

НКЗ СССР

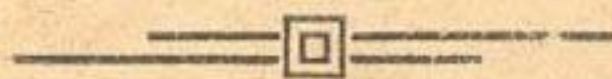
„УЗИРСТРОЙ“

Проектно-исследовательский и исследовательский отдел  
(6. УЗВОДПРОИЗ)

# ВОПРОСЫ ИРРИГАЦИИ

СБОРНИК

1



САМАРКАНД

1934



НКЗ СССР

„УЗИРСТРОЙ“

Проектно-изыскательский и исследовательский отдел  
(б. УЗВОДПРОИЗ)

# ВОПРОСЫ ИРРИГАЦИИ

СБОРНИК

1

Г. САМАРКАНД

1934



## Содержание

### ПРЕДИСЛОВИЕ

Стр.

1. Инж. ПОПОВ К. Г. — Самопрямывающийся отстойник системы  
внж. Попова . . . . . 11
  2. Инж. ТРОИЦКИЙ А. В. — Определение гидростатического давления на  
поверхность произвольной формы . . . . . 17
  3. Инж. ТРОИЦКИЙ А. В. — К вопросу о нахождении критической глу-  
бины в русле любой формы . . . . . 37
  4. Б. Н. КАСТАЛЬСКИЙ и  
Е. М. ТИМОФЕЕВ — Гидростроительство и археология в Сред-  
ней Азии . . . . . 51
  5. ТИМОФЕЕВ Е. М. — Восстановление больших гидрологических  
циклов . . . . . 69
  6. ЗАОЗЕРСКИЙ С. Г. — К методике ретроспективного выявления  
климатических условий путем исследования  
хода роста деревьев . . . . . 75
  7. Инж.-строитель  
ГЕНЕРАЛОВ И. В. — Требования, предъявляемые механизацией  
строительных работ к ирригационному  
проектированию . . . . . 87
-



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Народное хозяйство Средней Азии зиждется на искусственном орошении.

Задача социалистической реконструкции народного хозяйства для Средне-Азиатских Республик Союза является в первую очередь задачей социалистической реконструкции всего механизма искусственного орошения—ирригации.

Поэтому период первой пятилетки—эпоха великих работ—период первого штурма узких мест, препятствовавших развитию народного хозяйства Союза, для Средне-Азиатских Республик был прежде всего периодом развертывания ирригационных работ в масштабах и темпах, неизвестных до того времени. Действительно, если в довоенное время за двадцатидвухлетний период с 1895 по 1917 годы—в дело ирригации было вложено всего 34,9 милл. руб., то за годы первой пятилетки вложения в ирригацию определяются в сумме 637 милл. руб., т. е. за 4 года было вложено средств в 18 раз больше, чем за весь довоенный период развития ирригационных работ, причем примерно 70% этих вложений падает на ирригационное строительство в Средне-Азиатских Республиках.

На Средне-Азиатские Республики страна возложила задачу освобождения отечественной промышленности от импорта иностранного хлопкового волокна и эту задачу наши республики с помощью партии, правительства и пролетариата Союза в течение первой пятилетки в основном выполнили.

Для выполнения этой задачи было необходимо резко улучшить работу старых ирригационных систем и построить новые системы, чтобы быстро увеличить общую площадь орошаемых земель и добиться роста удельного веса хлопковых посевов на поливных землях.

К этим работам в такой широкой постановке, можно было приступать только в плановом порядке, имея общую схему мероприятий, которые должны быть проведены в каждом бассейне для наиболее полного использования его водных и земельных ресурсов.

Составление такого рода побассейновых схем, устанавливающих общее направление и очередность ирригационного строительства для каждого бассейна, представляло очень большую по объему и сложную по характеру задачу, к решению которой были привлечены многочисленные кадры работников ирригации. На основе этих схем дальнейшее ирригационное проектирование и строительство приобрело необходимую плановость как в смысле общего направления работ, так и в отношении очередности отдельных объектов.

В течение первой пятилетки и в годы, предшествовавшие ей, для орошения новых земельных массивов был построен ряд крупных инженерных ирригационных систем, отвечающих последним требованиям техники (Уч Бурган Бум-Курган, Дальверзин); для обеспечения нормального питания ряда крупнейших старых систем построен первый в Средней Азии водозаборный узел на мощной реке (Рават-Ходжинский узел на Зеравшане) и переустроен и



улучшен с помощью более простых сооружений водозабор большого количества старых систем в бассейнах почти всех рек Средней Азии; для улучшения водораспределения внутри существующих систем, лучшего обеспечения поливами старых орошаемых земель и орошения неосвоенных участков, расположенных в зоне командования этих систем проведены в огромном масштабе работы по полному и частичному переустройству большинства существующих систем; для мелиорации заболоченных и засоленных земель с целью повышения степени их хозяйственного использования, а также для борьбы с тропическими эпидемиями на многих системах была восстановлена или устроена заново водосборная и сбросная сеть и проведены водоотводящие коллекторы.

Социалистическая реконструкция сельского хозяйства, организация крупных колхозных хозяйств поставила кроме того перед ирригацией ряд специфических задач по ликвидации пережитков старой организации сельского хозяйственного производства и по приспособлению поливного хозяйства к требованиям и условиям крупного механизированного полеводства. Эти совершенно новые для Средне-Азиатской ирригации работы по укрупнению поливных площадок, соответственному переустройству мелкой оросительной сети и по комплексу других связанных с этим мероприятий, известные под общим наименованием водоустройства, также получили в течение первой пятилетки весьма широкое развитие.

Таким образом, инженерно-техническим работникам ирригации, в большинстве не имевшим ранее почти никакого производственного опыта, пришлось за этот период решать самые разнообразные, часто весьма сложные задачи во всех областях и формах ирригационного строительства.

Сложнейший и прежде совершенно незнакомый для нашей техники вопрос сооружения барражей на крупных реках для регулирования забора воды в ирригационные каналы не только разрешен в ряде проектов, но и разрешен практически в строительстве уже законченных и строящихся сооружений. В этом отношении можно указать на законченную постройкой плотину имени 1-го Мая Верхне-Зеравшанского или Рават-Ходжинского узла, на строящуюся плотину Чумышского узла для Атбашинского и Георгиевского каналов на р. Чу, запроектированные Троицкий барраж на р. Чирчике, плотину Беговатского узла, плотину для Кум-Бурганской системы на Сурхандарье и друг.

Водозабор из больших рек с помощью открытых регуляторов разработан в ряде проектов и осуществлен в постройке головных сооружений Уч-Бурганской, Дальверзинской систем, Кампыр-Раватского головного узла, Вахнской системы и друг.

Вопросы борьбы с попаданием наносов в магистральные каналы подверглись за это время детальной и многосторонней разработке. Совершенно различные конструктивные решения этой задачи применены в Рават-Ходжинском узле (промывные карманы), в строящемся Чумышском узле (система Эльсдена) в запроектированных головных сооружениях Кум-Бурганской системы (косой вход и отстойный бассейн по схеме Шокляча), в запроектированном узле на Ходжа-Бакиргане и друг.

Машинное орошение, представленное в довоенное время несколькими небольшими установками частных владельцев, получило теперь применение в крупных построенных (Баяут) и запроектированных установках.



Вопросы проектирования и постройки крупных магистральных каналов и распределительной сети вполне успешно разрешены в уже работающих системах Янги-Даргома, Дальверзина, Уч-Кургана, строящихся Атбашинском и Георгиевском каналах, Бахшской системе и в большом количестве запроектированных систем.

Принципы проектирования и устройства мелкой оросительной сети в последнее время заново переработаны и проведены в жизнь на многочисленных крупных и мелких массивах новых земель, введенных в орошение за эти годы.

Сооружения на сети запроектированы и построены в огромном количестве и на новых и на старых ирригационных системах. При этом освоено много новых типов сооружений, как-то: многоступенчатые перепады на большие расходы, (Кум-Курган, Бурджар), перепады американского типа без подпорных стенок, консольные перепады размеров, не применяющихся в заграничной практике, быстротокки длиной до 1,4 км. при расходе 84 куб. м. (Янги-Даргом), тоннели длиной до 0,5 км. при расходе 104 куб. м. (Янги-Даргом, Куркат,) дюкера длиной до 0,5 км. при расходе 12,0 куб. м. (Кум-Курган), акведуки и проч.

Для сооружений на сети большое применение нашло типовое проектирование, причем большое внимание было обращено на использование недефицитных местных материалов (дерево, кирпич, камень).

Вполне освоено строительство временных и регулирующих сооружений из габионов, а также развиваются и совершенствуются старые местные приемы гидротехнического строительства (сиайные дамбы, таш-тугайная кладка).

Почти единственным мало освоенным типом гидротехнических ирригационных сооружений являются высокие водохранилищные плотины, хотя и в этой области имеется в настоящее время опыт постройки Досан-Карабасского водохранилища и проектирования многих крупных горных и долинных водохранилищ.

Наконец, следует указать, что за эти годы получил практическое разрешение и вопрос полного переустройства существующих систем. Достаточно привести в этом отношении один пример системы Парная, на которой в течении четырех лет было проведено полное переустройство с объемом работ до 12.000.000 руб. и орошаемая площадь увеличена с 40.000 га (обарыченных на 1926 г.) до 46.000 га при отсутствии каких либо перебоев в работе системы за весь период строительства.

И не только строительство требовало такой напряженной работы и усилий технической мысли и творчества. В области эксплуатации ирригационных систем также пришлось искать совершенно новых путей, так как новые условия хозяйства не могли мириться с прежним бесплатным водопользованием, основанном лишь на традициях и праве захвата.

В этой области можно отметить установление планового водопользования, начавшееся в виде опыта в 1927 году на отдельных системах и охватившее к настоящему времени напр. в Узбекистане все без исключения системы; развитие балансовой гидрометрии, являющейся основой для разработки и проведения планов водопользования; введение зимних поливов с целью лучшего использования водных ресурсов рек и повы-



шения урожайности хлопчатника; введение новых способов полива в связи с развитием механизированной обработки полей и проч.

Приведенный выше перечень указывает на то, какой огромный опыт накоплен работниками ирригации на пройденном этапе нашей работы и какой колоссальный запас и теоретических и практических данных собран ими за это время по всем вопросам ирригации и гидротехники.

Этот опыт должен быть максимально учтен и использован в нашей дальнейшей работе.

Задания на 2-ю пятилетку требуют от нас увеличения орошаемой площади в Средней Азии на 500 тыс. га и значительного повышения урожайности, которая в условиях поливного хозяйства может быть надежно поднята только при полной обеспеченности оптимального поливного режима, что ставит требование совершенно точной работы ирригационных систем при проведении планов водопользования. Следовательно, работы и по орошению новых земельных массивов и по переустройству существующих систем будут производиться в оставшиеся годы 2-го пятилетия, и, несомненно, и в дальнейшем, в больших масштабах. Использование опыта, накопленного в предыдущий период, является при этом совершенно обязательным.

Как же обстоит дело с учетом этого опыта, фиксацией его и как обеспечен обмен опытом между различными производственными организациями?

К сожалению приходится констатировать, что если передача опыта внутри одного учреждения и обеспечена в известной мере техническими архивами, то обмен опытом между родственными организациями имеет в настоящее время совершенно недостаточные размеры.

Производственный опыт наших проектно-изыскательских, а в особенности строительных и эксплуатационных организаций не анализируется, не обрабатывается в такой форме, которая делала бы легким его использование и не публикуется для сведения широких инженерно-технических масс.

Чуть ли не единственным, хотя и чрезвычайно громоздким способом ознакомления с опытом других организаций остается в настоящее время научная командировка.

Отсутствие специального технического журнала является несомненно одной из главных причин такого печального состояния этого дела в настоящее время. Издание специальной ирригационной литературы, недостаточное и само по себе, ни в коей мере не может удовлетворить потребность в быстром обмене опытом, в живом обмене техническими мнениями, в технической дискуссии, которая так необходима для критического анализа и оценки технических предложений отдельных организаций и отдельных работников.

