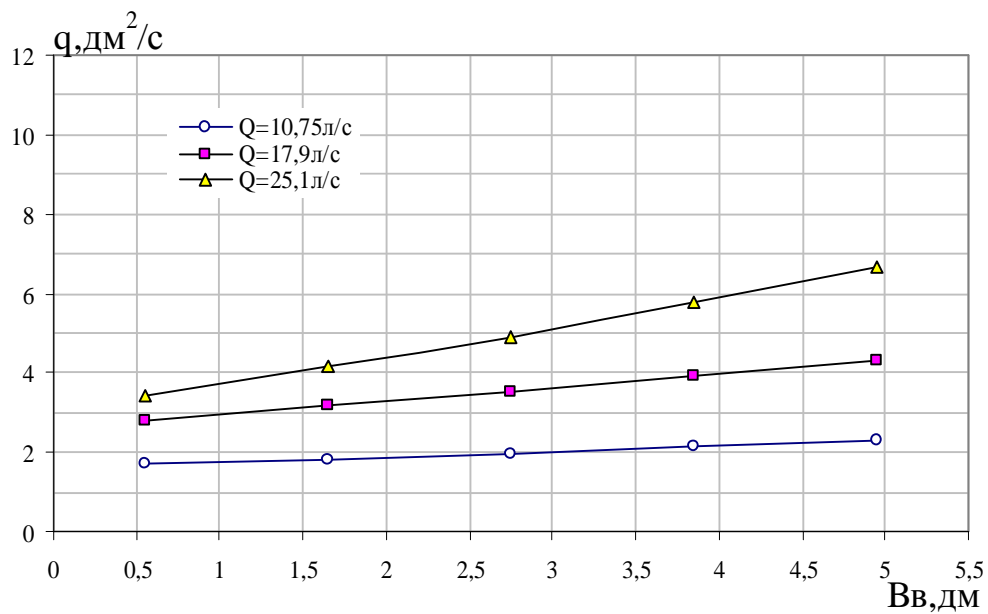


Рисунок 5 - Распределение удельного расхода по длине гребня бокового водослива $Bв=55\text{см}$

Характер изменения кривой, выражающей распределение удельных расходов по длине гребня имеет два ярко выраженных участка. В начале (по течению воды) выреза имеется зона «затенения», в которой на некоторой длине порога движения воды отсутствует. Особенно этот участок проявляется при больших

расходах и скоростях потока. Кроме того, на этом участке поток вынужден поворачивать почти на 90° , так что нормальная составляющая вектора скорости значительно меньше, чем на остальном участке водослива. Длина этой зоны затенения составляет порядка 10% от длины выреза. На оставшемся участке распределение удельных расходов практически прямолинейно. Это можно наблюдать на рис. 3, 4, 5. Линия удельных расходов определяется с помощью условной величины $tg\alpha$ угла наклона линии изменения удельных расходов по длине гребня водослива к гребню водослива $1/l$ (рис. 6). Изменение $tg\alpha$ в зависимости от расхода водослива и высоты порога показано на рисунке 7.

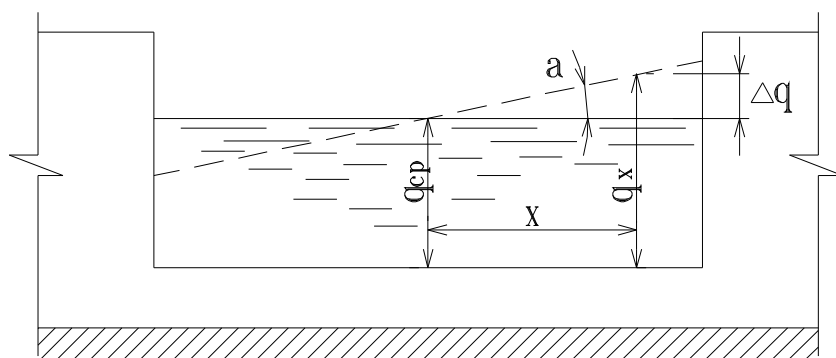


Рисунок 6 - Схема изменение удельного расхода по длине гребня водослива

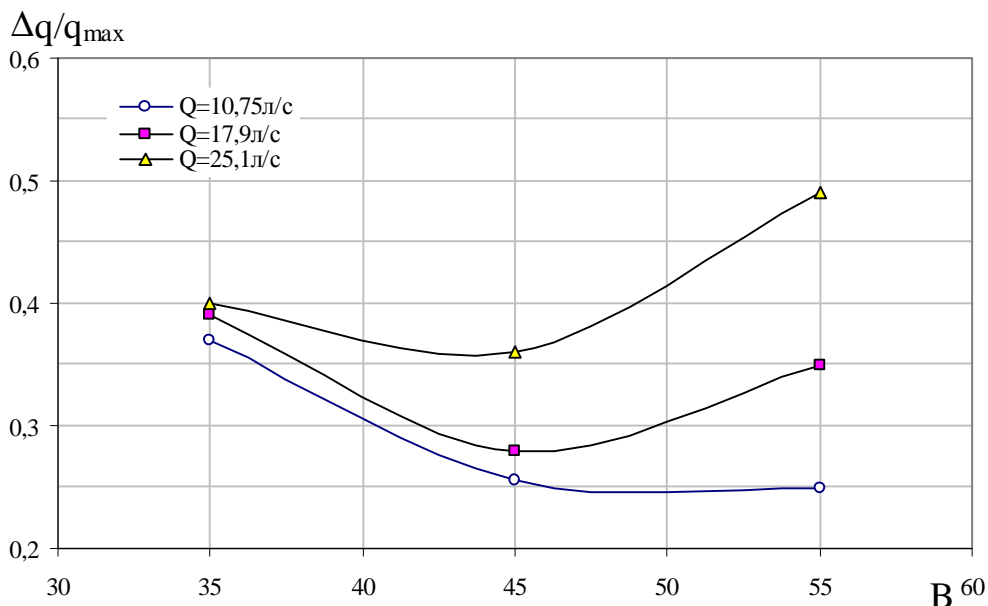


Рисунок 7 - Кривая зависимости $\frac{\Delta q}{q_{\max}} = f(B)$

Если принять, что приращение удельного расхода изменяется пропорционально длине гребня водослива, то

$$\operatorname{tg} a = \frac{\Delta q}{x}.$$

Расход по длине гребня бокового водослива на участке x определяется по зависимости

$$q_x = q_{cp} \pm \Delta q,$$

где Δq - приращение расхода на участке x по длине гребня бокового водослива;

x - расстояние от середины гребня водослива принимается вправо (к концу водослива) со знаком плюс и влево (к началу водослива) со знаком минус;

q_{cp} - средний удельный расход по длине гребня водослива.

На основании полученных данных (рис. 3, 4, 5) были построены графики неравномерности распределения удельных расходов $(\Delta q/q_{max})=f(B)$ (рис. 7).

Анализ зависимостей неравномерности распределения удельных расходов на пороге выреза позволяет сделать следующие выводы:

- при относительно небольшой глубине выреза ($0,4l_{кол}$) и большой длине выреза ($0,6l_{кол}$) неравномерность удельных расходов достигает максимальной величины при расходах водосброса больше $0,5Q_{max}$;

- минимальная неравномерность распределения удельных расходов наблюдается при длине выреза $0,5l_{кол}$;

- при расходах водосброса меньше $0,5Q_{max}$ увеличение длины выреза больше $0,5l_{кол}$ не влияет на неравномерность распределения удельных расходов;

- поскольку определяющим гидравлическим режимом является пропуск расчетного (максимального) расхода, можно рекомендовать выполнение выреза длиной $0,5l_{кол}$.

Литература

1. Агасиева С.И. Боковые водосливы и траншейные водосбросы. 1956. Москва.
2. Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений. Справочное пособие. Москва. Энергоатомиздат. 1988.
3. Курганов А.М., И.Ф. Федоров. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Ленинград. Стройиздат. 1973.
4. Руднев С.С. Боковые водосбросы. Госэнергоиздат, 1941, Москва.

УДК 626.862.4

СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДРЕН ЗАКРЫТОГО ТИПА И РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА

В.В. Бердянский, В.Н. Бердянский
НПО САНИИРИ, Ташкент, Россия

Более 45 лет в Узбекистане на землях сельскохозяйственного назначения строится горизонтальный дренаж закрытого типа, разрабатываются и совершенст-

вуются специализированные машины, технологические процессы, конструкции закрытых дрен и их элементов. В настоящее время традиционная конструкция горизонтального дренажа закрытого типа включает дренажную линию, контрольно-смотровые колодцы, расставленные по трассе дрены, концевую часть и устье. Водоприемная часть дренажной линии, строящаяся узкотраншейным способом, изображена на рисунке 1, где в поперечном сечении показана дренажная полимерная труба с волокнистым фильтром или без него, в круговой обсыпке зернистым фильтром. Полость траншеи над фильтром до верха заполняется рыхлым грунтом из временного отвала с последующим уплотнением. Недостатком этой конструкции является невозможность использования её при уровне грунтовых вод, превышающем дно отрываемой траншеи, вследствие скопления грунтовой воды в зоне работы роющего органа, что является причиной образования пульпы, кольматации фильтров и гидродинамического биения, вызывающего обрушение стенок траншеи.

Для устранения этих негативных факторов предлагается новая эффективная конструкция горизонтальной дрены закрытого типа, включающая дренажную линию без каких-либо путевых сооружений, начало которой выведено на дневную поверхность земли в виде дренажной трубы с волокнистым фильтром путем плавного перехода от горизонтали к вертикали. На конце дренажной трубы монтируется крышка из полимерного материала с замком (АС № 1669227 (СССР)). Дренажная труба с волокнистым фильтром высотой 0,5 – 0,7 метра от поверхности земли обсаживается асбестоцементной трубой, один конец которой заделывается в землю на глубину до 1-1,5 метров. В качестве защиты от механических повреждений дополнительно предусматривается железобетонное кольцо диаметром и высотой 1 метр, устанавливаемое концентрично с выводом. Устье в виде дренажной трубы с волокнистым фильтром выводится за пределы откоса коллектора или его кармана на 0,3-0,5 метра. Концевая часть траншеи на длине 4-24 метра заполняется до верха природной песчано-гравийной смесью с отсортировкой фракций крупнее 60 мм. Эта засыпка служит пригрузкой вышележащего грунта в траншее и для хорошего отвода оросительной воды, собирающейся в конце поля в процессе поливов.

На рисунке 2 изображено типовое поперечное сечение водоприемной части дренажной линии, строящейся узкотраншейным способом. Сущность новизны состоит в том, что ниже дна траншеи изготавливается ложе в материковом грунте ненарушенной структуры глубиной 0,65 диаметра трубы и шириной, обеспечивающей напряженную посадку дренажной полимерной трубы с волокнистым фильтром путем сжатия ее по горизонтальному диаметру и введением по вертикали до отказа с одновременным снятием сжимающего действия. По бокам и сверху дренажная линия засыпается слоем зернистого фильтра расчётной толщины. Над фильтром траншея заполняется до верха рыхлым грунтом из временного отвала с последующим уплотнением. Данная конструкция позволяет быстро и надежно отводить грунтовую воду из зоны

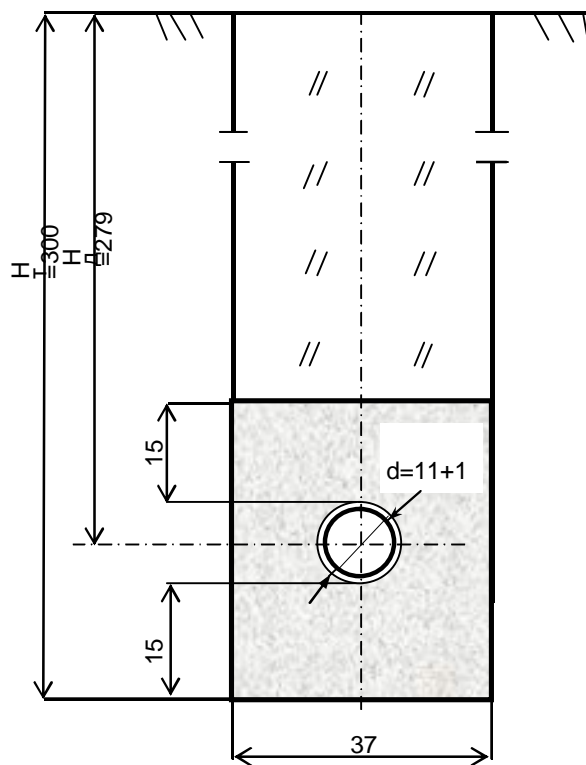


Рисунок 1 - Традиционная конструкция

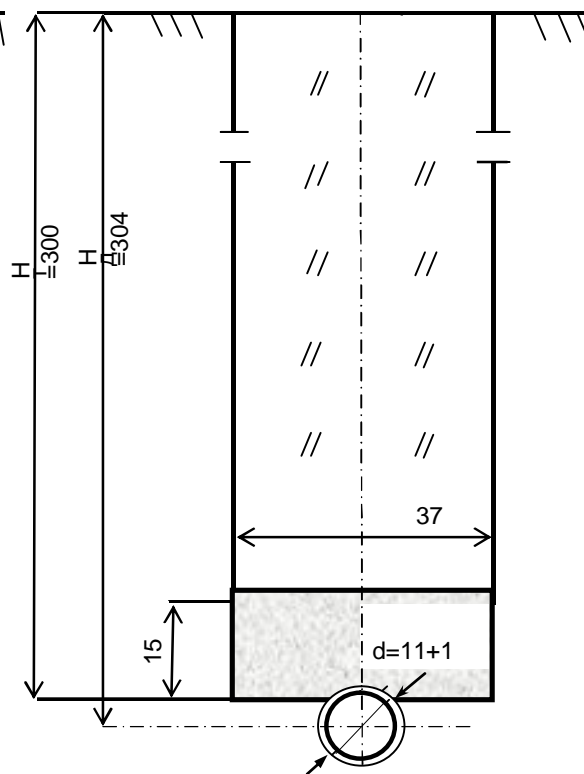


Рисунок 2 - Новая эффективная конструкция

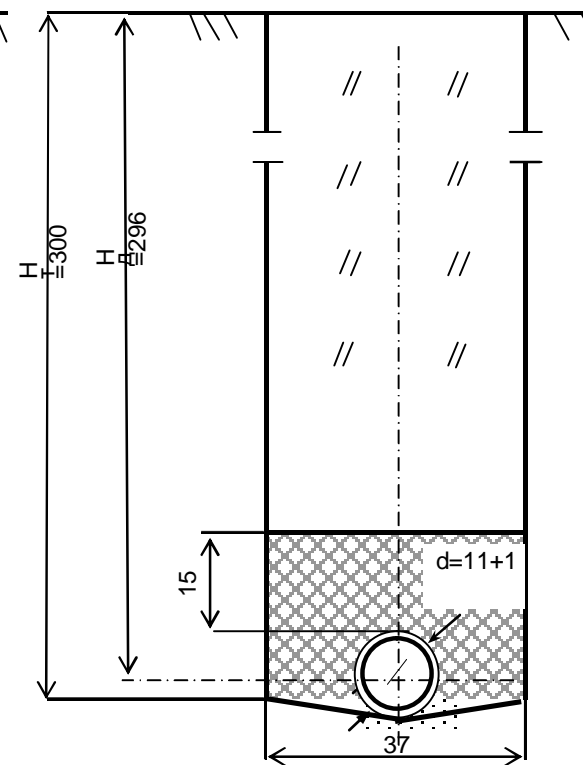


Рисунок 3 - Новая универсальная конструкция

Типовые поперечные сечения водозахватной части горизонтальных дрен закрытого типа

работы роющего органа. При экономии зернистого фильтра эта конструкция обеспечивает увеличение расчётного статического напора грунтовых вод и сохраняет необходимое водозахватное действие, что обеспечивает возможность использования её при уровне грунтовых вод, превышающем дно траншеи.

На рисунке 3 изображено поперечное сечение новой универсальной конструкции горизонтальной дрены закрытого типа, эффективность которой обеспечивается за счет опускания дренажной трубы с волокнистым фильтром на дно траншеи, где вырезана призма с углом 90° - 120° , а по бокам и сверху засыпается слоем зернистого фильтра расчётной толщины. При уровне грунтовых вод, превышающем дно траншеи, эффект данной конструкции достигается за счет быстрого и надежного отвода грунтовой воды из зоны работы роющего органа и предотвращает образование пульпы в процессе отрывания траншеи. Благодаря этому предотвращается кольятация фильтров, а также, гидродинамическое биение на стенки траншеи. Дрена с универсальным сечением работает с увеличенным расчётным статическим напором грунтовой воды, что повышает её водозахватное действие. Все остальные параметры дрены аналогичны в целом дрене, описанной выше (рис. 2). Эта универсальная конструкция не требует сколько-нибудь серьёзных доработок в конструкции оборудования укладываемого дрена рабочему органу узкотраншейных дренаукладчиков любых фирм.

Обоснованием для отказа строить контрольно-смотровые колодцы по трассе дрены послужили следующие факторы- это желание прокладку дренажной линии выполнять непрерывно и оставлять её цельной в процессе эксплуатации. Другим фактором явились наши наблюдения за состоянием горизонтальных дрена закрытого типа, построенных в период 1959-1995 гг. в различных хозяйствах Голодной и Джизакской степи, которые позволяют утверждать, что описанные новые конструкции (рис. 2 и 3) не потребуют в ближайшие 55 лет очистки полости дренажного трубопровода. Наблюдения велись методом вскрытия горизонтальных дрена закрытого типа и анализа состояния дренажных трубопроводов из асбестоцементных и керамических (гончарных) труб длиной 50 см с коническими срезами на концах; керамических (гончарных) труб длиной 33 см с плоскими торцами; керамических (гончарных) раструбных труб длиной 50 см; полимерных гофрированных труб большой длины. Все вышеперечисленные трубы укладывались с круговым зернистым фильтром; полимерные гофрированные трубы большой длины с круговым синтетическим волокнистым фильтром и двухслойным фильтром из волокнистых и зернистых материалов. Дренажные трубопроводы других конструкций не наблюдались в связи с отсутствием инженерного и промышленного интереса к ним. Следующим фактором обоснования ненужности контрольно-смотровых колодцев по трассе дренажной линии может служить очень малый объем (7-25%) их использования при очистке полости и ремонте дренажных трубопроводов. При этом основной объем этих работ (более 70%) выполняется через шурфы, отрывание которых производится по координатам, определяемым в процессе ремонта и очистки. Четвертым фактором в обосновании ненужности строительства контрольно-смотровых колодцев служат их высокая трудоемкость и искусственное на-

рушение целостности дренажного трубопровода. Кроме того, возможны появления окон для засорения и заноса грунта при нарушении герметизации стыков дренажного трубопровода с обсадной трубой колодца и самого колодца при сборке его из отдельных элементов. Пятым фактором являются наземные части колодцев, которые создают определенные трудности для работ машин, используемых в сельскохозяйственном производстве. Вместе с этим, строительство контрольно-смотровых колодцев следует считать обязательным в местах изменения направления трассы дренажных линий и слияния дрен. При этом их внутренний диаметр должен быть не менее 1 метра.

В настоящее время разработана и патентуется новая конструкция контрольно-смотровых колодцев, которая должна обеспечить хорошую технологичность и экономичность их строительства и надежность в эксплуатации.

Рациональные способы строительства новых универсальных конструкций горизонтальных дрен закрытого типа складываются из следующих основных операций и последовательности их выполнения. Подготавливается путь для дреноукладчика шириной 3-3,5 метра. По трассе монтируется дренажный трубопровод из отрезков полимерных гофрированных перфорированных труб с волокнистым фильтром. Прокладка дренажной линии начинается от водоприёмника (коллектора) с выпуском дренажной трубы с волокнистым фильтром за пределы откоса на 0,3-0,5 метра. Дреноукладчик должен передвигаться к началу дрены без каких-либо задержек и длительных остановок. С самого начала дрены в траншею засыпается через дреноукладчик зернистый фильтр расчетных размеров. После укладки первых 15-25 метров дрены концевая часть траншеи заполняется доверху природной песчано-гравийной смесью с отсортированной фракцией крупнее 60 мм. Выполняться эта операция может специализированными машинами-перегрузчиками сыпучих материалов или автосамосвалами. Процесс непрерывной работы дреноукладчика поддерживается с помощью гидравлического экскаватора с рабочим оборудованием двухчелюстного грейфера в комплекте с тракторными тележками для перевозки грунта вместимостью 9-15 м³, специализированных перегрузчиков сыпучих материалов или с помощью автобетономешалки. Засыпка траншей доверху производится грунтом из временного отвала с помощью специализированных засыпателей или бульдозеров. Работа бульдозеров при засыпке траншей должна организовываться в 2 приёма: надвигкой грунта на засыпанную часть траншеи и затем вдоль траншеи, наступая на уходящий дреноукладчик.

Следует также воспользоваться опытом строительства закрытых дрен когда верхний слой фильтра засыпается защитным слоем грунта толщиной 0,3-0,5 метра путём срезки берм траншеи с обеих сторон с помощью специального приспособления. Дреноукладчик заканчивает прокладку дренажной линии, выглубляя рабочее оборудование, а дренажная труба с волокнистым фильтром плавно выводится по откосу забоя на материковом грунте на дневную поверхность, где устанавливается обсадная труба и крышка с замком. Эти операции выполняются вручную. Уплотнение обратной засыпки грунта в траншею рекомендуется производить при наличии оросительной воды путем прокладки гофрированной перфорированной трубы диаметром 63 мм в средней части засыпки

вдоль траншеи по большой длине для пропуска воды с небольшими расходами.

Строительство контрольно-смотровых колодцев в местах, указанных выше, выполняется полумеханизированным способом. Новым в технологии является сборка деталей обсадной трубы и её соединение с дренажной линией с использованием в качестве уплотнения пороизоловых прокладок. По наружному диаметру обсадной трубы в местах подхода дренажной линии производится засыпка зернистого фильтра. Остальная часть пазухи между обсадной трубой колодца и материковым грунтом заполняется грунтом жидкой консистенции (АС № 1051158). Эта операция выполняется с помощью авторастворомешалки.

Строительство новой универсальной конструкции горизонтальной дрены закрытого типа и рациональные способы выполнения операций позволяют сэкономить до 40% зернистого фильтра, уменьшить плотность дренажа на 9% и снизить стоимость в 1,35 раза. В процессе эксплуатации таких дрен расходы на их содержание в рабочем состоянии сократятся в 6-18 раз.

УДК 631.43

К ВОПРОСУ О МОНИТОРИНГЕ В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ

Е.С. Лепнова

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В настоящей статье рассматривается интегральный показатель состояния водных объектов мелиоративного назначения. Существующие подходы и показатели состояния мелиоративных объектов (МО, /1-6/) не исключают возможность использования интегрального показателя /9-10/. Как доказал анализ литературных источников /4-6, 11/ и результатов комплексных исследований ВНИИГиМ /7/, таким показателем является скорость сработки уровня воды в опытных объектах (каналах, площадях под промывкой и др.). В качестве методического контроля могут служить результаты замеров на установках, моделирующих условия работы реальных мелиоративных объектов (отсеки каналов, кольца Нестерова, «большие кольца», фильтрационные кольца и др.).

Для практической оценки состояния (МО), на примере оросительного канала переводят общепринятую единицу измерения удельных потерь воды на фильтрацию из канала (g , л/с/км; СНиП 2.03.06.85) в предлагаемый интегральный показатель (V , мм/сут; или л/сут/м² площади зеркала). Для этого достаточно в значение g ввести поправочный коэффициент ($86,4/B$), где B – средняя ширина канала по урезу воды на обследованном участке (м) и зафиксировать фактические сроки работы оцениваемого объекта.

Полученное при этом значение V сравнивают с начальным значением (V/V_0) для этого же участка. Таковым считают момент начала эксплуатации или в экспериментальных условиях момент наступления стабилизации (показатель относительного отклонения, $\theta_{отн}$, %; /7-10/).

Согласно известной или вновь принятой градации конкретного типа объектов характеризуют его состояние на момент обследования. Таким образом можно количественно оценить текущее состояние объекта. Для наиболее де-

тальной оценки служат графики $V=f(V_0, t)$ за принятый расчетный период Δt (месяц, сезон от t_0 до t_k) и за суммарные сроки службы МО ($\Sigma \Delta t$).

Анализ и обобщение предлагаемых многочисленных показателей /7/ указывают на сложность их использования для разделения каналов на группы с хорошей, средней и неудовлетворительной оценкой (Гвенитадзе Г.В. 1975; Бурчак Г.В., Петраш А.Д. 1975; Косиченко Ю.М., 1998). Все рекомендации сводятся к использованию традиционного показателя – КПД. На наш взгляд этот показатель достаточно надежно характеризует оросительную систему в целом и крупные каналы, однако требует замеров на всем комплексе объектов, что крайне трудоемко.

Ниже предложено разделять каналы по соблюдению условий командования. Это возможно /8/ при делении их на три группы: I. Экологически безопасные $-V=0...10$ мм/сут; II. Работоспособные $-V=0...100...300$ мм/сут; III. Неработоспособные из-за повышенных потерь на фильтрацию и сложности соблюдения проектных режимов подачи воды $-V=0,3...0,5...1$ м/сут и более.