В качестве второй важной причины столь неудовлетворительного состояния дела обмена опытом в области нашей работы следует назвать известную инертность наших инженерно-технических работников, да часто и целых организаций, не привыкших к регулярному подытоживанию и оформлению своих работ в целях ли обмена полученным опытом или в целях своего рода публичной отчетности о их выполнении. Даже по работам, опубликованным другими у нас очень неохотно высказываются суждения — в печати — как одобрительные, так и критические, без чего обмен опытом не является полноценным.

В результате такого пренебрежения к этой стороне нашей работы, коэффициент полезного действия ирригационных производственных организаций



несомненно значительно ниже того, какой мог бы быть достигнут при широком использовании всех „внутренних ресурсов“, накопленных этими организациями.

Эту задачу выявления наших внутренних ресурсов для наиболее широкого их использования и должны в посильной мере разрешать намеченные нами к выпуску сборники под наименованием „Вопросы ирригации“.

Форма сборников с одной стороны освобождает нас от обязательной периодичности их выпуска, что позволит с более строгим выбором подходить к предлагаемому для опубликования материалу, а с другой стороны обеспечивает максимальную быстроту опубликования, делает материал приемлемым независимо от его объема и допускает дискуссию, к открытию которой на страницах сборников мы особенно приглашаем их читателей.

В „Сборниках“ должны принять участие не только работники Проектно-Изыскательских организаций, но и строители и работники эксплуатации, так как все мы имеем многое сказать не только о своей собственной работе, но и работе друг друга. Критика проектов с точки зрения строителей, критика строительства с точки зрения эксплуатации и обратно имела бы чрезвычайно большое значение для нахождения правильных решений стоящих перед нами задач.

Мы рассчитываем, что в сборниках примут участие и те организации, которые используют наши реки, каналы и сооружения в интересах других отраслей народного хозяйства. Мы надеемся, что на страницах сборников они выскажут свое мнение о постановке тех или иных общих ирригационных проблем или путях разрешения отдельных ирригационных задач, способствуя таким образом действительной комплексности этих постановок и решений. Обединить усилия для дальнейшего движения вперед по пути социалистической реконструкции нашей страны—наша главная цель.



## Самопромывающийся отстойник системы инж. Попова\*)

Одной из основных причин быстрой изнашиваемости турбин, является отрицательное действие наносов определенных фракций и минералогического состава их, поэтому при постройке гидростанций принимаются все меры в том, чтобы предотвратить попадание их в турбины, путем устройства отстойных бассейнов, назначение которых и сводится к задержанию наносов.

Устройство отстойных бассейнов также необходимо и на ирригационных системах, где источник питания несет большое количество наносов, так как попадание последних в каналы вызывает заиление, а, следовательно, и эксплуатационные расходы по очистке их, удорожая тем самым стоимость орошенного гектара.

По данным Эксплуатационного Управления Узводхоза за 1924-26 г., эксплуатационные расходы по Зеравшанской долине (Бухара) на гектар посева колебались от 6 до 19 рубл. (арык Пирмасг 6 рубл. и арык Шахруд 18,6 рубл.), что в общей сложности давало колоссальные цифры.

Если обратиться к гидроустановкам, то по данным заграничной практики, на некоторых ГЭС менялись турбины через год-два и долговечность службы турбин восстанавливалась после принятия мер к недопущению наносов к турбинам.

Таким образом, из этой краткой характеристики выясняется необходимость устройства отстойных бассейнов.

Для того, чтобы отстойные бассейны выполняли возложенную на них задачу, надо в них создать благоприятные условия для выпадения наносов, т. е. создать скорость движения воды такую, при которой бы все наносы, более определенных фракций, осаждались.

Эти условия требуют наличия широких и достаточно глубоких водоемов.

С другой стороны, все осевшие наносы, периодически необходимо удалять, для чего требуется, наоборот, создание больших скоростей, способных произвести промывку, находящихся в отстойнике наносов.

Сочетать эти два противоположные условия весьма трудно в одной и

\*) Тема „Самопромывающийся отстойник системы инж. Попова“ была доложена на заседании Научно-Инженерно-Технического Общества (НИТО) Узводпроиза, которое выразило желание применения данного типа отстойника в проекте переустройства системы р. Туполанг.



той же конструкции отстойника, с тем, чтобы эффект действия был как в том, так и в другом случае.

Обычно для этой цели отстойники устраиваются сужающимися к сбросному отверстию, для того, чтобы в момент промывки создать кривую спада, а, следовательно, благоприятные условия к увеличению скорости движения воды, достаточной для промывки.

Но, исходя из условия осаждения наносов, где длина отстойника будет зависеть от траектории движения выпадающих частиц, таковая получается весьма значительной.

Так, например, при скорости воды в отстойнике  $v = 0,3$  м/с. и скорости выпадения частиц  $u = 0,015$  м/с., при наполнении  $H = 3$  мт., длина отстойника  $L = \frac{Hv}{u} = \frac{3 \times 0,3}{0,015} = 60$  мт., в силу чего промывка на такую длину является затруднительной.

Поэтому, при наличии незначительного промывного отверстия, по сравнению с шириной бассейна, не получается значительного эффекта, так как радиус промывного действия не распространится на весь бассейн, в силу чего необходимо прибегать к механической очистке отстойника, что умалит значение данных отстойников, вследствие дороговизны их эксплуатации.

В предлагаемом нами типе отстойника, эти недостатки совершенно отсутствуют, так как имеется возможность производить промывку автоматически, действием той же струи и не требующего сложных машин или приспособлений для очистки.

Конструкция отстойника заключается в следующем.

Предположим, что мы имеем двухкамерный или многокамерный отстойник трапециoidalного или прямоугольного сечения. В дне каждой камеры устраивается канал, с определенным сечением и уклоном, чтобы при каком то промывном расходе  $Q$ , в этом канале были созданы размывающие скорости для данных наносов.

Допустим, что отстойник занесен наносами и требуется промывка его. Для этого пускается в отстойник промывной расход и открывается промывное отверстие (сброс). Наносы начинают промываться под действием промывного расхода, но промывное действие не охватывает всей камеры, так как в ней устанавливается какой то угол естественного откоса из наносов и эффект дальнейшей промывки приостанавливается.

Если же в откосах отстойника, по длине его, вделать трубы с отверстиями и промывной расход пустить через них, то вода, вылетая из этих отверстий с большой скоростью, будет смывать наносы с боковых граней и тем самым способствовать попаданию их в канал, устроенный в дне отстойника, откуда они будут удаляться промывным расходом, следовательно, вся камера постепенно будет очищаться, так как действие этих струй будет равносильно действию монитора.

В случае, если при действии труб наносы будут только сноситься с откосов в канал и по последнему промываться не будут, так как в начале камеры расход, поступающий из труб будет недостаточен для проноса их, то здесь возможна манипуляция промывным расходом путем пуска его то по трубам, то непосредственно по каналу отстойника.



Отсюда видно, что сама промывка чрезвычайно проста и не требует больших затрат на ее осуществление, а также специального обслуживающего штата и может производиться автоматически, путем впуска воды в промывные трубы.

Устройство впуска воды в трубы может быть осуществлено весьма просто. В устоях шлюзов, служащих для пропуска воды в отстойник, устраивается приемная камера, которая раз'единяется от верхнего бьефа щитом или шандорами, для того, чтобы не допускать попадания воды в трубы во время работы самого отстойника. В приемную же камеру выводятся и промывные трубы. Следовательно, открывая щит в эту камеру или шандоры, мы тем самым пускаем воду в трубы. Щитовое отверстие для приемной камеры рассчитывается на пропуск промывного расхода. Указанное самопромывающее приспособление может быть осуществлено в отстойниках из любого материала (дерево, бетон и т. д.).

Для создания напора в промывных трубах, не требуется никаких приспособлений, так как этот напор всегда будет иметь место при наличии воды в подводящем канале, вследствие того, что отстойники по отношению к горизонту верхнего бьефа всегда будут заглубленными, что, собственно диктуется необходимостью создания минимальных скоростей в них, ибо таковые получаются не только за счет ширины отстойника, но также и глубины. Кроме того каждый отстойник имеет заглубление для образования мертвого объема, где отлагаются наносы.

Таким образом в момент работы отстойника, щиты приемной камеры закрыты, во время же промывки, секция отстойника выключается из общей работы, и в него пропускается только промывной расход, который производит промывку наносов по каналу, устроенному в дне отстойника. Затем доступ воды через шлюзы в отстойник совершенно прекращается, открывается щит приемной камеры и промывной расход поступает в трубы, производя смыв наносов. Указанное устройство видно на черт. № 2.

В тех случаях, когда есть опасение занесения самих труб наносами (при малых скоростях в них), можно эти промывные трубы выпустить в точно такую же камеру, как приемная, но расположенную в другом конце отстойника, со спуском воды в сброс. Следовательно, в момент промывки отстойника щит приемной камеры открыт, а щит в сбросную камеру закрыт.

Тогда же, когда необходимо произвести промывку самих труб, то щит сбросной камеры открывается, и вода проходит в сброс, вымывая наносы из труб.

Промывные трубы могут быть как железными, железобетонными, бетонными, так и деревянными.

В том случае, когда в стенке отстойного бассейна заложены железные промывные трубы, то отверстия в них устраиваются сверлением. Если же имеем бетонные или железобетонные трубы, то во избежание истирания бетона в этих отверстиях, при наличии в них больших скоростей, при промывках, можно применить специальные металлические насадки, втопленные в бетон во время производства работ (см. черт. № 1).



В отношении расположения этих отверстий следует указать, что они должны составлять с горизонтом угол больший, нежели принят таковой для естественного откоса наносов для того, чтобы была большая эффективность промывки. В нижней же трубе, эти отверстия устраиваются горизонтальными.



*Чертеж 1*

Для более ясного представления о работе предлагаемого нами типа отстойника, произведем расчет его.

Предположим, что имеем следующее сечение отстойника. (См. на плане разрез  $G-H$ ).