Для выявления условий предстоящей реконструкции каналов предлагается разбить указанные три группы на шесть подгрупп /7/. При этом для общей характеристики состояния ложа обследованного канала предложены оценки: **I.1 отличное состояние**, т.к. значение $0...10$ мм/сут равно среднесуточному слою испарения с водной поверхности (за вегетационный период); **II.1 хорошее**, т.к. условия командования канала обеспечено в проектном рабочем режиме подачи воды $-V=10...50$ мм/сут); **II.2 удовлетворительное**, т.к. условия командования канала может быть обеспечено лишь в форсированном режиме $-V=100...300$ мм/сут), **III.1 неудовлетворительное**, т.к. обеспечение подачи воды по каналу в таком состоянии опасно и без внепланового отключения других каналов сложно $-V=0,3...0,5$ м/сут); **III.2 критическое** - по визуальной оценке подача воды по такому участку канала невозможна из-за высоких потерь на фильтрацию $-V=0,5...1$ м/сут); **III.3 катастрофическое состояние**, при котором ложе канала теряет сплошность, подвергается разрушению и может потребовать внепланового ремонта $-V> 1$ м/сут.

Примеры предлагаемой градации и соответствующей оценки состояния действующих каналов, проработавших известное число лет (2..3; 3..5; более 7) проведены нами в /9/. Исходные данные взяты из отчета САНИИРИ, выполненного для Средазгипроводхлопка (Р.М.Горбачев, 1968...1972гг./ на 4-х типах каналов с разными противофильтрационными одеждами и без.

Аналогичные примеры градации и оценки фактического изменения состояния староорошаемых территорий приведены нами в /9/ (по пяти категориям почв, исследованных в четырех регионах Средней Азии (ВНИИГиМ. 1981). Сравнение проведено нами согласно известной градации основных типов почв по диапазону значений установившейся скорости впитывания (по отношению к значениям водопроницаемости тех же типов почв на целинных землях).

Не только количественно, но и качественно показано, что уровень снижения водопроницаемости практически всех типов орошаемых почв становится низким /7/, т.е. происходит фактический «переход» по уровню проницаемости одного типа почв в другой (от песчаных в сторону глинистых). При этом опас-

ная тенденция к снижению (в 5-7 раз) продолжала сохраняться (согласно показателям варьирования результатов длительных полевых опытов в том же регионе - данные Голодностепского полигона ВНИИГиМ).

Физическое объяснение ясно выраженного снижения, по мнению автора – Т.А.Труновой - потеря структуры почвами. Более общее объяснение снижения активной пористости в процессе освоения при периодическом промачивания, как почв, так и подстилающих их грунтовых толщ.

Итак, выявлено, что водопроницаемость зон, промачиваемых под каналами, имела тенденцию к росту (в 2..3...5 раз). Это объясняется другими условиями промачивания по сравнению с орошаемыми площадями и подтверждается режимными наблюдениями в течение 3-4 сезонов на опытном полигоне ВНИИГиМ в Голодной степи /7-10/.

Результат исследований – экспериментальные зависимости, типы которых после проверки названы базисными.

Однотипные группы действующих каналов, проработавшие практически равные сроки (1..2; 3..4; 5...7 летних сезонов), могут быть выделены визуально. Затем их оценивают по количественным показателям на пространственную неоднородность и временную изменчивость. Для этого на выбранных группах каналов проводятся разовые (желательно, режимные) замеры потерь воды на фильтрацию. Диапазон значения V оценивают на различие между начальными и конечными значениями через месяц...сезон (V_o/V_k или V_k/V_o). Далее - по показателю отклонения единичных результатов от средних - оценивают степень фактической стабилизации процессов /10/.

Режимные наблюдения позволят своевременно выявить наиболее опасные участки каналов (III.2, III.3). Для остальных - целесообразно оценивать фактическую тенденцию к переходу объекта из начального зафиксированного состояния в сторону ухудшения, улучшения или сохранения его практически неизменным внутри одной подгруппы - («отличное-хорошее-удовлетворительное»). При этом очень важно количественно оценивать степень пространственной неоднородности между каналами, визуально признанными практически одинаковыми. Таким образом, возникает возможность подтверждать или уточнять предварительные заключения экспертов о принадлежности выделенных групп каналов к одной из градаций и делать соответствующие выводы.

Известно, что режимные замеры потерь из каналов необходимы для определения общепринятых характеристик (КПД; поправок к расходу в голове каналов; для контроля пропускной способности и др.). Вычисление предлагаемых значений V и получение графиков $V=f(V_o, t)$ не требует дополнительных обследований кроме уточнения средней ширины канала по урезу воды (B , м) и сроков фактической его работы. Показатели пространственной и временной изменчивости состояния каналов должны (также без дополнительных обследований) помогать уточненной оценке общего состояния каналов.

В целом комплекс количественных характеристик и достаточно объективная информация будет способствовать принятию необходимых, действенных, выборочных мероприятий. Результаты крайне нежелательного хода процессов, как бы неизбежно происходящих при эксплуатации под конкретными

мелиоративными объектами, могут быть своевременно количественно зафиксированы. Предотвращение или сокращение опасных последствий при орошении требует гораздо меньших затрат, чем на более поздних этапах эксплуатации.

Предлагаемый интегральный показатель состояния каналов – величина скорости сработки уровня воды – имеет ряд следующих положительных качеств:

- достоверность предлагаемого показателя не вызывает сомнений;
- доступность измерений требуемых исходных значений величин с возможностью проверки сомнительных результатов;
- наглядность значений показателя V ;
- возможность использования интегрального показателя единого для характеристики и оценки состояния разных мелиоративных объектов в сравнении с их начальным состоянием;
- возможность визуально (по графикам $V=f(V_{от})$) и количественно по показателям варьирования ($\theta_{отн,i},\%$, $\theta_{отн,i}=f(t)$ и r) оценивать пространственную и временную изменчивость МО под влиянием комплекса природных и антропогенных факторов.

Использование предлагаемого способа /7-10/ наиболее целесообразно в начальный период освоения земель под орошение.

Начало эксплуатации сопровождается значительными, но обычно не учитываемыми, колебаниями потерь воды на фильтрацию под элементами оросительных систем из-за пульсаций активной пористости в зоне промачивания и преобладания то кольтматационных процессов над суффозионными, то суффозионных над кольтматационными. Естественно, что результаты таких антропогенных воздействий различны. Они проявляются, например, в недопустимо высоком поднятии УГВ.

К сложности использования интегрального показателя – скорости сработки уровня воды в водоисточнике – можно отнести проблему регулярного контроля. Без результатов режимных наблюдений за потерями воды на фильтрацию под различными мелиоративными объектами крайне затруднен своевременный контроль и объективная оценка их общего состояния, что осложняет назначение и обеспечение оперативных, наиболее действенных, и, очевидно, наиболее эффективных мер, создание необходимых условий для безаварийной работы мелиоративных объектов.

Литература

1. А.Н.Костяков. Основы мелиорации. – «Сельхозиздат» – М.,1938
2. А.Н.Костяков. О динамике коэффициента просачивания воды в почво-грунты и необходимости динамичного подхода к его изучению в мелиоративных целях.- «Почвоведение», №3, 1932
3. Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости: ГОСТ 23278.78, М,1986
4. Ведущие ученые-мелиораторы современности - М.: «Ассоциация ЭкоСт», 2002
5. Н.П.Карпенко. Управление функционированием мелиоративных систем. Юбилейный сборник ВНИИГиМ. М. Т 1 2004

6. Ю.М.Косиченко. Оценка гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности оросительных каналов (пособие к СНиП) – М.: Госэкомелиовод, 1998
7. Е.С.Лепнова. Исследование изменений водопроницаемости лессовидных слоистых грунтов в процессе периодического их промачивания на мелиоративных системах; Дисс. канд. техн. наук. - М., ВНИИГиМ, 1979
8. Е.С.Лепнова. Экологические ограничения на изменение показателя фильтрационных потерь из каналов. Сб. Вопросы мелиорации. № 3-4, 2002
9. Е.С.Лепнова. Способ оценки состояния мелиоративных объектов в зоне орошения. – Мелиорация и водное хозяйство, № 6, 2002
10. Е.С. Лепнова. К вопросу оценки состояния мелиоративных объектов в условиях орошения. Юбилейный сборник ВНИИГиМ. М., Т 1 .2004.
11. Е.В.Шеин. Современные тенденции и проблемы экспериментального определения, оценки и интерпретации данных. Сб. «Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации» М., МГУ, 2005
12. Dedrick A.R. and Laurizen C.W. Earth Linings for Seepage Control: Evaluation of Effectiveness and Durability, April, 1974

УДК 626.862..4. 001.57

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЛУБИНЫ УКЛАДКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Г.Х. Бедретдинов, И.С.Карпушкин
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Технология строительства дренажа на орошаемых землях включает выполнение подготовительных, основных, вспомогательных и заключительных операций. Последовательное выполнение подготовки трасс дрен, укладки дренажной линии, обратной засыпки с параллельной доставкой материалов к месту укладки требует взаимной увязки выполняемых операций для достижения минимальной стоимости строительства.

Вопросы оптимизации технологии строительства дренажа на орошаемых землях достаточно полно рассмотрены в работах Е.Д. Томина, А.Я. Шапочкина, Л.В.Кирейчевой, В.И.Миронова, В.М.Темченко: при этом комплексное решение задачи связано с оптимизацией параметров дренажной сети с учетом технологии производства работ.

Оптимизация дренажной сети предусматривает выбор: типа трубы; диаметра трубы; типа фильтра и толщины дренажной обсыпки [1]. Оптимизация технологии производства работ предусматривает определение основных параметров, обеспечивающих минимальную стоимость строительства. При известных оптимальных параметрах дренажной сети представляет интерес решение частной задачи оптимизации глубины укладки дрен.

По опыту строительства дренажа в США укладка дрен выполняется по правилу «укладывать трубы так глубоко, как возможно». Однако при этом учитывается, что с увеличением глубины укладки свыше 2,4 м удельная стоимость дренажа повышается на 6,7 цента на каждые дополнительные 10 см глубины [2]. Тогда можно предположить, что на эффективность укладки влияют удельная протяженность дрен и технология производства работ; при этом су-

ществует оптимальная глубина, обеспечивающая минимальную стоимость укладки дренажа.

В общем виде моделирование дренажной сети включает: выбор критерия оптимизации, формирование функции цели (целевой функции), математическое описание исследуемого процесса, установление постоянных параметров (констант) и ограничений на основные параметры.

В качестве критерия оптимизации при решении задачи принимается удельная стоимость укладки дрен, приведенная к одному гектару орошаемой площади. Удельная протяженность дренажа на один гектар определяется $Q = 10000/B$, где B - междреннее расстояние, м. Стоимость укладки дрены включает сумму стоимости материалов C_m , руб/м и стоимости укладки дрен C_y , руб/м. Тогда функция цели (целевая функция) записывается в виде:

$$S = \frac{10000}{B} (C_m + C_y) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где, S - удельная стоимость укладки дренажа на площади 1 га.

Предлагаемая целевая функция увязывает мелиоративные параметры сети (междреннее расстояние) с технологией производства работ и соответствует требованиям комплексности решения задачи.

Междреннее расстояние рассчитывается по основной зависимости [1]:

$$B = 4 \left(\sqrt{\Phi^2 + \frac{T \Delta H}{2W}} - \Phi \right), \quad (2)$$

где Φ - фильтрационное сопротивление на несовершенство дренажа по степени вскрытия водоносного пласта, м; T - проводимость водоносной толщи, м/сут; ΔH - превышение уровня подземных вод в междренье над горизонтом воды в дрене; W - величина инфильтрационного питания, м/сут.

Удельная стоимость укладки дрен определяется $M/P_э$, где M - стоимость эксплуатации на 1 час работы машины (стоимость машино-часа), руб/ч, $P_э$ - часовая эксплуатационная производительность укладки, м/ч. В стоимость эксплуатации M наряду с основной машиной - дреноукладчиком включаются затраты на погрузку, транспортировку и подачу материала дренажной обсыпки.

С учетом указанных выражений математическое описание технологического процесса представляется в виде:

$$S = \frac{2500}{\sqrt{\Phi^2 + \frac{T \Delta H}{2W}} - \Phi} \cdot \left(C_m + \frac{M}{P_э} \right). \quad (3)$$

Основные параметры, определяющие междреннее расстояние, типовые фильтрационные схемы, коэффициенты фильтрации, проводимость и интенсивность напорного питания, определяются в виде постоянных величин или рассчитываются по зависимостям [1].

На основные параметры выражения (1) накладываются ограничения, учитывающие специфику исследуемого технологического процесса. Технологические возможности устанавливаются по предельным техническим параметрам машин, при этом ограничиваются: максимальные дальности транспортирования материалов песчано-гравийной обсыпки, техническая производительность, минимальная и максимальная глубина укладки дрен.

Для расчетов в формуле (3) необходимо определить зависимость эксплуатационной производительности от глубины укладки дрены. Техническая производительность определяется по балансу мощности дреноукладчика. Для расчетов используются результаты экспериментальных исследований и испытаний машин.

По полученной зависимости проведен расчет стоимости укладки дренажа, работающего по однослойной типовой фильтрационной схеме, с применением в качестве ведущей машины дреноукладчика ДУ-3502 с прямым вращением цепи. При расчетах эксплуатационная производительность определялась по корреляционной зависимости [3] $N = a \cdot 10^{b \cdot P_T}$, где N – мощность привода рабочего органа, кВт, P_T – техническая производительность дреноукладчика, м/ч, a, b – коэффициенты, зависящие от скорости вращения цепи рабочего органа, глубины разрабатываемой траншеи и гидрогеологических условий. Перевод технической производительности в эксплуатационную проводился с коэффициентом перевода $\kappa = 0,7$, полученным по результатам исследовательских испытаний.

Расчеты показывают (рис.1), что минимальная стоимость укладки дрен дреноукладчиком ДУ-3502 обеспечивается при глубине укладки 2,6 м, а рациональные глубины укладки составляют 2,2...3,1 м. при 10 % увеличении стоимости укладки относительно минимальной величины.

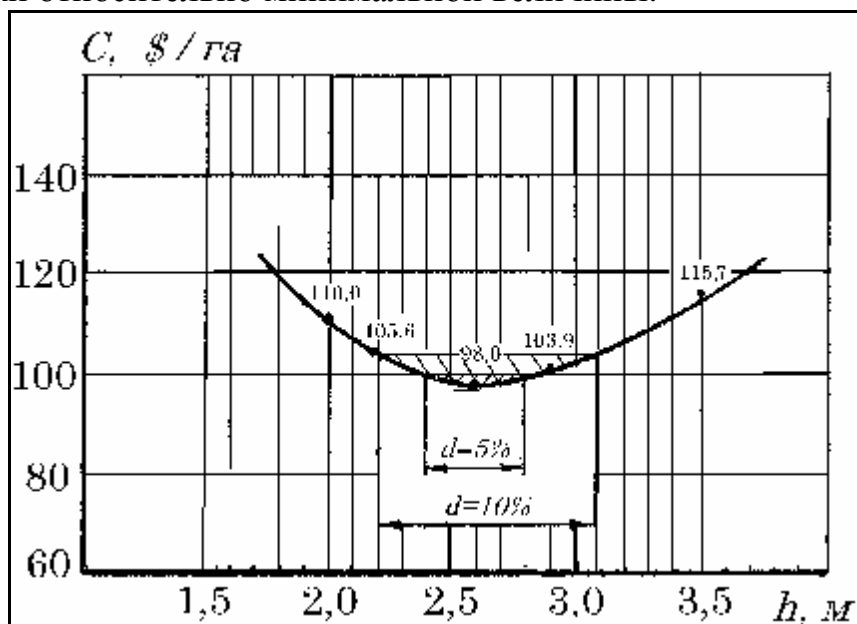


Рисунок 1 - Зависимость стоимости укладки дрен на площади 1 га от глубины укладки [4]

Проведенные расчеты подтверждают корректность применения разработанной модели для решения частной задачи нахождения оптимальной глубины укладки дрен на орошаемых землях.

Литература

1. Кирейчева Л.В. Дренажные системы на орошаемых землях: прошлое, настоящее, будущее.– М.: ВНИИГиМ, 1999, 202 с.
2. Маслов Б.С., Нестеров Е.А. Вопросы орошения и осушения в США. – М.: Колос, 1967, 320 с.
3. Полад-зале Р.П. Энергетические исследования рабочего органа узкотраншейного дренажника. В кн. Перспективные способы и комплексы машин для строительства и эксплуатации мелиоративных систем. Труды ВНИИГиМ, том 77. М.: ВНИИГиМ, 1990, с 10-13.
4. Бедретдинов Г.Х. Карпушкин И.С. Совершенствование технологии укладки дрен при высоком уровне грунтовых вод. В кн. Научные технологии в мелиорации. (Костяковские чтения). Международная конференция 30 марта 2005 г. Материалы конференции. М.: Изд. ВНИИА, 2005, с. 491-496.

УДК 631.6

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕЛИОРАЦИИ

Б.М. Кизяев, В.Н. Басс

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Обеспечение мелиоративных мероприятий техническими средствами всегда являлось одним из основных факторов интенсивного и качественного развития мелиорации в нашей стране. Особенное значение это приобрело в середине 60-х годов, когда начинался новый этап в развитии мелиорации земель, характеризуемый тем, что мелиорация земель стала частью аграрной политики государства, и начался переход от обустройства отдельных массивов к комплексной мелиорации целых регионов: Северного Кавказа, Поволжья, Нечерноземной зоны России, Сибири, Дальнего Востока, Среднеазиатских республик, Украины, Белоруссии и Прибалтийских республик.

Отличительная особенность этапа мелиорации земель 1965-1987 гг. - освоение все более сложных массивов земель, требующих для орошения подъема воды насосными станциями, устройства дренажа, промывок и других агро-мелиоративных мероприятий.

Возросший потенциал страны позволял в то время укреплять материально-техническую базу, создавать и широко внедрять в водохозяйственное строительство новые технологические процессы и комплексы мелиоративных машин, тем самым повышать степень комплексной механизации и индустриализации работ, устранить тяжелый ручной труд, повышать производительность труда и снижать стоимость работ.

Значительный рост объемов мелиоративного и водохозяйственного строительства стал возможным не только благодаря расширению парка строи-

тельных и мелиоративных машин в организациях Минводхоза СССР, но и существенным качественным изменениям в его структуре.

В 70-е годы началось преобразование Нечерноземной зоны России. За небольшой период с 1974 г. до 1990 г. на хорошо организованной базе Главнечерноземводстроя были созданы поистине колоссальная энергетическая, техническая и производственная структура способная выполнять в год объем работ до 1,2 млрд. руб. капитальных вложений. В тот период в Системе машин для комплексной механизации мелиоративных работ насчитывалось 740 наименований машин, в т.ч. 686 наименований находилось на производстве, их них для Нечерноземной зоны более половины техники. Так, для производства культуртехнических работ производилось 107 наименований машин, для строительства осушительных и оросительных систем 93 наименования, ремонта и эксплуатации сети – 53 машины и это не считая общестроительную технику, энергетические, транспортные и погрузочные средства и машины.

В парке Главнечерноземводстроя в 1988 г. насчитывалось:

- одноковшовых экскаваторов – 8700 шт;
- скреперов и бульдозеров – 6570 ед.;
- траншейных дренаукладчиков (ЭТЦ-2002 и ЭТЦ-2011) – 2650 ед.;
- бестраншейных дренаукладчиков МД-4, МД-12 – 80 ед.;
- камнеуборочных машин – до 900 ед.;
- тракторов – 21000 шт.;
- дисковые плуги и бороны – 1650 шт. и много другой техники.

Следует отметить, что за этот период были созданы уникальные машины для производства мелиоративных работ соответствующие лучшим образцам мировой техники.

Так, были созданы бестраншейные дренаукладчики МД-4 и МД-12, укладываемые пластмассовый дренаж с синтетическим, органическим и песчано-гравийном фильтром, траншейные, узкотраншейные дренаукладчики ЭТЦ-2002, ЭТЦ-2011 и ЭТЦ-1607 (рис.1), работающие по лазерному лучу, а также пассивные и активные рыхлители РС-0,8 (рис.2) и РВ-0,8, машины для срезки, корчевки и удаления древесно-кустарниковой растительности МП-18 и МП-19, машины для окашивания и очитки мелиоративных каналов МР-14, МР-19, КМ-82 и К-24А и другие машины.

Все это стало возможным, благодаря бурному развитию мелиоративного машиностроения, причем ВНИИГиМ, как головная научно-исследовательская организация Минводхоза СССР, выполнял функции координатора и заказчика и принимал активное участие в технико-экономических обоснованиях новой мелиоративной техники, разработке исходных технических требований, в испытаниях и приемке опытных образцов и во внедрении рекомендованных к серийному производству машин.

Кроме вышеперечисленных машин были разработаны и поставлены на производство:

- бестраншейная дренажная машина БДМ-300 для укладки пластмассового дренажа на орошаемых землях с высоким уровнем стоянием грунтовых вод;



Рисунок 1 - Узкотраншейный дренаукладчик ЭТЦ-1607



Рисунок 2 - Рыхлитель РС-0,8

- траншейные дисковые машины ТМТ-101 и ТМТ-121 для нарезки трапециевидальных дренажных щелей в торфяных грунтах, в.т.ч. и мерзлых;
- мобильный дренаукладчик МД-165 на базе Таллиннского экскаватора ЭТЦ-165 для укладки дренажа из пластмассовых труб узкотраншейным способом на осушаемых землях;

- комплекс пассивных и активных рыхлителей для мелиорации тяжелых и вторично уплотненных почв РГ-0,8, РГ-0,5, РС-0,5;
- кротователь К-0,7 и сменное оборудование к рыхлителю РС-0,8 для формирования аэрационных кротовин в тяжелых грунтах с целью улучшения вводно-воздушного режима;
- многоотвальные планировщики ПВМ-3 и ПВМ-5 для выравнивания и планировки торфяных почв;
- лазерные системы для выдерживания заданного уклона дренажными машинами и планировщиками УКЛ-1, УКЛ-2, СКП-1, САУЛ-1;
- тяжелые дисковые мелиоративные бороны БДМ-2,5 к тракторам кл.5 и 10 для обработки мелиорируемых земель с неполным оборотом пласта с высоким качеством;
- собиратель-погрузчик СП-3,2 на базе трактора Т-130 для сборки, транспортировки и складирования выкорчеванной и срезанной древесно-кустарниковой растительности при освоении закустаренных земель;
- плужные каналокопатели ПК-100 и ПК-1 и пятистоечный рыхлитель РС-5-0,8 на мелиоративном шасси МД-12;
- сменное оборудование к каналочистителям МР-14 и МР-16 для очистки облицованных бетоном каналов с разрушением наносов высоконапорной гидравлической струей.

Одновременно в рамках координации и научно-технического сотрудничества с ВНИИземмашем, ЦКБ Мелиормаш, СКБ Торфмаш были разработаны и поставлены на производство:

- экскаваторы-каналокопатели ЭТР-125, ЭТР-201, ЭТР-206, ЭТР-208 и ЭТР-301 для рытья оросительных каналов глубиной от 1,2 до 3 м;
- бестраншейные дреноукладчики МД-4, МД-12 для укладки пластмассового дренажа на глубину до 1,8 м на осушаемых землях и универсальный дреноукладчик ЭТЦ-2011 для укладки дренажа из керамических пластмассовых труб траншейным и узкотраншейным способами на глубину до 2 м;
- экскаваторы-дреноукладчики Д-658, Д-659, ЭТЦ-406А для укладки закрытого дренажа из керамических и асбестоцементных труб на глубину до 3,5-4,0 м на орошаемых землях;
- длиннобазовые планировщики Д-719, ДЗ-602, ДЗ-603 к тракторам кл.5-10;
- комплекты машин и оборудования МБ-15, МБ-17, МБ(4, 5, 6) для облицовки оросительных каналов глубиной 1,0; 1,5; 3,0 м монолитным бетоном;
- комплексы машин для рытья траншей, укладки, монтажа и гидравлических испытаний трубопроводов закрытых оросительных систем с диаметром труб 200...500 и 500...1200 мм (МВ-1, МВ-2, МВ-3, МВ-6, МВ-7, МВ-10, МВ-12, МВ-14);
- система машин для освоения закустаренных и залесенных земель с подготовкой удаляемой древесной массы к утилизации в составе корчевальных агрегатов МП-13, кусторезов ДП-24, МП-14, собирателя-погрузчика МП-15, подборщика-измельчителя МТП-82, роторного корчевателя МП-12, машин для фрезерования торфяника с кустарниковой массой МТП-42А, МГП-44А;

Создание и внедрение новых комплексов для выполнения всего спектра строительных и мелиоративных работ позволило поднять степень комплексной механизации работ до 85...99%, повысить производительность труда в 1,5...3 раза, в большинстве видов мелиоративных работ исключить ручной труд, снизить стоимость работ и значительно улучшить условия и культуру труда.

В последние годы в процессе реформирования сельского хозяйства строительство новых мелиоративных систем, практически, прекращено; не ведутся также работы по реконструкции и восстановлению ранее построенных систем, на эксплуатацию мелиоративных систем и обновление техники выделяется не более 1/3 потребных средств.

Мелиоративное состояние более чем 50% мелиорируемых земель резко ухудшилось из-за подъема грунтовых вод и засоления в зоне орошения, в зоне осушения из-за вторичного заболачивания осушаемых земель и их зарастания кустарником.

В результате нарушения функциональных возможностей мелиоративных систем уровень их технического состояния резко упал.

Во многом сложившаяся ситуация обусловлена развалом подотрасли мелиоративного машиностроения, моральным и физическим старением имевшейся в эксплуатации мелиоративной техники и отсутствием целенаправленного и устойчивого финансирования программы мелиоративного машиностроения.