Устанавливаем по высоте отстойника, по обоим его откосам, 3 ряда промывных труб и берем расход для промывки через трубы  $Q = 4 \text{ м}^3/\text{сек.}$  Следовательно, на одну трубу придется

$$\frac{Q}{6} = \frac{4}{6} = 0,67 \text{ м}^3/\text{сек.}, \text{ так как всего 6 труб.}$$

Задавшись диаметром трубы 0,5 м., определяем площадь сечения трубы в начале

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,25}{4} = 0,20 \text{ м}^2 \text{ и скорость в трубе будет:}$$

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,67}{0,20} = 3,35 \text{ м/сек.}$$

Отверстия для промывки в промывной трубе устанавливаем через 1,0 м., причем эти отверстия располагаем по плоскости откоса в шахматном порядке, следовательно, при действии всех труб, ширина наносов, подлежащих смыву с откоса равна 0,5 м. При длине отстойника  $L = 100 \text{ м.}$ , в каждой трубе будет 100 отверстий и на одно отверстие приходится расход, равный  $\frac{0,67}{100} = 0,0067 \text{ м}^3/\text{сек.}$

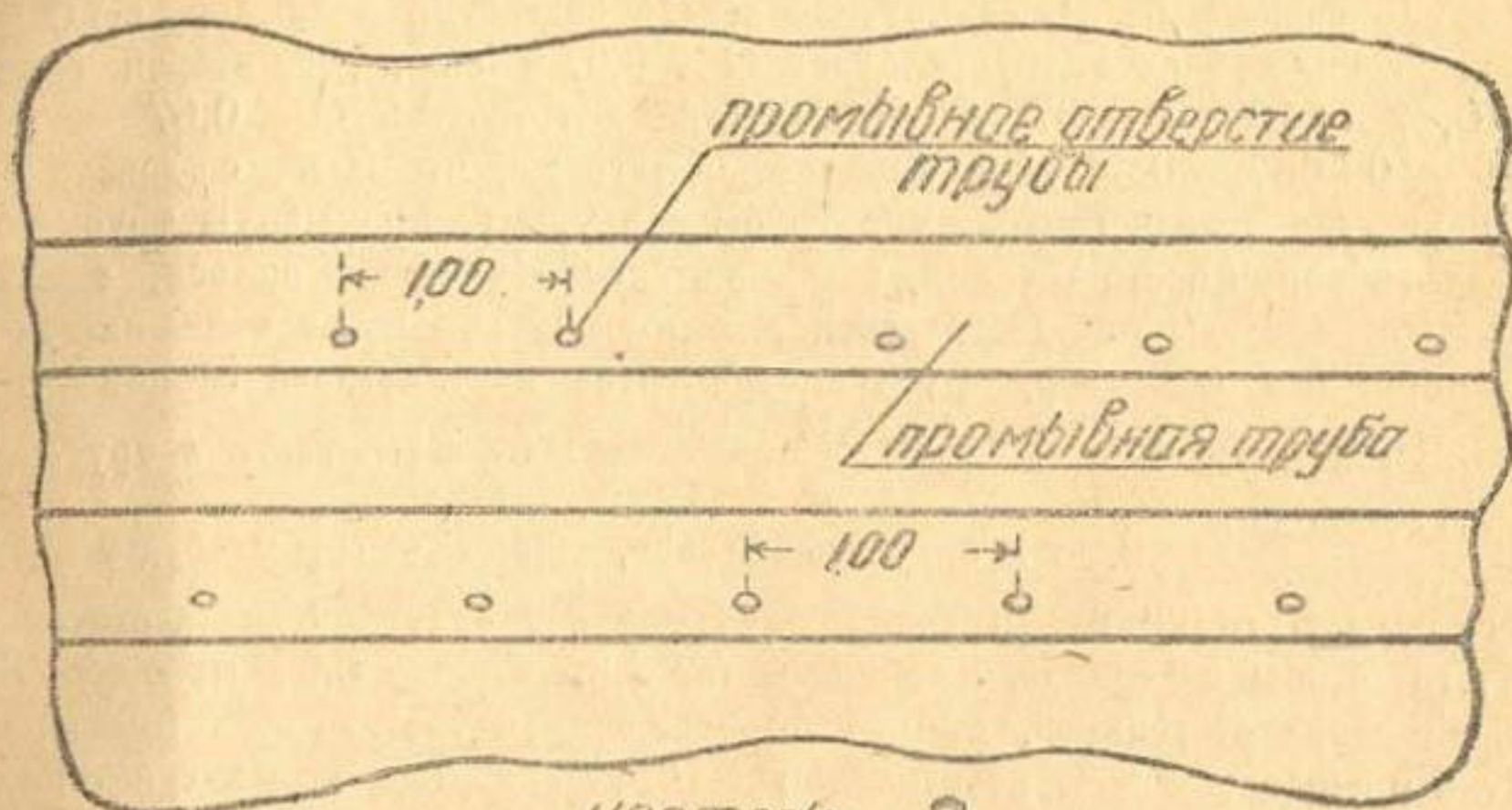
Вследствие того, что истечение из этих отверстий будет происходить в атмосферу, то скорость истечения будет характеризоваться напором.

При принятом нами расположении отверстий, напор над первой промывной трубой будет 2,63 м. (при прохождении через щиты в карман, из которого



вода будет подаваться в трубы, принята потеря напора 0,14, следовательно  $H = 2,77 - 0,14 = 2,63$  м.) Скорость истечения из отверстия будет  $v = \varphi \sqrt{2gH} = 0,97 \times 4,43 \sqrt{2,63} = 0,97 \times 4,43 \times 1,62 = 6,96$  м/с.

### Схема расположения отверстий для промывки



Чертеж 2

Вылетающая с такой скоростью струя, безусловно будет производить эффективное размывающее действие.

Площадь отверстия:

$$\omega = \frac{Q}{\mu \sqrt{2gH}} = \frac{0,0067}{0,62 \times 4,43 \times 1,62} = \frac{0,0067}{4,45} = 0,0015 \text{ м}^2,$$

откуда диаметр отверстия

$$d = \sqrt{\frac{4\omega}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,0015}{3,14}} = 2 \sqrt{0,00048} = 2 \times 0,022 = 0,044 \text{ м.}$$

Напор в нижней промывной трубе  $H = 4,63$  м.

$\sqrt{H} = 2,15$ . Скорость истечения из отверстия  $v = \varphi \sqrt{2gH} = 0,97 \times 4,43 \times 2,15 = 9,25$  м/сек.

Площадь промывного отверстия

$$\omega = \frac{Q}{\mu \sqrt{2gH}} = \frac{0,0067}{0,62 \times 4,43 \times 2,15} = \frac{0,0067}{5,0} = 0,0011 \text{ м}^2,$$

откуда определяется диаметр отверстия

$$d = 2 \sqrt{\frac{\omega}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,0011}{3,14}} = 2 \times 0,019 = 0,038 \text{ м.}$$

Данный пример приведен для показания тех промывных скоростей, которые могут быть получены в начале секции во время действия промывки, а, вообще говоря, выбор промывного расхода, расположения, числа и диаметра промывных труб, диаметра отверстий и т. д. будут зависеть от количества наносов и желательной эффективности промывки, а также от чисто конструктивных соображений, и в каждом отдельном случае этот выбор будет диктоваться условиями проекта, точно так же, как и расход каждой промывной трубы,



ибо здесь можно устроить все трубы одновременно действующими или разновременю.

Вследствие того, что расход в трубе, по мере удаления от приемной камеры, будет уменьшаться, то очевидно сечение трубы должно также уменьшаться, для того, чтобы не создавать малых скоростей в самой трубе, поэтому расчет сечения трубы надо вести по секциям. Так, например, при принятом нами равномерном расположении отверстий, можно всю трубу разбить на 10 секций, по десять отверстий в каждой, тогда для первой секции расход трубы будет  $Q = 0,67 \text{ м}^3/\text{сек.}$ , для второй секции  $Q = 0,67 - 10 \times 0,0067 = 0,603 \text{ м}^3/\text{сек.}$ , для третьей  $Q = 0,67 - 20 \times 0,0067 = 0,54 \text{ м}^3/\text{с.}$  и т. д. Для того же, чтобы не создавать резких переходов от одного диаметра трубы к другому, промывную трубу можно сделать конического сечения, т. е. постепенно уменьшающегося, так как внезапные переходы от одного сечения к другому вызывают излишние потери напора. Так, например, при диаметре трубы на последней секции

$d = 0,30 \text{ мт.}$ , имеем  $\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,09}{4} = 0,07$  и скорость в трубе

$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,067}{0,07} = 0,96 \text{ м/с.}$ , следовательно, диаметр трубы будет изменяться от 0,5 до 0,3 мт., причем скорости в ней будут вполне достаточные для того, чтобы не осаждались наносы (от 3,35 м/с. до 0,96 мт/сек.). При большей длине отстойника, при расчете скорости, вылетающей струи из отверстий промывной трубы, необходимо учесть потери напора, если эти потери будут представлять величины, влияющие на изменение таковой.

Для нашего случая определим скорость вылетающей струи на последней секции с учетом потерь напора и расхода по длине трубопровода. Полагая среднюю скорость в трубопроводе  $v = \frac{3,35 + 0,96}{2} = 2,15 \text{ м/с.}$  и сред-

ний диаметр  $d = \frac{0,5 + 0,3}{2} = 0,4 \text{ мт.}$ , получим потерю напора на длине 100 мт.

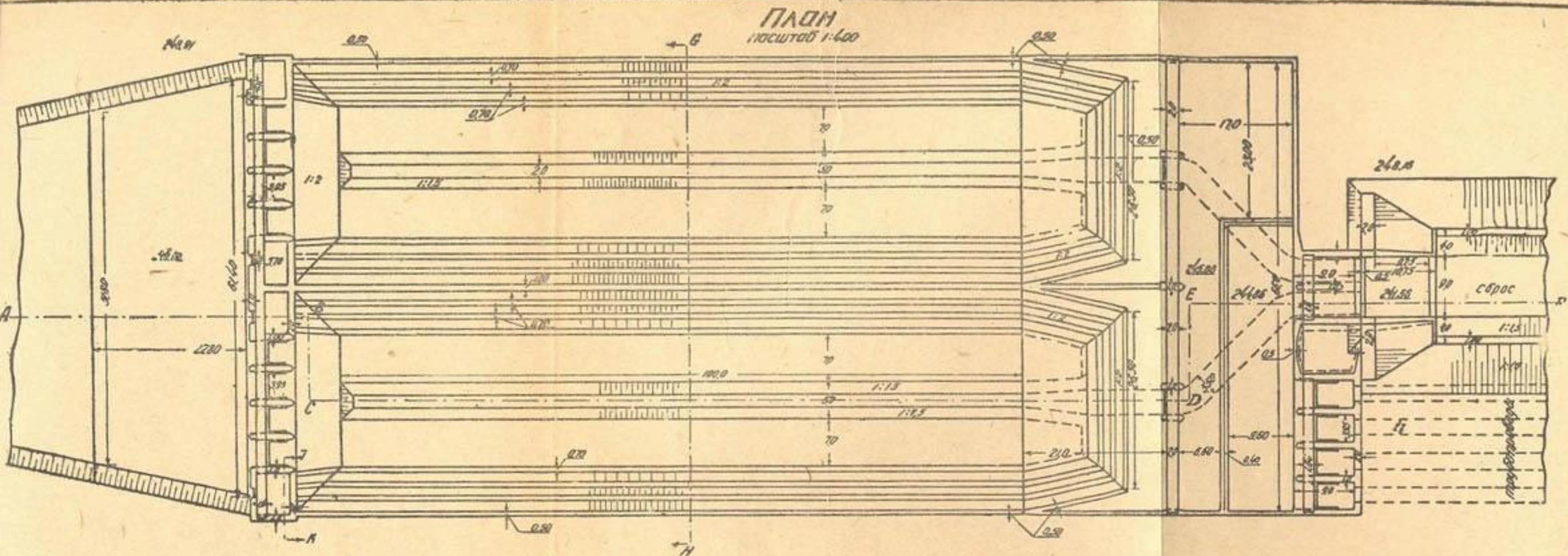
$h = \Sigma \frac{v^2 L}{2gd} = \Sigma \frac{2,15^2 \times 100}{19,62 \times 0,4} = \Sigma 59$ , где  $\Sigma = 0,02$ , следовательно,  $h = 0,02 \times 59 = 1,18 \text{ мт.}$  Таким образом напор  $H$  изменится на эту величину и будет равным  $2,63 - 1,18 = 1,45 \text{ мт.}$ , тогда скорость вылетающей струи в конце секции будет  $v = 0,97 \sqrt{2gH} = 0,97 \times 4,43 \times 1,2 = 5,15 \text{ м/сек.}$

и диаметр отверстия  $d = 2 \sqrt{\frac{\omega}{\pi}}$ , где  $\omega = \frac{0,0067}{5,15} = 0,0013 \text{ м}^2$   $d = 2 \sqrt{\frac{0,0013}{3,14}} = 0,04 \text{ мт.}$

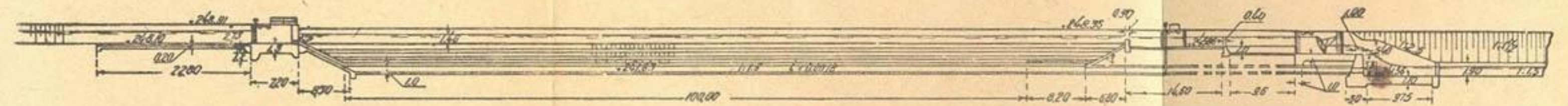
Все указанные положения, конечно, могут быть подсчитаны теоретически более подробно, но для того, чтобы говорить о рациональном размещении отверстий, так как таковые могут быть расположены не через равные расстояния, об эффективности быстрого смыва наносов, о количестве промывных труб и т. д. надо произвести лабораторные испытания.