Все это обуславливает настоятельную необходимость пересмотра отношения к развитию мелиоративного машиностроения в нашей стране. Не вызывает сомнения необходимость разработки серьезной программы для восстановления производства мелиоративной техники прежде всего для эксплуатации мелиоративных систем, культуртехнических работ и работ, связанных с улучшением мелиоративного состояния земель.

В этом направлении ВНИИГиМ ведет поиск путей для восстановления и создания парка самых необходимых машин. Используя собственные финансовые средства и средства заинтересованных организаций, ВНИИГиМ ведет ОКР по созданию перспективного каналоочистителя типа МР-19, разработал и испытал образцы фрезерного кустореза КФ-2,8 и роторного измельчителя древесины ИК-1,8 для восстановления вторично заросших земель, универсальный агрегат ЩКР-0,6 на тракторе МТЗ-82 для щелевания, рыхления и кротования мелиорируемых богарных и в т.ч. вторично уплотненных и тяжелых земель, тяжелую дисковую борону БМН-2,5, которая эффективно может применяться на землях заросших кустарником (рис.3). На стадии испытаний находится роторный плуг-рыхлитель РПР-2,4 для безотвальной обработки почвы и рыхления подпахотного горизонта на тяжелых переувлажненных землях.

Кроме этого созданы и рекомендованы в производство дреноукладчики ЭТЦ-2012 для зоны осушения и ДУ-4003 для зоны орошения.

И это только первый этап, предусматривающий восстановление и создание наиболее актуальных в настоящее время машин и техники, который рассчитан на ближайшие 5 лет. Второй этап - создание перспективной мелиоративной техники, призванной поднять технический уровень мелиоративных систем на международный уровень, и этот этап рассчитан до 2015 г.



Рисунок 3 - Тяжелая дисковая борона БМН-2,5

Во ВНИИГиМ упорно работают над реализацией первого этапа и готовы при соответствующей финансовой поддержке осуществлять второй этап, позволяющий обеспечивать технической поддержкой восстановление мелиорированных земель страны, поддержание систем в рабочем состоянии.

Литература

1. Кизяев Б.М., Мамаев З.М., Басс В.Н. Комплексная механизация мелиоративных работ. История. Перспективы. - Мелиорация и водное хозяйство. №5. 2004 г.

УДК 631.6 : 626.8

МЕХАНИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ В ГУМИДНОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ)

З.М Маммаев

ГНУ ВНИИГИ М, Москва, Россия

История строительства мелиоративных систем в гумидной зоне частично или полностью механизированным способом насчитывает примерно сто лет. С частичным применением механизированного труда выполнялись практически лишь земляные работы при рытье каналов, траншей, возведении дамб и т.д. с использованием механических лопат с приводом от паровых двигателей.

В 30-40-е годы двадцатого столетия с появлением сначала одноковшовых, а затем и многоковшовых экскаваторов, бульдозеров и скреперов с двигателями внутреннего сгорания область применения последних резко расширилась, благодаря чему появилась возможность увеличить номенклатуру строительных работ, выполняемых механизированным способом.

Конечно, несмотря на стремительно развивающийся научно-технический прогресс, в те годы уровень механизации, комплексной механизации и индустриализации строительного производства в мелиорации земель, объемы выполняемых работ, площади вводимых в эксплуатацию земель были очень не велики. Это объяснялось тем, что, с одной стороны, в стране в первую очередь решались проблемы индустриализации промышленного производства и восстановления народного хозяйства после войны при недостаточно развитой базе производства строительной техники (экскаваторы, бульдозеры, скреперы, грейдеры, краны, погрузчики и т.д.). С другой стороны, о достаточном производстве специальной мелиоративной техники, удовлетворяющей потребности сельского хозяйства, в то время и речи не было.

Первые специальные мелиоративные машины стали появляться в стране в 50-х годах. Во ВНИИГиМе, ЦНИИМСХе были созданы первые образцы плужных каналокопателей для рытья осушительных каналов, бороздоделателей, кустарниково-болотных плугов, многоковшовых экскаваторов, бестраншейных дренажников с пластмассовыми трубами, свертываемыми из полимерных полос, дренажно-щелевых машин, кротователей, камнеуборочных машин, планировщиков и выравнивателей земли. Для агрегатирования рабочих органов этих машин использовались отечественные тракторы ДТ-54, ДТ-55, С-80, С-100, МТЗ-50 и т.д.

Однако, наиболее сильный импульс мелиоративное машиностроение получило после Майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС, на котором было принято историческое постановление о широкой мелиорации земель в Советском Союзе. Постановлением было предусмотрено наряду с освоением земель в засушливой зоне освоение и осушение переувлажненных земель в гумидной зоне, развитие машиностроительной базы для мелиорации земель, создание широкой сети по всей стране ремонтных предприятий для техники и предприятий стройиндустрии. Одновременно Постановление обязывало ряд министерств и ведомств, в т.ч. Минстройдормаш, Минсельхозмаш, провести срочные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы с целью разработки, создания и постановки на серийное производство новой современной техники для строительства и эксплуатации мелиоративных систем.

На основании Постановления ЦК КПСС Минстройдормаш и Минводхоз СССР издали совместный приказ, в котором предусматривалось в течение пятилетки создать и поставить на производство ряд совершенно новых мелиоративных машин для гумидной зоны, внедрение которых позволяло поднять уровень механизации и комплексной механизации мелиоративных работ до 85...100%, повысить качество работ, улучшить условия труда механизаторов и вспомогательного персонала. В соответствии с совместным приказом Минстройдормаша и Минводхоза СССР в 1966-1970 гг. были созданы и запущены в серийное производство экскаваторы-каналокопатели ЭТР-201, ЭТР-301, ЭТР-122, КФН-1200, ЭТР-171, МК-17 и др., экскаваторы-дренажники для зоны осушения ЭТЦ-202, каналочистители Д-908, МР-10, косилки откосов МСР-1,2, ККД-1,5, Д-910, планировщики ПМ, П-2,8, П-4, Д-719, корчеватели Д-513, Д-695А, роторный корчеватель МГП-26 и много другой техники.

Новая техника создавалась в соответствии с Системой машин для комплексной механизации мелиоративных работ, которая разрабатывалась каждые 5 лет и утверждалась пятью министерствами. Она являлась научно-технической основой для разработки новых технологий и техники с учетом зональных почвенно-климатических особенностей.

В 1974 г. вышло Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства в Нечерноземной зоне РСФСР». В течение последующих 10...15 лет проведены осушительные мероприятия вместе с культуртехникой на 9 млн. га переувлажненных земель, на 10 млн. га проведена сухая культуртехника, на 20 млн. га – известкование кислых почв. Параллельно с этим шло строительство жилья, производственных комплексов, предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции, построены сотни баз стройиндустрии, десятки километров новых дорог, линий электропередач, баз энергетики. После выхода Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР по нечерноземной зоне РСФСР были еще более расширены и развернуты научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по ускоренному созданию передовой современной мелиоративной техники для условий НЦЗ РСФСР.

Для ускорения темпов производства строительных и мелиоративных работ были созданы новые высокомеханизированные и индустриальные технологии и комплексы машин, позволяющие выполнять работы с максимальным использованием зимнего периода года. В короткое время были созданы: комплекс траншеекопателей и дренаукладчиков в мерзлых грунтах ЭТЦ-165, ЭТЦ-208, ДГПУ-3М, ДГПУ-5М, ЩРК, ЭТЦ-206, рыхлители РК-1,2, РУ-65, 2,5, щеледренажные машины ТМТ-101, ТМТ-121 для нарезки щелевого дренажа в мерзлых грунтах. Внедрение этих машин и технологий позволило на их базе в конце 70-х и начале 80-х годов прошлого столетия расширить строительный сезон за счет зимнего времени и поднять долю СМР, выполняемых в зимнее время, до 35% против 15...17% раньше.

За 15 лет после выхода Постановления «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР» в 1974 г. были созданы совершенные мелиоративные и прогрессивные технологии и системы машин для производства мелиоративных работ, высокопроизводительные комплексы по механизации всей номенклатуры производственных процессов для строительства, эксплуатации более совершенных мелиоративных систем, производства культуртехнических работ и работ по окультуриванию почв.

В период с 1974 по 1990 гг. разработаны и внедрены в производство следующие комплексы машин для мелиорации земель в гумидной зоне:

Для уборки камней. Технология и машины ПСК-1,0, УКП-0,7, ПСК-1,5 для уборки крупных и средних камней с поверхности мелиорируемых полей, ВПК-4,5, К-83 – для выборки мелких камней с поверхности почвы и их пахотного горизонта, машины для извлечения камней на поверхность К-85, МИК-2,5, РВК-2,0. Кажущаяся разномарочность техники объясняется региональными особенностями почвы и степенью засоренности камнями. Сбор крупных кам-

ней, их перемещение и погрузка в транспортные системы выполняются машиной СКН-3,2 и погрузчиком К-62,2.

Для строительства закрытого дренажа разработаны:

1. Технология строительства закрытого дренажа бестраншейным способом с применением дреноукладчиков МД-4 и МД-12 на специальном мелиоративном шасси. Выпущено около 80 штук бестраншейных дреноукладчиков МД-12 и уложено дренажа на площади около 22 тыс.га.

2. Технология строительства закрытого дренажа из керамических и пластмассовых труб с неткаными фильтрующими материалами и ПГС с применением универсального траншейного дреноукладчика ЭТЦ-2011 со сменным узкотраншейным рабочим органом. Выпущено около 600 штук дреноукладчиков.

3. Создан узкотраншейный дреноукладчик на колесном ходу на базе экскаватора ЭТЦ-165 преимущественно для фермерских и крестьянских хозяйств.

4. Технология осушения глубоких торфяников щелевыми дренами с применением щеледренажной машины ТМТ-101 на тракторе ДТ-75В. Щеледренажная машина ТМТ-101 выпущена в количестве 100 штук и применялась при осушении глубоких торфяников в Московской, Ленинградской, Архангельской, Тюменской областях, в Республике Коми и т.д.

5. Лазерные системы управления рабочими органами дреноукладчиков по заданному уклону УКЛ-1, СКЛ-1, САУЛ-1. Лазерными системами оснащались все бестраншейные МД-12 и частично траншейные дреноукладчики типа ЭТЦ. Выпущено ориентировочно около 600 таких систем.

6. Технология земляных, дренажных работ в круглогодичном режиме специальными комплексами машин, за что коллектив разработчиков получил Премию Совета Министров СССР в 1985 г.

Для строительства осушительных каналов были разработаны каналокопатели непрерывного действия ЭТР-125 и ЭТР-171 для открытия осушительных каналов глубиной до 1,2 м и 1,7 м.

Для производства культуртехнических работ были предложены и внедрены в производство в больших объемах:

- поточная технология удаления древесно-кустарниковой растительности при освоении земель под сельскохозяйственное использование с максимальным сохранением почвенного плодородия с применением комплексных корчевальных агрегатов К-15, МП-13, МП-18 и МП-19, кусторезов Д-514, МП-9;

- технология расчистки осваиваемых земель с применением роторного корчевателя МП-12. Выпущено около 100 роторных корчевателей МП-12, применение их позволяет сепарировать почву от корневой части кустарника и обеспечивать сохранение почвы на месте на 100% и способствует обработке и аэрации почвенного слоя;

- технология сбора и транспортировки выкорчеванной и срезанной ДКР с применением собирателей-погрузчиков СП-3,2 и МП-15 на тракторах Т-130Г-1 и ДТ-75М. Выпущено 100 штук собирателей-погрузчиков и они позволяют исключить перемещение почвы вместе с ДКР в валы и кучи, где почва сгорает;

- технология и комплекс машин для удаления ДКР при освоении закустаренных земель и ее утилизации. Комплекс включает: подборщик-измельчитель

МТП-82 для измельчения ДКР с диаметром стволов до 30 см на технологическую щепу (выпущено 3 машины); кусторез-измельчитель КИД-202, способный методом прямого «комбайнирования» мелкий кустарник измельчать в технологическую щепу; фрезерный кусторез КФ-2,8 на тракторе ДТ-75В для срезания мелкого и среднего кустарника и укладки его в валок при улучшении лугов и пастбищ; измельчитель кустарника ИК-1,8 на ДТ-75В для измельчения кустарника на лугах и пастбищах с мульчированием поверхности сельхозугодий отходами переработки. Кусторез КФ-2,8 и измельчитель ИК-1,8 унифицированы полностью по трансмиссии и трактору. Выпущено их по 5 штук, а комбайн КИД-202 прошел ведомственные испытания и рекомендован к производству. Разработано ТЭО, технический регламент и конструкторская документация на передвижную установку УБД-500 производства топливного брикета из переработанной на щепу «мелиоративной древесины» (ДКР). Установка имеет автономную энергетическую установку (дизель-генератор) и может работать непосредственно на объекте мелиорации. Топливный брикет может пользоваться большим спросом и служить экспортным товаром.