Не имея возможности самому произвести указанные опыты, надо полагать, что заинтересованные организации поставят таковые в лабораторных условиях и тогда можно будет говорить об эффекте предлагаемого нами типа отстойника с цифрами в руках.



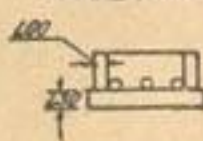


Разрез по A-B-C-D-E-F



Разрез G-H  
масштаб 1:200

Разрез J-K  
масштаб 1:400



самопрямляющийся отстойник  
системы инж. Попова





## Определение гидростатического давления на поверхность произвольной формы <sup>1)</sup>.

Определение гидростатического давления на поверхность любой формы в гидротехнике встречается часто.

Давление на поверхность секторных, цилиндрических щитов, щитов Гельмгольца и других типов щитов, ограниченных криволинейными поверхностями, определение давления на купольные и криволинейного очертания плотины, давления на отдельные части трубопроводов, колена, клапаны и т. п., давления на стенки криволинейных сосудов, — все это является частными случаями более общего вопроса давления на поверхность любой формы.

Намечающееся в настоящее время применение парусных щитов, имеющих, несомненно, некоторую будущность в связи с удешевлением производства нержавеющей металлов, также будет требовать при расчете этих щитов применения способов определения давления на поверхности любой формы.

Небезинтересно отметить, что определение давлений на сложные поверхности, состоящие из ряда плоскостей, часто решается значительно проще теми же общими приемами, какие можно применить к определению давления на поверхность любой формы.

Разрешение задачи, в общем, аналитическим путем может быть произведено так:

Вся криволинейная поверхность  $S$  (черт. 1) разбивается на элементарные бесконечно-малые площадки  $ds$ .

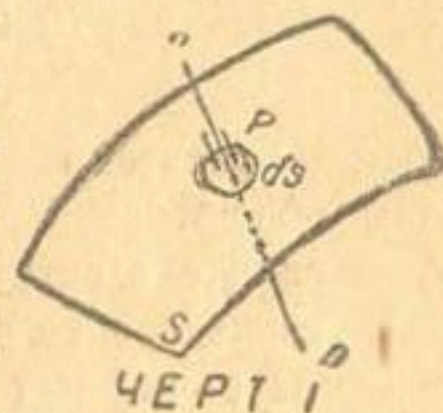
Общий метод решения задачи. Давление  $p$  в каждой точке этой

площадки мы можем считать одинаковым как по величине, так и по направлению, и элементарное давление  $dP$  на площадку может быть выражено

$$dP = p ds \dots \dots \dots (1)$$

и направлено по внутренней нормали  $n-n$  к рассматриваемой площадке.

Определение полного давления на всю поверхность — суммарного давления на поверхность, сводится к суммированию элементарных давлений, распрост-



<sup>1)</sup> Настоящая работа выполнена автором в порядке плановой работы 1932-33 г. кафедры гидравлики и ирригации Ирригационного Факультета Узбекского Государственного Хлопкового Института в г. Самарканде. Доложена 17 февраля 1933 года Гидротехнической Секции НИТО Узводпроиза.



раненному на всю поверхность. Это равносильно суммированию бесконечно большого количества сил, направленных как угодно в пространстве. Суммирование так направленных сил, как известно из механики, в общем случае приводится к одной равнодействующей всех элементарных давлений — главному вектору, выражающему суммарное давление на эту поверхность, и равнодействующему моменту элементарных давлений — главному моменту, выражающему суммарный момент этих давлений.

И только в частных случаях суммирование сводится к одному главному вектору, т. е. сумма всех элементарных давлений приводится к одной равнодействующей.

Аналитически нахождение главного вектора и главного момента может быть выполнено путем вычисления проекций главного вектора на какие-либо координатные оси и проекций главного момента относительно тех же осей и по ним главного вектора и главного момента.

Проекции главного вектора для любых осей могут быть выражены так:

$$\begin{aligned} X &= \iint_S p \cos (nX) ds; \quad Y = \iint_S p \cos (nY) ds; \\ Z &= \iint_S p \cos (nZ) ds \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

Проекции главного момента относительно начала координат тех же осей будут:

$$\left. \begin{aligned} M_x &= \iint_S p [y \cos (nZ) - z \cos (nY)] ds; \\ M_y &= \iint_S p [z \cos (nX) - x \cos (nZ)] ds; \\ M_z &= \iint_S p [x \cos (nY) - y \cos (nX)] ds \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

Удобно для случая тяжелой покоящейся жидкости принять координаты с плоскостью  $XOY$ , расположенной на напорной плоскости, и осью  $OZ$ , направленной вертикально вниз. Для таких осей давление в любой точке

$$p = f(x, y, z) \dots \dots \dots (4)$$

может быть выражено так:

$$p = \gamma z, \dots \dots \dots (4)$$

Где  $z$  — расстояние от напорной плоскости до данной точки,  $\gamma$  — вес единицы объема.

В случае отсутствия давления на свободной поверхности, напорная плоскость совпадает со свободной поверхностью и  $z = h$  — погружению рассматриваемой точки под свободной поверхностью.

Если на свободной поверхности имеется давление  $p_o$ , то напорная плоскость располагается на высоте  $z_o = \frac{p_o}{\gamma}$  над свободной поверхностью и

$$z = \frac{p_o}{\gamma} + h, \text{ где } h \text{ — погружение данной точки под свободной поверхностью.}$$

Решение задачи сводится к нахождению интегралов выражений (2), (3), распространенных по всей поверхности.



По полученным проекциям главного вектора можно найти величину главного вектора  $P$ :

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \dots \dots \dots (5)$$

и его направление

$$\cos (PX) = \frac{X}{P}; \cos (PY) = \frac{Y}{P}; \cos (PZ) = \frac{Z}{P}, \dots \dots \dots (6)$$

а по проекциям главного момента — величину главного момента  $M$

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} \dots \dots \dots (7)$$

и его направление

$$\cos (MX) = \frac{M_x}{M}; \cos (MY) = \frac{M_y}{M}; \cos (MZ) = \frac{M_z}{M} \dots \dots (8)$$

Совокупность всех давлений будет выражаться только главным вектором, т. е. суммарное давление на данную поверхность может быть представлено только одной силой в том случае, если:

$$M_x X + M_y Y + M_z Z = 0, \dots \dots \dots (9)$$

что выполняется только для некоторых поверхностей.

Подобное следование общему аналитическому методу определения величины и момента давлений связанное с операцией интегрирования по поверхности сложно, требует полной аналитической определенности вида самой поверхности, почему оказывается часто не приложимым к большинству технических задач, в которых вид поверхности не всегда известен, вследствие своей произвольности.

Вместе с тем чисто аналитическое решение вопроса страдает отсутствием наглядности и, лишь в случае замкнутой поверхности, решение получается простое, не требующее знания аналитического выражения формы поверхности.

Давление на замкнутую поверхность.

Указанные интегралы (2), (3) могут быть взяты заменой при помощи формулы Грина-Гаусса интегрирования по поверхности трехкратным интегрированием по объему в следующем виде:

$$\iiint_S f(x, y, z) \cos (nX) ds = - \iiint_V \frac{\partial f(x, y, z)}{\partial x} dV, \dots (10)$$

где в нашем случае  $f(x, y, z) = p = \gamma z$ .

Примечание редактора. Редакция считает, что поскольку интегрирование происходит сразу по площади и по объему было бы удобнее принимать символические обозначения  $\int_S ds$  и  $\int_V dv$ , вместо принятых автором

$$\int \int_S ds \text{ и } \int \int \int_V dv.$$



Применим теорему Гаусса для вычисления проекций главного вектора на замкнутую поверхность.

Для проекций главного вектора на горизонтальные оси, так как

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\gamma \partial z}{\partial x} = 0 \text{ и } \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\gamma \partial z}{\partial y} = 0,$$

получаем:

$$X_0 = \iint_S p \cos (nX) ds = - \iiint_V \frac{\partial p}{\partial x} dV = 0,$$

$$\text{т. е.} \quad X_0 = 0 \dots \dots \dots (11)$$

$$Y_0 = \iint_S p \cos (nY) ds = - \iiint_V \frac{\partial p}{\partial y} dV = 0,$$

$$\text{т. е.} \quad Y_0 = 0 \dots \dots \dots (12)$$

И для проекции главного вектора на вертикальную ось, так как

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\gamma \partial z}{\partial z} = \gamma,$$

получаем:

$$Z_0 = \iint_S p \cos (nZ) ds = - \iiint_V \frac{\partial p}{\partial z} dV = - \gamma V_0,$$

$$\text{т. е.} \quad Z_0 = - \gamma V_0, \dots \dots \dots (13)$$

где  $V_0$  — объем, ограниченный данной замкнутой поверхностью.

Для проекций главного момента по той же теореме Гаусса будем иметь:

$$\begin{aligned} M_x^0 &= \iint_S p [y \cos (nZ) - z \cos (nY)] ds = \\ &= - \iiint_V \left( y \frac{\partial p}{\partial z} - z \frac{\partial p}{\partial y} \right) dV = - \iiint_V \gamma y dV = - \gamma y_0 V_0, \end{aligned}$$

$$\text{т. е.} \quad M_x^0 = - \gamma V_0 y_0, \dots \dots \dots (14)$$

где  $V_0$  — объем, ограниченный данной замкнутой поверхностью, а  $y_0$  — координата его центра тяжести.

Аналогично при тех же обозначениях:

$$\begin{aligned} M_y^0 &= \iint_S p [z \cos (nX) - x \cos (nZ)] ds = \\ &= - \iiint_V \left( z \frac{\partial p}{\partial x} - x \frac{\partial p}{\partial z} \right) dV = \iiint_V \gamma x dV = \gamma x_0 V_0; \end{aligned}$$

$$\text{т. е.} \quad M_y^0 = \gamma x_0 V_0 \dots \dots \dots (15)$$

$$M_z^0 = \iint_S p [x \cos (nY) - y \cos (nX)] ds =$$

$$= - \iiint_V \left( x \frac{\partial p}{\partial y} - y \frac{\partial p}{\partial x} \right) dV = 0;$$

$$\text{т. е.} \quad M_z^0 = 0 \dots \dots \dots (16)$$



Для замкнутой поверхности выполняется условие (9), так как имеем:

$$M_x^o x_o + M_y^o y_o + M_z^o z_o = M_x^o \cdot 0 + M_y^o \cdot 0 + 0 \cdot z_o = 0.$$

Сумма всех элементарных давлений приводится к одной равнодействующей, равной:

$$P_o = -\gamma V_o \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

т. е. получаем закон Архимеда, что для замкнутой поверхности суммарное гидростатическое давление будет равно по абсолютной величине весу объема жидкости, ограничиваемого данной поверхностью, и направлено вверх.

Выделяя в жидкости, находящейся в равновесии, любой поверхностью какой-то об'ем и вводя в этом об'еме, находящемся в равновесии, силы связи, свойственные твердому телу, мы тем самым равновесия не нарушим, а потому уравнение (17) может быть выражено так:

Тело, погруженное в жидкость, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость.

Давление  
на незамкнутую  
поверхность.

Давление на незамкнутую поверхность.

В том случае, если поверхность не замкнута, то интегрирование не может быть так просто произведено и поэтому необходимо применить какой-то другой прием, годный для поверхности произвольной формы, для которой иногда трудно дать математическое выражение, и обладающий в то же время наглядностью.