Для обработки почвы и планировки земель разработаны:

- технология первичной и эксплуатационной обработки мелиорируемых земель с применением тяжелых дисковых мелиоративных борон БДМ-2,5 и БМН-2,5 на тракторах кл.5, 10, дисковых плуг ПДМ-1,5 для обработки засоренных камнями почв. Выпущено более 1000 борон, обработано с их применением около 1 млн. га;

- роторный плуг-рыхлитель РПР-2,4 на трактор кл.5 (К-701) предназначен для обработки поверхностного слоя глубиной до 15 см ножевым катком и рыхления подпочвенного слоя до 40 см роторным рабочим органом с серповидными ножами, ширина до 2,4 м. Машина весьма перспективна на тяжелых переувлажненных грунтах, ее применение обеспечивает быстрый сброс поверхностных вод в подпочвенные слои;

- многоотвальные планировщики ПВ-3 и ПВ-5 прицепные к тракторам кл. 3, 4 предназначены для планировки и выравнивания поверхности осушаемых земель, преимущественно на торфяниках и других легких почвах. Выпущено 200 планировщиков и они широко использовались в Нечерноземной зоне. Длинно-базовые планировщики ДЗ-602, ДЗ-603, которые являются основными машинами для планировки земель в аридной и гумидной зонах, выпускались в массовом количестве;

- для улучшения мелиоративного состояния земель выполнено технико-экономическое и технологическое обоснование и технологический регламент применения рыхлителей с V-образным рабочим органом РГ-0,8, РГ-0,5, рыхлителей РС-0,8, РС-0,6, вибрационного рыхлителя РВ-0,8 и щелевателя-рыхлителя-кратователя ЩРК-0,6 на тракторах кл. 10, 5, 3, 1, 4. Все рыхлители выпускались серийно и опытными партиями. Всего выпущено более 800 рыхлителей, которые успешно применялись не только в Нечерноземной зоне, но и во многих регионах бывшего СССР. Применение вибрационного рыхлителя позволяет упростить технологию обработки почв, исключив вспашку и ограничиться лишь дискованием.

Для ремонтно-эксплуатационных работ создано семейство каналоочистительных машин МР-16 на тракторе кл. 1-, МР-15 на тракторе кл. 3, КМ-82 на колесном тракторе кл. 1, 4 со сменными рабочими органами для очистки каналов от наносов и травянистой растительности с удалением скошенной массы за пределы канала. Всего выпущено более 500 машин.

В последние годы (2001-2004 гг.) был восстановлен дренаукладчик траншейного типа для зоны осушения ЭТЦ-2012, оснащенный полностью российской комплектацией, ведутся работы над созданием универсальной каналоочистительной машины, разработаны ТЭО и технологическая документация на машину для удаления кустарника на осушительных системах и для промывки закустаренных дрен.

В 2003 г. разработаны и изданы отдельной книгой Федеральные регистры базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г. Федеральные регистры являются научно-технической и методической основой создания новой и совершенствования существующей техники для мелиоративных работ на ближайшее десятилетие.

Реализация Постановлений Майского Пленума ЦК КПСС (1966 г.) по Нечерноземной зоне РСФСР (1974 г.) позволила создать мощную техническую и индустриальную базу в стране, и, в частности, почти во всех областях Нечерноземной зоны РСФСР укрепить базу с/х производства, повысить уровень комплексной механизации до 90...100%, производительность труда, резко повысить качество мелиоративных строительных работ, практически устранить ущерб, наносимый мелиоративными работами естественному плодородию почв.

Параллельно частично решались и проблемы экологии природных ландшафтов, предотвращая сброс загрязненных вод в водные источники. Созданы научно-технические и производственные предпосылки для утилизации отходов, возникающих при мелиорации закустаренных и закамененных земель путем переработки древесины на щепу, а камней – на строительный щебень.

Однако, несмотря на все это, предстоит исследовать еще много проблем. К ним могут быть отнесены проблемы укладки закрытого дренажа в тяжелых грунтах с обеспечением надежной работы дренажных линий. Предстоит создать заново комплекс технологического оборудования для укладки дренажа с фильтрующей обсыпкой с минимизацией повреждения почвенного слоя.

Есть необходимость и целесообразность завершения проблемы утилизации отходов (ДКР, камни, скошенная на каналах трава) путем создания техники мобильных измельчителей с механизированной и ручной подачей материала.

Настоятельно необходимо создать многооперационные машины для обработки почв, для перезалужения лугов и восстановления кормовых угодий, позволяющих обрабатывать почвенный слой, оструктурировать подпочвенные слои, в т.ч. с применением химмелиорантов.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новых или реанимации старых машин на новой основе должны базироваться на следующих принципиальных положениях:

- машины должны в максимальной степени иметь шлейф активных рабочих органов, которые позволяют выполнять практически все мелиоративные работы с высоким качеством;

- при компоновке агрегатов необходимо в максимальной степени применять модульный принцип, что удешевляет ремонт и снижает стоимость работ и выходной продукции;

- в качестве энергетической базы следует применять колесные тракторы, а там, где возможно, применять только лишь отечественные тракторы Липецкого, Владимирского, Алтайского и Волгоградского заводов, т.к. мобильность позволяет снижать затраты по переброске машины с объекта на объект, повышать производительность техники за счет снижения времени на внутриобъектные переезды, создавать машины в 5...10 раз дешевле импортных и способствует загрузке упомянутых заводов;

- такие машины как каналочистители, машины для улучшения лугов и пастбищ и т.д. должны иметь возможность агрегатироваться со шлейфом рабочих органов, способных выполнять весь комплекс данного вида работ с помощью сменных рабочих органов.

Отсутствие в производстве дренаукладчиков, каналочистителей, рыхлителей, ряда культуртехнических машин для удаления кустарника, средних, мелких камней, уничтожения кочек, создают условия для повторного заболачивания, зарастания кустарником. Это способствует катастрофической деградации мелиорируемых земель, ускорению из выпадения из сельскохозяйственного использования.

Одним из путей выхода из сложившейся ситуации нам видится в разработке перечня первоочередных машин и оборудования, необходимых для выполнения работ по реанимации мелиорируемых земель в гумидной зоне, по разработке ТЭО по машинам, включенным в перечень для дальнейшей реализации. Далее было бы целесообразно под ТЭО разработать под эгидой МСХ РФ и РАСХН отраслевую программу воссоздания мелиоративной техники с объемами финансирования, сроками выполнения НИОКР на уровень 2015 г.

УДК 631.612: 631.311.75.

ТЕНДЕНЦИИ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УБОРКИ КАМНЕЙ С МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ГУМИДНОЙ ЗОНЫ

В.С. Пунинский

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Опыт мелиорации засоренных камнями земель показал, что нельзя добиться стабильного повышения плодородия почв только путем внесения удобрений, химмелиорантов, различного вида структурообразователей и применения отдельных видов регулирования водного баланса. Это стимулирует поиск новых технологических процессов механизации камнеуборочных работ и способов решения проблемы защиты природы.

Механизация работ на агроландшафтах в гумидной зоне, как правило, начинается с операций гидротехнической мелиорации.

Наиболее сложными и неразрешенными до конца являются проблемы строительства дренажа в каменистых грунтах и очистки почвы от средних и мелких камней.

В ходе осуществления указанных мероприятий работы приходится вести в почвогрунтах, содержащих камни и валуны различных размеров при неравномерном распределении каменистости по глубине и площади мелиорируемого угодья.

По статистическим данным было установлено, что камнями в Северо-Западной зоне РФ покрыто 42,8% всей пашни, в том числе полей: сильно засоренных камнями – 7,4%, средnezасоренных площадей - 15,7%, слабозасоренных – 19,7 [1]. В зависимости от рельефа мелиоративного фонда средняя каменистость достигает от 5 до 350 м³/га. В целом по России засорено камнями 12 млн. га сельскохозяйственных угодий.

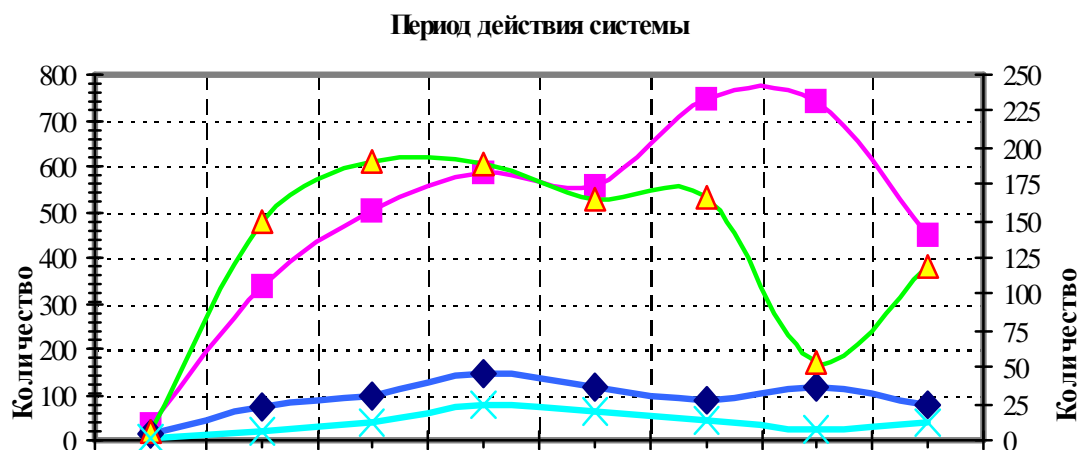
Влияние засоренности почв камнями на сельскохозяйственное производство не однозначно.

Засоренность почв камнями препятствует внедрению скоростных широкозахватных сельскохозяйственных, землеройных и культуртехнических машин. Динамические нагрузки на рабочие органы возрастают в 2,5...4,7 раза, что ведет к их износу и поломкам, простой техники составляют до 60% сменного времени. Увеличение тяговых сопротивлений и возникающие динамические нагрузки снижают производительность агрегатов на 10...39 %. Возникает необходимость оснащения почвообрабатывающих и уборочных машин предохранительными устройствами. Однако, чем быстроходнее машины, тем сложнее и дороже становятся защитные устройства, возрастает потребность в увеличении тяговых усилий. Повышенная масса машин и уплотнение подпочвенных слоёв приводит изменению уровня агротехники и степени окультуренности земель, снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

В 60-е годы в СССР произошел резкий скачок в накоплении научных знаний и производственного опыта в освоении каменистых земель. Для механизации камнеуборочных работ стали формироваться технологические комплексы машин в составе Системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства [2].

Под Системой технологий и машин (**СТиМ**) понимается совокупность различных машин и приспособлений, отражающая их жизненный цикл и взаимно увязанных в технологическом процессе по своим технико-экономическим, эксплуатационным показателям и обеспечивающих последовательность выполнения основных и дополнительных операций рабочих процессов.

Жизненный цикл продукции - это совокупность взаимосвязанных процессов создания и последовательного изменения состояния продукции от формирования исходных требований к ней до окончания её эксплуатации или потребления. Динамика создания машин для уборки камней представлена на рисунке 1.



Количество машин всего, шт.	36,0	339,0	502,0	587,0	555,0	746,0	740,0	450,0
Количество наименований машин для уборки камней, шт.	4	23	30	45	37	28	36	25
в том числе новых всего	6	150	191	189	165,0	166	54,0	119,0
в том числе новых для уборки камней	2	6	12	24	20	13	7	12
Год	1955-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1990	1986-1995	1996-2000	2001-2010

Рисунок 1 - Динамика развития Системы машин для механизации мелиоративных работ

Эти технологические комплексы машин объединяла технологическая последовательность выполнения операций, мероприятий, чем обеспечивалась системность работ и машин для их проведения. Первоначально Система машин включала 4 наименования машин для уборки крупных камней, в дальнейшем количество камнеуборочных машин увеличилось до 45 наименований.

Разработка камнеуборочных машин ведется в 20 промышленно развитых странах. Наиболее значительный прогресс в развитии камнеуборочной техники в России наблюдался с 1976 по 1985 г.

Удаление крупных и средних камней проводилось механизированными отрядами при освоении и мелиорации земель или строительстве мелиоративных систем, а эксплуатационную уборку мелких камней хозяйства преимущественно выполняли собственными силами.

Очень крупные, крупные камни и глыбы, валуны составляют в гумидной зоне небольшую часть от общего объема камней – до 10% . Однако именно они являются непреодолимым препятствием для работы сельскохозяйственных

машин. Наличие таких камней скрытых в почве препятствует проведению мелиоративных работ: сплошному рыхлению на глубину 0,6...1,2 м., укладке дренажа. В связи с этим в первую очередь были созданы машины для механизации уборки крупных камней: Д-513А, КУМС-100, К-1А, К-2А, (таб.1). Эти машины были циклического действия, обеспечивающие корчевание за счет тягового (толкающего) усилия трактора.