Рассматриваемый ниже прием состоит в том, что не замкнутая поверхность замыкается другой поверхностью, такой, определение величины и моментов давлений на которую не представляет затруднений, и тогда, пользуясь полученными выражениями для проекций главного вектора и главного момента на координатные оси для замкнутой поверхности, можно определить их для незамкнутой поверхности.

Рассмотрим нахождение проекций главного вектора и главного момента для незамкнутой поверхности указанным способом.

Проекции главного вектора на горизонтальную ось.

В виду того, что проекции главного вектора для любой горизонтальной оси для заменной поверхности равны 0, то для нахождения проекций главного вектора на ось  $OX$  и  $OY$  достаточно рассмотреть нахождение ее для какой-нибудь одной оси. Возьмем ось  $OX$ . Заменяем заданную поверхность  $S$  (черт. 2) двумя поверхностями: цилиндрической поверхностью с направляющей, взятой по контуру данной поверхности, с образующими, проведенными параллельно взятому направлению  $OX$  и плоскостью  $NN$ , перпендикулярной к данному направлению  $OX$ , которая будет пересекаться цилиндрической поверхностью, вырезающей на ней плоскую фигуру с площадью  $\omega_x$ .

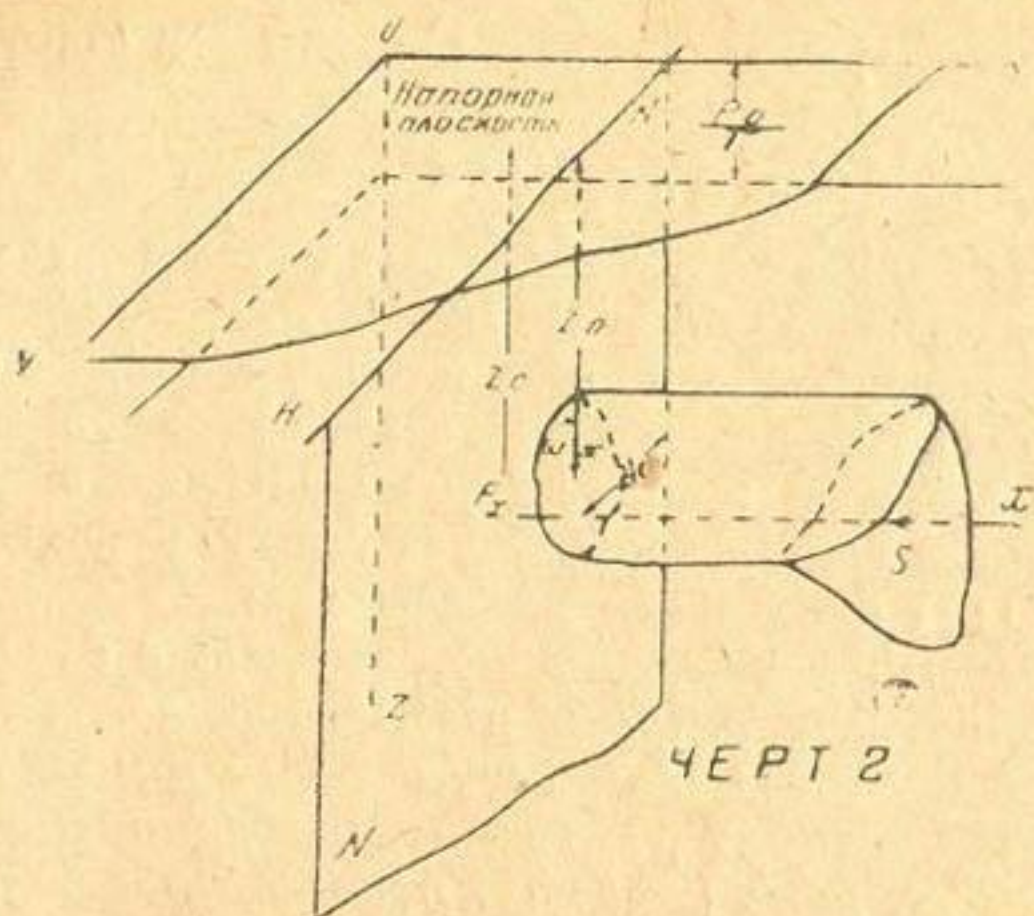
Проекция главного вектора и суммарного давления на ось  $OX$  на так замкнутую поверхность будет также равна нулю.

Все давление и его проекция на ось  $OX$  на полученную поверхность складывается из:

1) суммарного давления на заданную поверхность  $S$ , проекцию которого  $X$  на направлений оси  $OX$  мы ищем;



2) суммарного давления на цилиндрическую поверхность, проекция которого на ось  $OX$  будет равна 0, так как все элементарные давления, из которых оно состоит, перпендикулярны к оси  $OX$ ;



3) суммарного давления на плоскую фигуру с площадью  $\omega_x$ , являющуюся проекцией контура заданной поверхности на плоскость  $NN$ , перпендикулярную к оси  $OX$ . Это суммарное давление будет проектироваться на ось  $OX$  без искажения и величина его будет равна:

$$F_x = \gamma \omega_x z_0 = \gamma S_N^x,$$

где  $z_0$  — глубина погружения центра тяжести площади  $\omega_x$ , а  $S_N^x$  — статический момент площади  $\omega_x$  относительно оси  $H-H$ , являющейся линией пересечения плоскости  $NN$  фигуры  $\omega_x$  с напорной плоскостью.

Сложив эти три проекции частных давлений, составляющих полное давление на замкнутую фигуру, получаем:

$$X_0 = F_x - X = \gamma S_N^x - X = 0,$$

откуда

$$X = \gamma S_N^x \dots \dots \dots (18)$$

Совершенно аналогично:

$$Y = \gamma S_N^y \dots \dots \dots (19)$$

Таким образом нахождение проекции главного вектора на горизонтальную ось сводится к определению величины статического момента проекции контура данной поверхности на плоскость, перпендикулярную к данной горизонтальной оси.

Статический момент берется относительно оси, являющейся линией пересечения плоскости, на которую проектируется данная поверхность, и свободной поверхности.



Так как горизонтальная проекция главного вектора на ось  $OX$  проходит через центр давления для площади  $\omega_x$ , то тем самым определяются и координаты  $z_c$  и  $y_c$  линии действия горизонтальной проекции на ось  $OX$ .

Глубина погружения  $z_c$  центра давления под напорной плоскостью для любой плоской фигуры с площадью  $\omega$ , как известно, будет:

$$z_c = \frac{J_H}{S_H} = z_o + \frac{J^o}{J_H}, \dots \dots \dots (19)$$

где  $J_H$  и  $S_H$  — момент инерции и статический момент площади  $\omega$  относительно оси, являющейся линией пересечения плоскости фигуры с напорной плоскостью,  $z_o$  — глубина погружения центра тяжести площади  $\omega$  под напорной плоскостью,  $J^o$  — момент инерции той же площади относительно центральной оси, параллельной напорной плоскости.

Расстояние  $y_c$  центра давления от плоскости  $OZX$  для фигуры, лежащей в плоскости  $NN$ , определяется так:

Пусть дана плоская фигура  $abcd$  (черт. 3), лежащая в плоскости  $OZR$  с площадью  $\omega$  и координатами центра тяжести этой площади относительно заданных осей  $z_o$ ,  $r_o$ , определим координату  $r_c$  центра давления для данной фигуры.

Выделяем элементарную площадку  $d\omega$  с координатами  $z$  и  $r$ , момент относительно оси  $OZ$  элементарного давления, действующего на эту площадку будет:

$dM_z = \gamma z r d\omega$ , а суммарный момент для всей площади

$$M_z = \int_{\omega} dM_z = \int_{\omega} \gamma z r d\omega = \gamma J_{Rz}$$

где  $J_{Rz}$  — центробежный момент инерции относительно осей  $OZ$  и  $OR$  для площади  $\omega$ .

С другой стороны, момент суммарного давления относительно оси  $OZ$  может быть написан так:

$M_z = P r_c$ , где  $P$  — суммарное давление на площадь  $\omega$  и  $r_c$  — координата центра давления или

$$M_z = P r_c = z_o \gamma \omega r_c = \gamma S_R r_c,$$

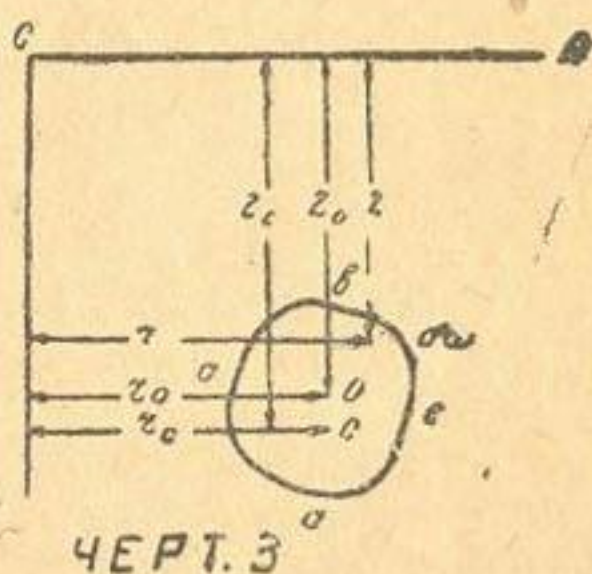
где  $S_R$  — статический момент площади фигуры относительно оси  $OR$ , а потому

$$\gamma J_{Rz} = \gamma S_R r_c,$$

откуда:

$$r_c = \frac{J_{Rz}}{S_R}, \dots \dots \dots (20)$$

т. е. расстояние центра давления от вертикальной оси для плоской погруженной фигуры равно центробежному моменту инерции относительно данной вертикальной оси и горизонталь-





ной оси, лежащей в плоскости фигуры на напорной плоскости, деленному на статический момент площади фигуры относительно указанной горизонтальной оси.

Так как  $J_{Rz} = z_o r_o \omega + J^0_{Rz}$ , где  $J^0_{Rz}$  — центробежный момент относительно центральных осей, горизонтальной и вертикальной, то выражению (20) можно придать вид, аналогичный с (19), а именно:

$$r_c = \frac{J_{Rz}}{S_R} = \frac{r_o z_o \omega + J^0_{Rz}}{\omega z_o} = r_o + \frac{J^0_{Rz}}{\omega z_o} = r_o + \frac{J^0_{Rz}}{S_R}$$

$$r_c = r_o + \frac{J^0_{Rz}}{S_R} \dots \dots \dots (21)$$

Величина центробежного момента инерции относительно любых наклонных под углом  $\alpha$  к главным осям инерции осей может быть выражена через главные моменты инерции  $J^0_x$  и  $J^0_y$  так:

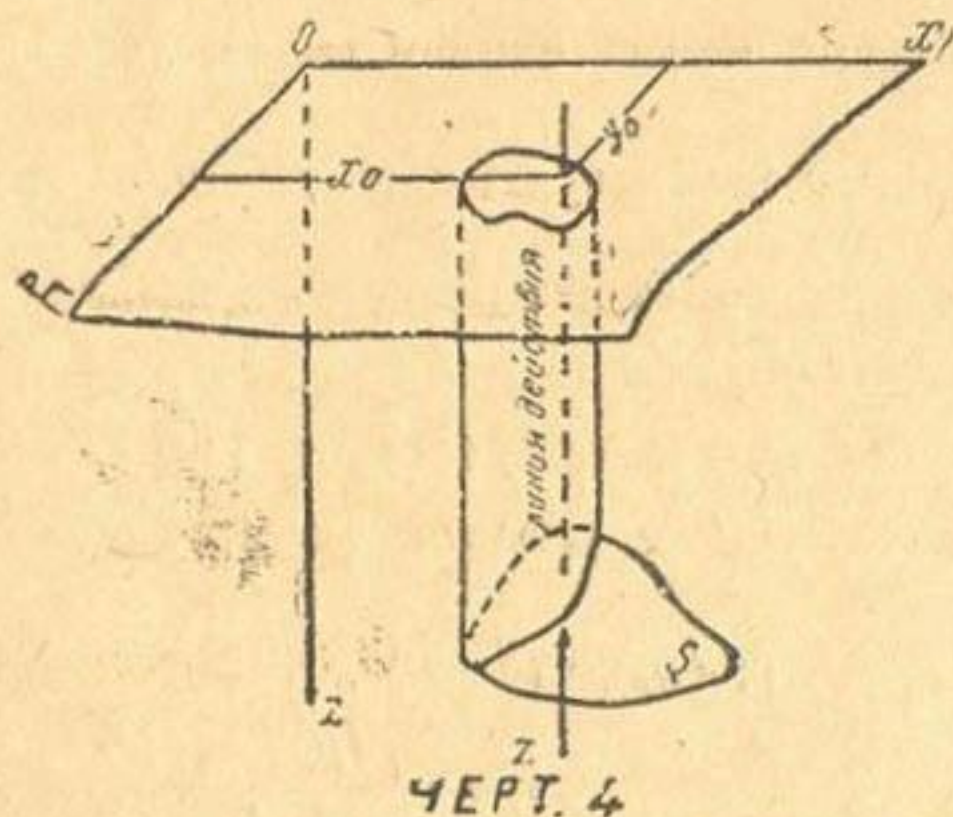
$$J^0_{Rz} = \frac{1}{2} (J^0_x - J^0_y) \sin 2\alpha^1) \dots \dots \dots (22)$$

Таким образом координаты линии действия проекции главного вектора на горизонтальные направления могут быть выражены через моменты инерции и статический момент площади проекции контура данной поверхности на плоскость, перпендикулярную к данному направлению.

Для любой замкнутой поверхности проекция главного вектора на вертикальную ось  $OZ$  будет:

Проекция главного вектора на вертикальную ось.  $Z_o = -\gamma V_o.$

Для нахождения проекции главного вектора на ось  $OZ$  для незамкнутой поверхности заданную незамкнутую поверхность замкнем такой, давление на которую определить не представляет затруднений.



Такой поверхностью (черт. 4) будет цилиндрическая поверхность, проведенная через ограничивающий контур данной поверхности, приняв его за

<sup>1)</sup> Ферстер. „Справочная книга для инженеров строителей“, 1931 г., стр. 156.



направляющую, с образующими параллельными оси  $OZ$ , замкнутая любой горизонтальной плоскостью. Удобнее всего выбрать за замыкающую горизонтальную плоскость — плоскость напорную, на которой давление равно 0.

Тогда проекция на вертикальное направление суммарного давления для так замкнутой поверхности будет равна:

$$Z_0 = -\gamma V_0, \dots \dots \dots (23)$$

где  $V_0$  — объем, ограниченный вновь полученной поверхностью.

Все давление и его проекция по вертикальному направлению на эту замкнутую поверхность складывается:

1) из суммарного давления на заданную поверхность  $S$ , проекцию которого  $Z$  на направление вертикальной оси мы ищем;

2) суммарного давления на цилиндрическую поверхность, проекция которого на ось  $OZ$  будет равна 0, так как все элементарные давления, из которых оно состоит, перпендикулярны к оси  $OZ$ ;

3) суммарного давления на замыкающей горизонтальной плоскости, равного 0, так как давление на напорной плоскости равно 0.

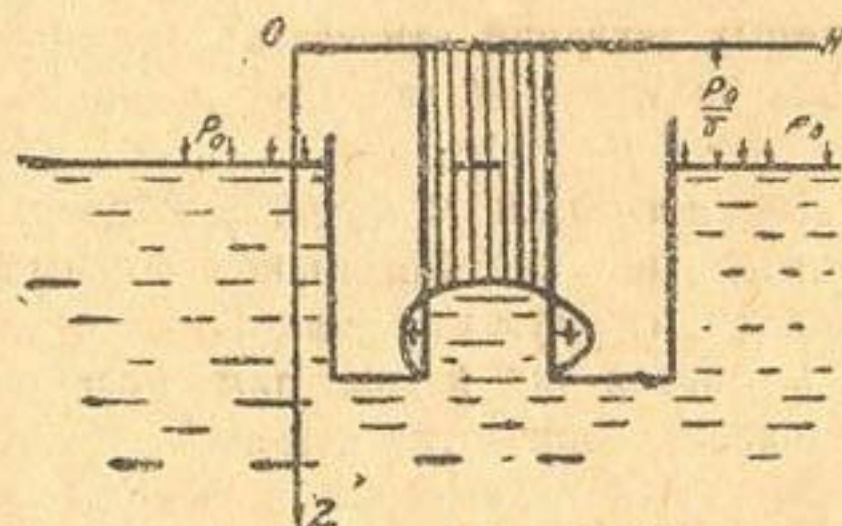
Складывая эти три проекции частных давлений, составляющих полное давление, получаем:

$$Z = Z_0 = -\gamma V_0,$$

или:

$$Z = -\gamma V_0 \dots \dots \dots (24)$$

Знак при  $\gamma V_0$  может быть различен. Для выбора его можно указать следующее правило: для той части объема, ограниченного вновь образованной замкнутой поверхностью, которая заполнена жидкостью, знак при  $\gamma V$  будет положителен, а для части незаполненной жидкостью — отрицателен (черт. 5).



ЧЕРТ. 5

Линия действия проекции главного вектора давления на ось  $OZ$  будет проходить через центр тяжести объема  $V_0$ , ограниченного построенной вышеуказанным образом поверхностью, а потому координаты  $x_0$  и  $y_0$  центра тяжести данного объема будут координатами линии действия вертикальной проекции суммарного давления на незамкнутую поверхность.

Таким образом нахождение вертикальной проекции суммарного давления на незамкнутую поверхность сводится к вычислению объема и центра тяжести его, что всегда может быть произведено по общеупотребительным формулам:



Главный вектор давления для незамкнутой поверхности.

По формулам (5) и (6) может быть определен и главный вектор давления как по величине, так и по направлению. В общем случае проекции главного вектора не пересекаются между собой, проходя в раз-

ных плоскостях, что и свидетельствует о наличии суммарного момента давления.

Величина главного вектора согласно формулы (5) будет:

$$P = \gamma \sqrt{V_o^2 + S_n^x + S_n^y}$$

Направление его определяется:

$$\cos (PX) = \frac{\gamma S_n^x}{P}; \quad \cos (PY) = \frac{\gamma S_n^y}{P}; \quad \cos (PZ) = -\frac{\gamma V_o}{P} \quad . . . (25)$$

Проекция главного момента суммарного давления для незамкнутой поверхности.

Проекция главного момента на координатные оси выражались для замкнутой поверхности формулами:

$$M_x^o = -\gamma V_o y_o \quad . . (14) \quad \text{и} \quad M_y^o = \gamma V_o x_o \quad . (15)$$

$$M_z^o = 0 \quad . . . (16), \quad \text{где } V_o \text{ — об'ем, ограниченный}$$

замкнутой поверхностью, а  $x_o$  и  $y_o$  — координаты его центра тяжести.

Для того, чтобы найти проекции момента давления относительно координатных осей для незамкнутой поверхности, мы воспользуемся уравнениями (14), (15), (16) и будем превращать нашу незамкнутую поверхность в замкнутую, замыкая ее такой поверхностью, момент давления на которую относительно данной оси мы можем легко определить. И тогда, так как, согласно уже ранее доказанного, давление на замкнутую поверхность приводится в одной равнодействующей, то здесь приложима теорема, что момент равнодействующей относительно какой угодно оси равен алгебраической сумме моментов составляющих относительно той же оси, а потому мы можем написать, что сумма моментов частичных давлений относительно любой оси для замкнутой поверхности равна моменту давления для всей поверхности относительно той же оси.

Решение вопроса сводится к целесообразному выбору замыкающей поверхности. Так как для горизонтальных осей проекции момента на них выражаются формулами, имеющими одинаковое строение, то достаточно рассмотреть вопрос для нахождения проекций главного момента относительно вертикальной и горизонтальной осей.

Проекция главного момента для незамкнутой поверхности на горизонтальную ось.

Для нахождения проекции главного момента на ось  $OY$  для незамкнутой поверхности (черт. 2), замкнем заданную поверхность  $S$ , так же как замыкали ее при нахождении проекции главного вектора на ось  $OX$ .

Согласно вышесказанного, момент суммарного давления относительно  $OY$  на так замкнутую поверхность будет равен:

$$M_y^o = \gamma V_o^1 x_o^1,$$

где  $V_o^1$  — об'ем, ограниченный полученной замкнутой поверхностью.

Все давление и его момент относительно оси  $OY$  на полученную поверхность складывается:



1) из суммарного давления на заданную незамкнутую поверхность  $S$ , момент которого  $M_y^s$  относительно оси  $OY$  мы ищем;

2) суммарного давления на цилиндрическую поверхность, момент которого относительно оси  $OY$  обозначаем  $M_y^c$ ;

3) суммарного давления на плоскую фигуру с площадью  $\omega_x$ , являющуюся проекцией контура заданной поверхности на плоскость, перпендикулярную к оси  $OX$ . Этот момент обозначим через  $M_y^x$ .

Таким образом момент давления относительно оси  $OY$  для замкнутой поверхности будет:

$$M_y^o = M_y^s + M_y^c + M_y^x = \gamma V_o^1 x_o^1,$$

откуда искомый момент для незамкнутой поверхности

$$M_y^s = \gamma V_o^1 x_o^1 - M_y^c - M_y^x \quad \dots \dots \dots (26)$$

и для вычисления его необходимо знать  $M_y^c$  и  $M_y^x$ .

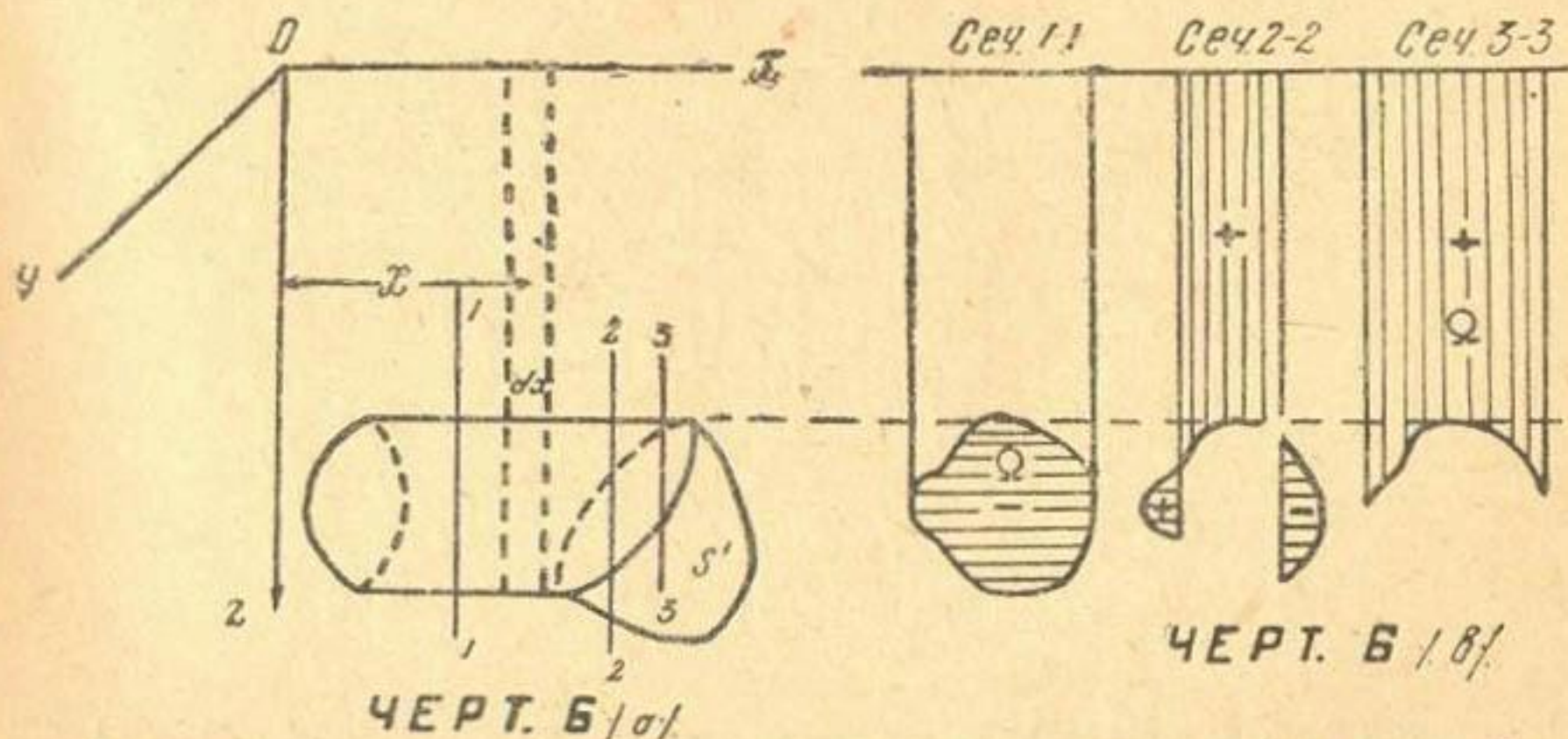
Момент  $M_y^x$  будет равен:

$M_y^x = F_x z_c = \omega_x \gamma z_o z_c = \gamma S_n^x z_o$  где обозначения приняты ранее указанные. Так как согласно (19)

$$z_c = \frac{J_n^x}{S_n^x}, \text{ то } M_y^x = \frac{\gamma S_n^x J_n^x}{S_n^x} = \gamma J_n^x, \quad \dots \dots \dots (27)$$

то  $M_y^c$  — момент давления на цилиндрическую поверхность произвольно задаваемой длины найдется таким образом:

Образующие цилиндрической поверхности параллельны оси  $OX$  и поэтому все горизонтальные составляющие элементарных давлений для данной цилиндрической поверхности дадут моменты относительно оси  $OY$ , равные 0 и момент  $M_y^c$  будет состоять только из вертикальных составляющих. Зная вертикальные составляющие, можем подсчитать и момент.



На (черт. 6-б) даны эпюры вертикальных составляющих давлений для различных сечений цилиндрической поверхности (черт. 6-а).



Переменную величину площади эюры давлений обозначим через  $\Omega$ , тогда элементарное давление на часть цилиндрической поверхности длиной  $dx$  будет  $dP = \gamma \Omega dx = \gamma dV$ , причем элементарное давление будет складываться из двух об'емов: положительного  $dV_1$  и отрицательного  $dV_2$  (черт. 6-в), соответственно положительной или отрицательной части эюры давления, а потому:

$$dP = \gamma dV_1 - \gamma dV_2.$$

Момент этого элементарного давления будет:

$$dM_y^c = -\gamma x dV_1 + \gamma x dV_2.$$

А момент относительно оси  $OY$  давления на всю цилиндрическую поверхность будет:

$$M_y^c = \int dM_y^c = - \int_{V_1} \gamma x dV_1 + \int_{V_2} \gamma x dV_2 = -\gamma x_1^0 V_1 + \gamma x_2^0 V_2,$$

где  $V_1$  и  $V_2$  и  $x_1^0$  и  $x_2^0$  будут об'емы и координаты центра тяжести положительного и отрицательного об'емов.

Подставляя полученные значения  $M_y^x$  и  $M_y^c$  в выражение (26), получаем:

$$M_y^s = \gamma V_0^1 x_0^1 - \gamma J_H^x + \gamma V_1 x_1^0 - \gamma V_2 x_2^0 \dots (28)$$

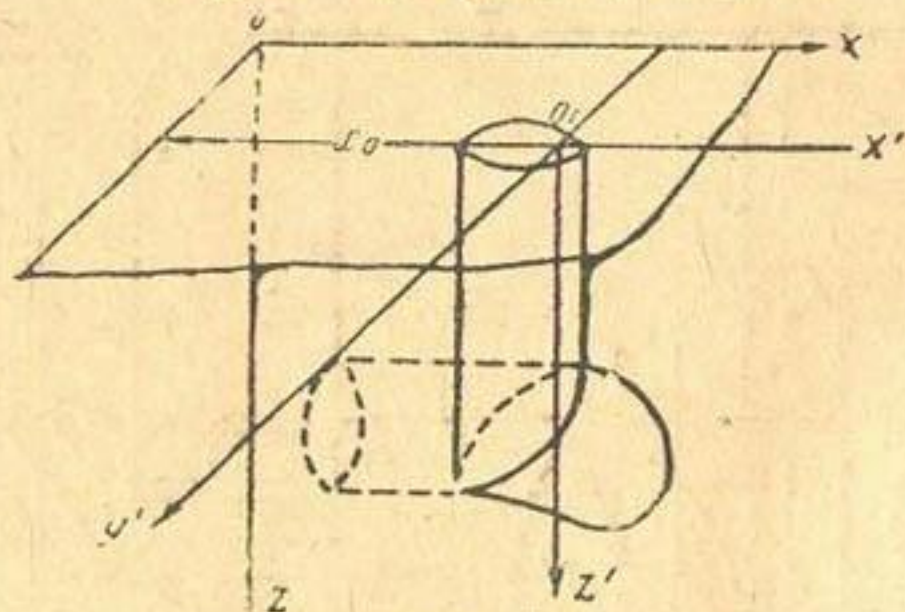
Рассматривая в этом выражении алгебраическую сумму моментов об'емов  $V_0^1 x_0^1$ ,  $V_2 x_2^0$ , мы увидим, что они дают в сумме совместно с  $V_1 x_1^0$  момент об'ема, ограничиваемого заданной незамкнутой поверхностью, вертикальной цилиндрической поверхностью, построенной на контуре, ограничивающем данную незамкнутую поверхность, и напорной плоскостью (черт. 9).

Так как этот об'ем в формуле (24) мы обозначили через  $V_0$ , координаты центра тяжести его через  $x_0$  и  $y_0$ , то (28) перепишется:

$$M_y^s = \gamma V_0 x_0 - \gamma J_H^x \dots (29)$$

Аналогично для проекции на ось  $OX$  главного момента давления на незамкнутую поверхность:

$$M_x^s = -\gamma V_0 y_0 + \gamma J_H^y \dots (30)$$



ЧЕРТ. 9

Так как оси, относительно которых находились проекции главного момента, были взяты произвольно, то выбрав оси  $O^1 X^1 Y^1 Z^1$  (черт. 7) с на-



чалом координат на свободной поверхности и вертикальной осью  $OZ^1$ , проходящей через центр тяжести объема  $V^0$ , получим, что для этих осей:

$$M_{y^1}^S = -\gamma J_N^x \dots \dots \dots (29')$$

$$M_{x^1}^S = \gamma J_N^y \dots \dots \dots (30')$$

Таким образом определение проекции на любую горизонтальную ось главного момента давления на незамкнутую поверхность сводится, при надлежащем выборе осей координат, к вычислению момента инерции площади проекции контура данной поверхности на вертикальную плоскость, параллельную данной оси, относительно оси, полученной при пересечении указанной плоскости с напорной плоскостью.

В том случае, если вертикальная ось не проходит через центр тяжести указанного объема, т.е. при определении горизонтальной проекции главного момента давления на незамкнутую поверхность, необходимо определять величину этого объема и горизонтальные координаты центра тяжести его относительно заданных осей.

Проекция на вертикальную ось главного момента давления на незамкнутую поверхность.

Момент относительно вертикальной оси  $OZ$  давления на всякую замкнутую поверхность согласно (16) равен.

$$M_z^O = 0 \dots \dots \dots (16)$$

Заданную незамкнутую поверхность  $S$  замкнем следующим образом: через контур, ограничивающий поверхность  $S$ , приняв его за направляющую, проведем кривые образующие радиуса  $r$ , где  $r$  — расстояние любой точки, ограничивающего поверхность контура от оси  $OZ$ . В результате получим поверхность изогнутого по кругу цилиндра (тора) (черт. 8).

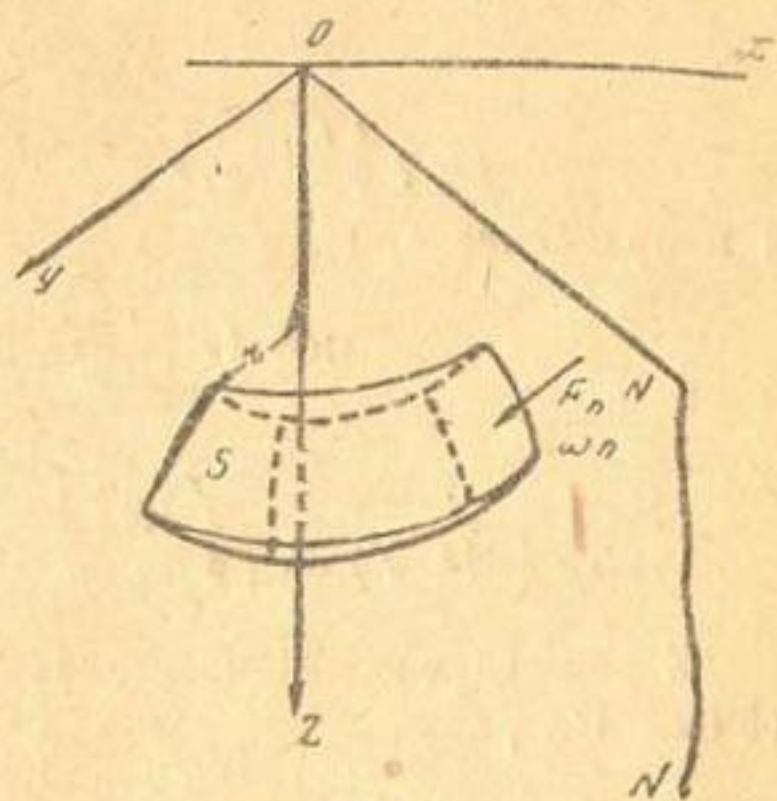
Замкнем эту поверхность вертикальной плоскостью  $NN$ , проходящей через ось  $OZ$ , на которой цилиндрическая поверхность вырежет какую-то плоскую фигуру с площадью  $\omega_n$ .

Для так замкнутой поверхности момент относительно оси  $OZ$  давления, согласно (16), равен нулю.

Все давление и его момент относительно оси на полученную поверхность, складываются:

1) из суммарного давления на заданную незамкнутую поверхность  $S$ , момент которого  $M_z^S$  относительно оси  $OZ$  мы ищем;

2) суммарного давления на боковую поверхность тора, момент которого относительно оси  $OZ$  равен нулю, так как каждое давление на элементарную площадку поверхности тора проходит через ось;



ЧЕРТ. 8



3) суммарного давления  $F_n$  на плоскую фигуру с площадью  $\omega_n$ , являющуюся проекцией контура заданной поверхности на плоскость  $NN$ , проходящую через ось  $OZ$  при круговом проектировании. Момент этого давления  $M_z^n$  равен:

$$M_z^n = -F_n r_c = -p_c \omega_n r_c = -\gamma z_o \omega_n r_c = -\gamma S_n^x r_c$$

где  $r_c$  — расстояние центра давления данной площадки от вертикальной оси, равное согласно (20)<sup>1)</sup>

$$r_c = \frac{J_{nz}}{S_n}$$

$M_z^n = -\gamma S_n r_c = -\frac{\gamma S_n J_{nz}}{S_n} = -\gamma J_{nz}$ , а потому (16) переписывается так:

$$M_z = M_z^s + M_z^n = M_z^s - \gamma J_{nz} = 0,$$

откуда

$$M_z^s = \gamma J_{nz} \dots \dots \dots (31)$$

Таким образом определение проекции на вертикальную ось главного момента давления на незамкнутую поверхность сводится к нахождению центробежного момента инерции площади проекции контура данной поверхности на вертикальную плоскость, проходящую через заданную вертикальную ось при круговом проектировании контура поверхности.