Таблица 1 -Техническая характеристика машин для уборки крупных камней

Показатели	Корчеватели	Корчеватели-погрузчики	Корчеватели-погрузчики	Корчеватели-собиратели		Корчеватели прицепные
	Д-513А (КУМС-100)	КБП-2 (ДП-8А)	Д-695А (МП-2В)	МП-19-3	МП-18-6 СКН-3,2	ККК-1
Агрегатируется с трактором	Т-100МГС (Т-100МГП)	Т-74 ДТ-75Б	Т-100МБГП (Т-130МГП)	Т-170М1Б.01	Т-170М.01	МТЗ-82
Ширина захвата, м	1,38	1,7	2,1	2,5	1,5	0,7
Эксплуатационная производительность, м ³ /ч	8,0	6,0	8,0	3,0	2,7	3,5
Масса навесного оборудования, т	1,48	2,21	3,9	2,5	0,95 (2,96)	1,2
Год начала выпуска	1961	1966	1966	1988	1988	1993

В дальнейшем разработаны корчеватели-погрузчики Д-695А, КПБ-2, ДП-8А, МП-2Б, МП-2В использующие подъемную силу рабочего органа.

В настоящее время для уборки крупных камней применяются корчеватели МП-18 и МП-19, которые нерационально используют мощность трактора.

К 1984 году парк машин для уборки крупных камней в России составил 4086 штук, в том числе в гумидной зоне 2235 штук.

Хозяйствам в восьмидесятые годы XX столетия поставлялись в достаточном количестве камнеуборочные машины УКП-0,6А для сбора с поверхности отдельных камней размером от 12 до 60 см. Парк машин для уборки средних камней в России составил 6710 штук.

В настоящее время ведется единичное производство камнеуборочных машин УКП-0,7А и корчевателя крупных камней ККК-1 (рис.2) по прямым договорам с хозяйствами.

Уборка средних камней осуществлялась камнеподборщиками:

-УСК-0,7А, выпускавшимся с 1967 года, имевшим производительность 1,5 м³/ч, ширину захвата 0,75 м, массу оборудования 0,17 т, навесную на трактор Т-25;

-УКП-0,6, прицепным к трактору МТЗ-52 с производительностью 3,0м³/ч, массой 2,5т, шириной захвата 1,5 м, выпускавшимся с 1964 г. и в 1987 г замененным машиной УКП-0,7А, прицепной к трактору МТЗ-82 с производительностью 4,2 м³/ч, шириной захвата 1,25 м и с навесным корчевателем (рис.3);

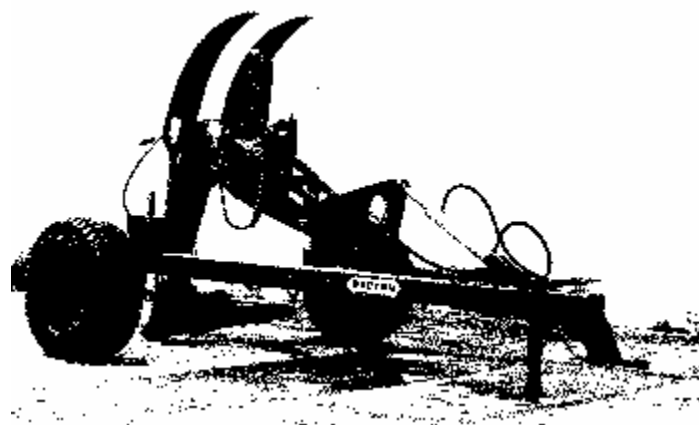


Рисунок 2 - Прицепной корчеватель крупных камней ККК-1 к трактору МТЗ-82

а



б



в



Рисунок 3 - Камнеуборочная машина УКП-0,7А:

а - прицепной подборщик, б – общий вид машины, в - корчеватель

-корчевателями-собираателями КУМС-100В с 1976 г (рис.4), замененными СКН-3,2 в 1980 г, производительностью 0,38 га/ч при сплошном прочесывании почвы на глубину 0,2 м, ширине захвата 3,24 м, массе оборудования 2,95 т., навесной на трактор класса 10.

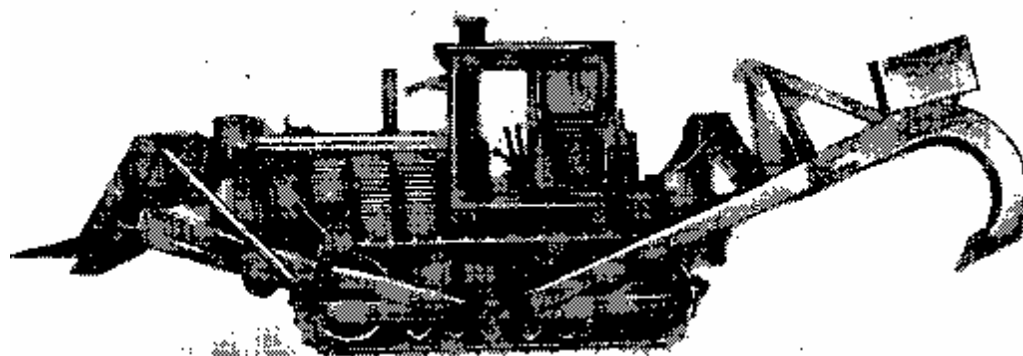


Рисунок 4 - Навесной корчеватель крупных камней типа КУМС- 100В

Для очистки пахотного слоя от мелких камней были созданы и рекомендованы на производство машины КУМ-1,2 в 1977 г, КДК-50 в 1977 г, МКП-1,5 в 1979 г.

В девяностые годы XX века наряду с машинами прямого комбайнирования было создано семейство одно-операционных машин для уборки мелких камней с поверхности почвы пахотных земель: подборщики ПВК-1,7, К-83, ВПК-4,5 и валкователи ВКР-4, ВКМ-3.

У ряда направлений механизированных работ применялись классификации камней по Н.А. Качинскому, А.П. Мершину, А.Н. Зеленину, В.В. Охотину, Ю.М. Миханкову, А.П. Петрову. По размерам среди камней А.П. Петров различал: камни-глыбы - больше 1 м в диаметре, крупные камни – от 0,6 до 1 м, средние – от 0,3 до 0,6 м, небольшие – от 0,1 до 0,3 м, мелкие – от 0,05 до 0,1 м, галька и щебень от 0,01 до 0,05 м.

Удаление крупных и средних камней в пятидесятые годы XX столетия проводилось частично механизировано. Камни со средним диаметром 0,2...0,6м убирались бригадой из 6 человек, с ручной их погрузкой на прицепленный к трактору лист. Уборку камней от 0,6 до 1,0 м производили волочением за трактором в цепном приспособлении. Развитие технических средств было направлено на механизацию уборки камней, масса которых не допускала ручные работы.

Последовательность операций по удалению камней и машины для их выполнения в зависимости от массы, размеров камней представлены в таблице 2.

Для извлечения и перемещения крупных камней:

- в валы агрегатом МП-18-6, МП-19-3 применяется радиальная схема;
- в гряды корчевателем-погрузчиком К-62.2 и корчевателем-собирателем СКН-3,2 - продольно-челночная.

Для извлечения и перемещения средних камней:

- на поверхность извлекателем МИК-2,5А, рыхлителем-камневычесывателем РВК-2-двухзагонная, агрегатом МП-18-1 с корчевальной бороной – челочно-диагональная;
- за пределы поля подборщиками ПСК-1, ПСК-1,5 с лыжей ЛС-4А, ЛС-8, прицепом 2ПТО-8 - спиральная.

Для извлечения и перемещения мелких камней на поверхность извлекателем ВРК-4, рыхлителем-камневычесывателем РВК-3А – загонная.

С 1981 по 2000 год периодичность **СТиМ** возросла до 10 лет, а с 2001 года формируется как самостоятельный документ, с отражением в федеральных регистрах технических средств состояния с разработкой и производством машин на момент формирования **СТиМ**, через 5 и 10 лет.

Система технологий и машин, учитывая все разнообразие в потребностях и возможностях сельских производителей при мелиорации земель, предлагает им набор технических средств и технологических приемов с учетом природно-климатических и производственно-экономических условий.

Способы уборки камней соответствующие их характеристикам и направлению последующей утилизации подразделяются на три группы. По размерам камней они относятся к способам для уборки крупных, средних и мелких камней.

Таблица 2 - Технологические операции и технические средства для уборки камней

Размер и масса камня	Операции (наименование машин)	Марки машин	Затраты труда, чел.-ч/м ³	Примечание
Глыбы Диаметр более 2 м: Масса более 10 т, 9...10 т. 8...9 т.	Закапывание в котлован (экскаватор, корчеватель)	ЭО-2621А, ЭО-4121; МП-2Б, МП-18-3	0,04...0,1	
	Сталкивание на дно балки, оврага (Корчеватель, Бульдозер и металлический лист)	МП-2Б, МП-19; ДЗ-110ХЛ, ДЗ-117	0,2...0,3	
	Погрузка и транспортировка к местам временного складирования (Корчеватель-погрузчик, корчеватель, кран, лыжа, прицеп)	МП-18-1; КС-4561, КС-3562А; ЛС-8; 2-ПТО-12	0,66	
Валуны Диаметр более 1,5 м: Масса более 3,5 т.	Раскалывание: Взрывным способом; Электрогидравлическим эффектом; (Установка с перфоратором) Механическим способом (Гидромолот)	- К-32, К-52 с ПР-201; СП-71 к ЭО-3322Б, СП-62 к ЭО-4121	0,99 0,33...0,375 0,06 0,13	Взрывы производят накладными или кумулятивными зарядами ВВ
Глыбы Диаметр 1...2 м: Масса 3...9т	Корчевание полускрытых и сбор поверхностных камней (корчеватель) Погрузка (корчеватель-собирающий, погрузчик, кран). Поштучное удаление к местам складирования (корчеватель, корчеватель-собирающий, самосвальная лыжа, прицеп)	МП-2Б, МП-18 К-62,2, ТО-18А КС-3562А КС-5473А	0,2...0,22	
		МП-18	0,05...0,31	
		ЛС-8 2-ПТО-12	0,21...0,30 0,05	
Крупные и средние камни Диаметр 0,3...1,2 м: Масса до 3т	Извлечение камня из слоя почвы до 40 см (рыхлитель, корчеватель, корчевальная борона, плоскорез, извлекатель) Сбор с поверхности камней с транспортировкой к местам временного складирования (камнеуборочная машина)	К-1, МИК-2,5,	2,48...5 чел.-ч/га	
		К-85, РВК-2, ККК-1, МП-18-1, СКН-3,2, ПСК-1, ПСК-1,5,	6,6 чел.-ч/га	
		К-62.2, УКП-0,7А,	0,26...0,47 2,85 чел.-ч/га	
Мелкие камни Диаметр 0,3...0,05 м: Масса до 0,04 т	Предварительная обработка почвы (извлекатель) Сбор камнеуборочными машинами: Циклического действия с ручной погрузкой в прицеп камней размером менее 0,1 м. Непрерывного действия Погрузка и вывозка камней на временный склад, загрузка камней в габионы (Экскаватор с решетчатым ковшом, погрузчик, прицеп)	ВРК-4,	1,31...4,5 чел.-ч/га	Применяется совмещение первичной обработки почвы с её рыхлением для сепарации
		УКП-0,7А, (2ПТС-4, ОЗТП-8572)	0,76...2,5 чел.-ч/га	
		МКП-1,5А, ВПК-4,5, ПВК-1,7, КПЛ-1, КУМ-1,2, КМК-2 ЭО-2626, ТО-10 с виброковшом К-62.1; (2ПТС-4, ОЗТП-8572, ОЗТП-8573)	9,52...13,3 чел.-ч/га	
			1,28...6,67 чел.-ч/га	

По глубине очистки корнеобитаемого слоя от крупных и средних камней, глубине борозд для укладки мелких камней машинами СКК-1500, СУ-1,4, «Grimme» SM1600 (рис.5) и дальности перемещения камней нет единого мнения у отечественных и зарубежных ученых.

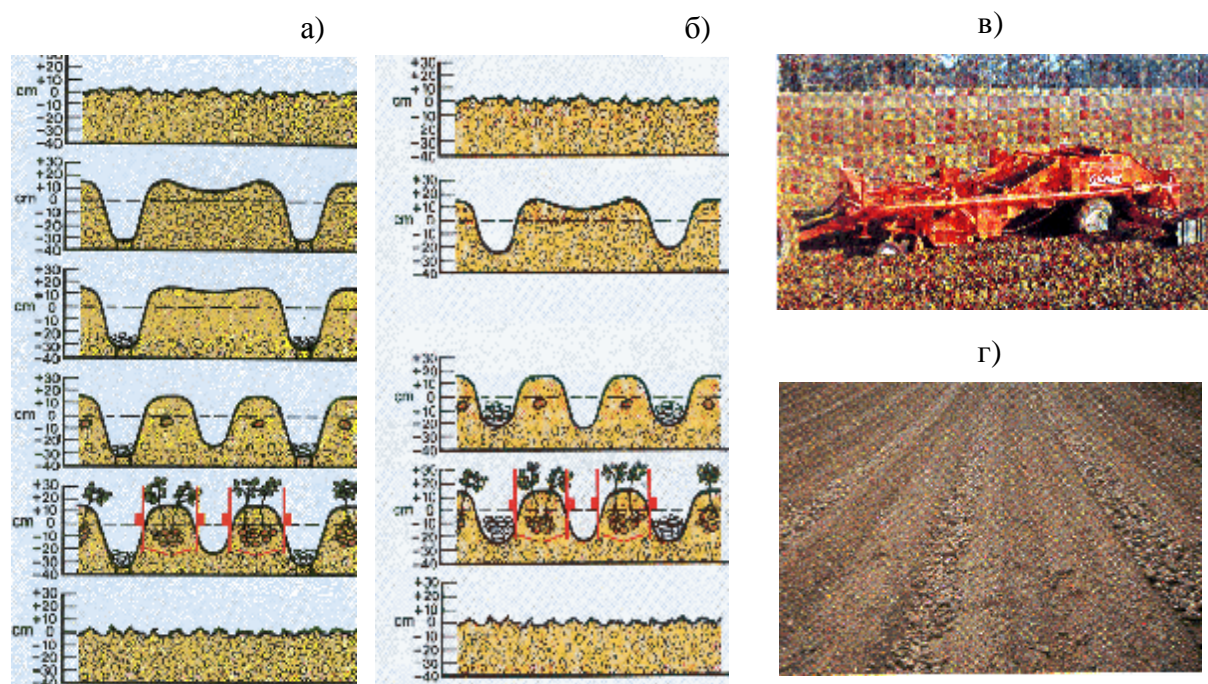


Рис.5. Схемы борозд:

а – глубина 0,35 м, б – глубина 0,2 м, в – машина «Grimme» SM1600 на очистке гряд с укладкой камней в борозду, г – борозды с камнями

Глубина борозд для укладки мелких камней зависит от количества камней и равномерности их распределения по площади участка.

Соотношением объёма фракций мелких камней диктуется выбор технологии с учетом ограничений по глубине их уборки.

Рациональное формирование парка камнеуборочных машин является решающим условием его полноценного использования.

Исходные требования для формирования парка этих машин базируются на ограничениях глубины выборки камней.

В технологиях уборки скрытых камней глубина их выборки определяется в зависимости от поставленных задач: - устранения препятствия (средними и крупными) проведению глубокого рыхления до 0,7 м или укладки дренажных и коллекторных труб до 2,0 м; сокращения количества мелких камней в убранных корнеплодах (картофеле) и попадания камней в механизмы косилок и зерноуборочных комбайнов [3].

Схемы расчета ограничений глубины выборки камней изображены на рисунке 6.

В процессе посадки картофеля и ухода за всходами изменяется профиль и уровень поверхности почвы. К моменту уборки корнеплодов глубина их залегания приблизительно составляет 2/3 необходимой глубины подкапывания относительно окончательного уровня поверхности почвы.

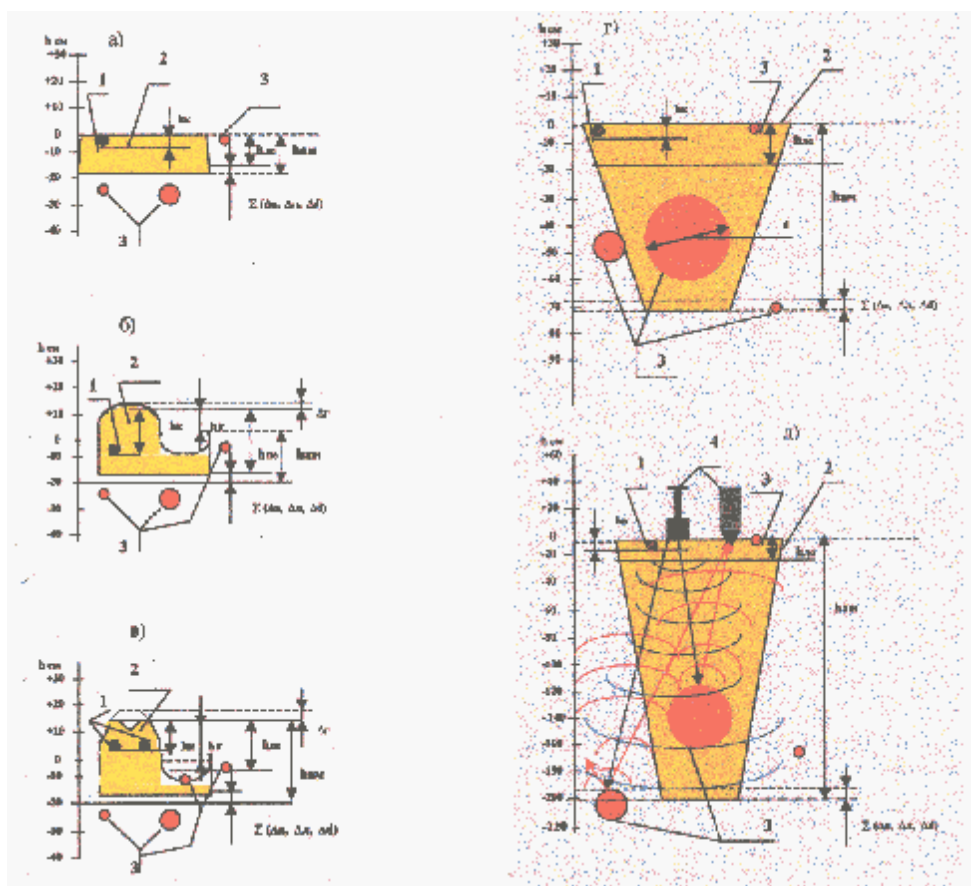


Рисунок 6 - Схемы расчета глубины выборки камней :
мелких а) – при гладкой посадке корнеплодов и севе зерновых; б) – при гребневой посадке корнеплодов; в) – при грядовой посадке с нарезкой борозды по центру гряды; *средних и крупных* г) – при полосовом извлечении на поверхность почвы; д) – при адресном извлечении с предварительной эхолокационной диагностикой их характеристик; 1 – нижний корнеплод, 2 – сечение очищаемой почвы, 3 – камень, 4 - эхолокационное устройство

С учетом глубины залегания корнеплодов и характера движения ножа комбайна определяем необходимую глубину извлечения корнеплодов по формуле:

$$h_{лс} = h_k + \Delta_k + \Delta_{лс}, \quad (1)$$

где $h_{лс}$ – глубина хода лемеха извлекателя корнеплодов; h_k - глубина залегания корнеплодов; Δ_k , $\Delta_{лс}$ – отклонение соответственно глубины залегания нижнего корнеплода и глубины хода лемеха.

Глубину хода ножа глубоко рыхлителя и дренаукладчика определяем согласно выражению:

$$h_{лм} = h_p + h_{нр} + \Delta_d + \Delta_{лм}, \quad (2)$$

где $h_{лм}$ – глубина хода ножа рыхлителя, дренаукладчика; h_p - глубина перекрытия разрыхленной почвы между смежными ножами и проходами; $h_{нр}$ - высота от ножа рыхлителя до глубины перекрытия; Δ_d , $\Delta_{лм}$, – отклонение со-

ответственно глубины перекрытия разрыхленной почвы или дренажной трубы и глубины хода ножа рыхлителя, дренаукладчика.

Глубину выбора камней по схемам (рис.6) определяем согласно выражению:

$$h_{ам} = h_a + 0,5d + \Delta_d + \Delta_{ам}, \quad (3)$$

где $h_{ам}$ – глубина выбора камней; h_a – необходимый чистый от камней слой почвы;

d – диаметр камня; Δ_d – отклонение диаметра камня; $\Delta_{ам}$ – отклонение глубины хода ножа камнеуборочной машины.

Необходимый при гладкой посадке корнеплодов и севе зерновых (рис. 1 а) слой земли без камней может соответствовать глубине подковки корнеплодов или пахоты по стерне зерновых и технических культур, т.е. $h_a = h_{лс}$. Поскольку при схемах (рис. 1 б, в) глубина залегания корнеплодов изменяется, меняется и глубина подлежащего очистки от камней слоя.

Необходимый чистый от мелких камней слой при схемах (рис. 1 б, в) определяем согласно выражению:

$$h_a = h_{лс} - (h_r + \Delta_r), \quad (4)$$

где $h_{лс}$ – глубина хода лемеха извлекателя корнеплодов; h_r – высота гребня или гряды; Δ_r – отклонение высоты гребня и гряды.

Поставив значения h_a и $h_{лс}$ в формулу (3), получим полное выражение для определения необходимой глубины выбора мелких камней при грядовой и гребневой посадке корнеплодов:

$$h_{ам} = h_k + \Delta_k + \Delta_{лс} - (h_r + \Delta_r) + 0,5d + \Delta_d + \Delta_{ам}, \quad (5)$$

Заменив значения $h_{лс}$ на $h_{лм}$ и $h_a = h_{лм}$ получим полное выражение для определения необходимой глубины выбора камней перед глубоким рыхлением и укладкой дренажных труб:

$$h_{ам} = h_p + h_{нр} + \Delta_d + \Delta_{лм} + 0,5d + \Delta_d + \Delta_{ам}, \quad (6)$$

Расчёты выполненные по формулам 1...6 дают область допустимых значений глубины выбора камней. С этими значениями требуется сопоставить глубины выборки камней h , которые возможно достигнуть планируемыми к применению камнеуборочными машинами. Глубины выборки камней $h_{ам}$ должны быть меньше или равны фактической глубине выборки применяемой машины.

Для определения параметров создаваемой камнеуборочной машины теоретический расчет глубины выбора камней возможен исходя из баланса мощности мобильного энергетического средства (МЭС) и мощности потребляемой на выборку камней.

Исходя из формулы баланса мощности, определяем глубину выборки камней h по выражению:

$$h = \sqrt[1,35]{\frac{10^3 N_{\text{дв}} \cdot \eta - g \cdot v_k (G_{\text{т}} \cdot f_{\text{пер.т}} + G_{\text{ка}} \cdot f_{\text{пер.м}}) - \rho_{\text{кам}} \cdot v_{\text{тр}} \cdot g \cdot L \cdot V \cdot P_{\text{м}} \cdot 10^{-4}}{1,05 \cdot 10^3 \cdot C \cdot (1 + 2,6L_{\text{н}}) \cdot (1 + 0,1s) v_k}},$$

где h – глубина, м; $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя МЭС; η – коэффициент использования мощности двигателя, в долях единицы, $\eta = 0,85 \dots 0,98$; $G_{\text{т}}$ – масса МЭС, кг; $f_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий сопротивление движению (перекачиванию) МЭС, в долях единицы, $f_{\text{пер}} = 0,15 \dots 0,5$; $G_{\text{ка}}$ – масса камнеуборочного агрегата, кг; $f_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий сопротивление движению (перекачиванию) камнеуборочного агрегата, в долях единицы, $f_{\text{пер}} = 0,15 \dots 0,2$; v_k – поступательная скорость машины и МЭС, м/с.; $v_{\text{к}}$ – поступательная скорость, при которой реализуется сила тяги МЭС, м/с; g – ускорение свободного падения, $9,81 \text{ м/с}^2$; $\rho_{\text{кам}}$ – плотность камней, кг/м^3 ; d – средний диаметр камня, м; $v_{\text{тр}}$ – поступательная скорость верхней ветви транспортера и камня, м/с; L – суммарная длина верхних ветвей транспортеров от лемеха до точки выгрузки мелких камней или длина траектории средних и крупных камней от ножа до высоты их погрузки; $P_{\text{м}}$ – засоренность очищаемого слоя почвы камнями, ограниченная пропускной способностью извлекающих и сепарирующих узлов машины; 10^{-4} – коэффициент перевода га в м^2 ; 10^3 – коэффициент перевода кВт в Вт; s – толщина ножа чизеля, м; $L_{\text{н}}$ – периметр лемешного ножа, м; C – число ударов динамического плотномера.

Решение этой задачи обеспечивает совершенствование технологий уборки камней с минимизацией выноса на камнях почвы с полей, повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Таким образом, уровень механизации процессов уборки камней с мелиорируемых земель гумидной зоны поэтапно повышается. При этом имеется положительный опыт уборки поверхностно расположенных камней. Предстоит разработать процессы диагностики скрытых камней для их адресной выборки и утилизации в пределах мелиорируемого сельскохозяйственного угодья.

Литература

1. Преображенский К.И., Ленский Д.П. Сельскохозяйственное освоение каменистых земель в Нечерноземной зоне РСФСР. Б – чка мелиоратора. – М. Россельхозиздат, 1987, с. 6. 52.
2. Пунинский В.С. Система технологий и машин для комплексной механизации мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России. В кн. М47. Мелиоративная энциклопедия. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – Т.3, с.173, 174.
3. Пунинский В.С. Особенности освоения дренируемых земель со скрытыми камнями. Мелиорация и окружающая среда: В юбилейном сборнике научных трудов ВНИИГиМ. Том II. – М.: ВНИИА, 2004, с. 219...225.