Главный момент  
давления для  
незамкнутой  
поверхности.

Через полученные проекции главного момента величина его определяется так.

Для любых осей:

$$M^{s'} = \sqrt{M_x^{s^2} + M_y^{s^2} + M_z^{s^2}} = \gamma \sqrt{(y_o V_o - J_n^y)^2 + (x_o V_o - J_n^x)^2 + J_{nz}^2} \dots \dots (32)$$

и направление его:

$$\cos (M^{s'} X) = -\gamma \left( \frac{y_o V_o - J_n^y}{M^s} \right);$$

$$\cos (M^s Y) = \gamma \left( \frac{x_o V_o - J_n^x}{M^{s'}} \right); \cos (M^{s'} Z) = \gamma \frac{J_{nz}}{M} \dots (33)$$

В том случае, если вертикальная ось проходит через центр тяжести объема  $V_o$ ,

$$M_o^s = \gamma \sqrt{J_n^{y^2} + J_n^{x^2} + J_{nz}^2} \dots \dots \dots (34)$$

$$\cos (M_o^s X) = \frac{\gamma J_n^y}{M_o^s};$$

$$\cos (M_o^s Y) = -\frac{\gamma J_n^x}{M_o^s}$$

<sup>1)</sup> Здесь вместо принятых обозначений в формуле 20-й  $J_{Rz}$  и  $S_R$  взяты  $J_{nz}$  и  $S_n$ .



$$\cos (M_o^s Z) = \frac{\gamma J_{nz}}{M_o^s} \dots \dots \dots (35)$$

Выводы.

Согласно изложенного, *определение давления на незамкнутую поверхность любой формы сводится к вычислению или объемов тел или моментов плоских фигур, являющихся проекциями контура, ограничивающего заданную незамкнутую поверхность, на вертикальную плоскость, при этом в общем случае требуется определение статических моментов, моментов инерции: экваториальных и центробежных.*

Эти моменты могут быть найдены в соответствующих справочниках.

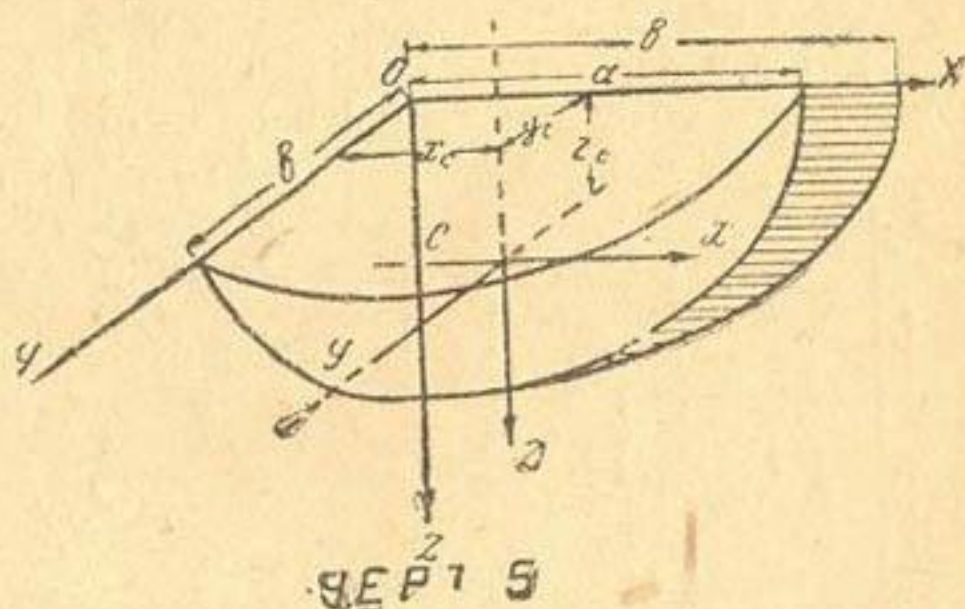
В тех случаях, когда незамкнутая поверхность, на которую производится определенное давление, является поверхностью сложной и проекции на вертикальную плоскость ограничивающего ее контура представляют фигуры, для которых в справочниках нельзя найти выражение для статических моментов и моментов инерции, а самое нахождение их путем интегрирования представляет значительные математические трудности, то *моменты могут быть определены графическими способами (Кульмана, Мора) или механическими, с помощью интеграторов (напр Амслер-Лаффона).*

Определение полного давления и его момента по составляющим, давая наглядную картину действующего давления, позволяет прибегнуть и к более *приближенным* решениям вопроса путем замены сложных фигур проекции данной поверхности на вертикальные плоскости более простыми, моменты для которых имеются в справочниках или легко определяются. Точно так же может быть поступлено и при определении объемов. Точность получающегося при этом результата в большинстве практических случаев будет достаточна и о ней можно судить, решая задачу в пределах и путем интерполирования, определяя средний результат. При этом, определяя каждую составляющую полного давления и его момента, до нахождения окончательного результата, можно по точности, с какой определяется каждая составляющая, судить о точности результата.

Примеры.

Для пояснения приложения полученных выводов приведем некоторые примеры:

Пример 1. Сосуд, представляющий собой трехосный полуэллипсоид с полуосями,  $a, b, c$ , одна из которых вертикальна, наполнен до краев водой. Определить давление на октант эллипсоида (черт. 9).



Отнеся полуэллипсоид к координатным осям, совпадающим с осями эллипсоида, согласно (18), (19) и (23) имеем для проекции главного вектора выражения:

$$X = \gamma S_{oy}^x, Y = \gamma S_{ox}^y, Z = \gamma V_o.$$



Статический момент  $S$  площади квадранта эллипса относительно осей эллипса равен  $S = \omega \zeta_\varepsilon$ , где  $\omega$  — площадь и  $\zeta_\varepsilon$  — координата центра тяжести данной площади относительно осей и потому

$$X = \gamma S_{oy}^x = \gamma \omega_x \zeta_\varepsilon = \frac{\gamma \pi b c}{4} \times \frac{4c}{3\pi} = \frac{1}{3} \gamma b c^2, \text{ аналогично } Y = \frac{1}{3} \gamma a c^2.$$

При объеме октанта эллипсоида  $V = \frac{1}{6} \pi a b c$ :

$$Z = \frac{1}{6} \gamma \pi a b c.$$

Координаты линий действия горизонтальных проекций главного вектора согласно (19) и (20) будут:

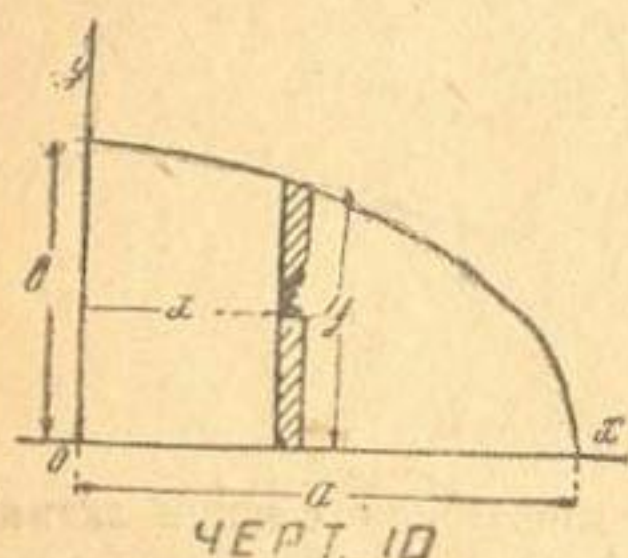
$$z_c = \frac{J_H}{S_H} = \frac{J_{oy}^x}{S_{oy}^x} \text{ и } r_c = \frac{J_{Hz}}{S_H}.$$

Так как экваториальный момент инерции для квадранта эллипса  $J_a = \frac{\pi a b^3}{16}$ , то имеем:

$$z_c^x = \frac{J_{oy}^x}{S_{oy}^x} = \frac{3 \gamma \pi b c^3}{16 \times \gamma b c^2} = \frac{3 \pi c}{16} \text{ и } z_c^y = \frac{3 \pi c}{16}.$$

Так как центробежный момент инерции <sup>1)</sup> относительно осей эллипса для квадранта его равен  $J_{xy} = \frac{a^2 b^2}{8}$ , то координаты линий действия горизонтальных проекций будут:

<sup>1)</sup> В том случае, если в справочниках нельзя найти величины центробежного момента, то он может быть определен, например, так (черт. 10).



Центробежный момент инерции квадранта эллипса относительно осей, совпадающих с осями эллипса:

$$J_{xy} = \int_0^a x \frac{y y dx}{2} = \int_0^a y^2 \frac{x dx}{2}.$$

Выражая  $y^2$  из уравнения эллипса, получим

$$J_{xy} = \int_0^a \frac{b^2}{2a^2} (a^2 - x^2) x dx = \frac{b^2}{2a^2} \left( \frac{a^3 x^2}{2} - \frac{x^4}{4} \right)_0^a = \frac{b^2}{2a^2} \left( \frac{a^4}{2} - \frac{a^4}{4} \right) = \frac{b^2 a^2}{8}.$$



$$x_c = \frac{J_{zx}}{S_x} = \frac{a^2 c^2}{8} \frac{3}{ac^2} = \frac{3a}{8}, \text{ аналогично } y_c = \frac{3b}{8}.$$

Линия действия вертикальной составляющей давления проходит через центр тяжести объема  $V_o$  (октанта). Координаты центра тяжести октанта

$$x_c = \frac{3a}{8}, y_c = \frac{3b}{8}.$$

Рассматривая координаты линий действия, можно установить, что все три проекции суммарного давления проходят через точку с координатами  $\left(\frac{3a}{8}, \frac{3b}{8}, \frac{3\pi c}{16}\right)$ , т. е. полное давление на данную поверхность приводится к одной равнодействующей.

Величина ее:

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = \gamma \sqrt{\frac{b^2 c^4}{9} + \frac{a^2 c^4}{9} + \frac{\pi^2 a^2 b^2 c^2}{36}} = \\ = \frac{\gamma c}{3} \sqrt{c^2 (a^2 + b^2) + \frac{\pi a^2 b^2}{4}}.$$

В частности для октанта шара радиуса  $r$ :

$$P = \frac{\gamma r^3}{6} \sqrt{8 + \pi^2}.$$

Направление давления определится по формулам (25). Выведем для этого случая величины проекций главного момента.

Согласно (29), (30) и (31) имеем:

$$M_x = -\gamma V_o y_o + \gamma J_{Hx}^y = -\gamma V_o y_c + \gamma J_{ox}^y$$

$$M_y = \gamma V_o x_o - \gamma J_{Hx}^x = \gamma V_o x_c - \gamma J_{oy}^x$$

$$M_z = \gamma J_{Hz}.$$

Для определения горизонтальных проекций момента, все данные имеются, а потому:

$$M_x = -\gamma \frac{3b}{8} \times \frac{1}{6} \pi a b c + \gamma \frac{\pi a c^3}{16} = \gamma \frac{\pi a c}{16} (c^2 - b^2);$$

$$M_y = \gamma \frac{3a}{8} \times \frac{1}{6} \pi a b c - \gamma \frac{\pi b c^3}{16} = \gamma \frac{\pi b c}{16} (a^2 - c^2).$$

Для определения  $M_z$  необходимо определить центробежный момент инерции площади проекции контура данной поверхности на вертикальную плоскость, проходящую через ось  $OZ$  при круговом проектировании. На черт. 9



такое проектирование произведено. Получаем площадь проекции в виде серпа, как результат вычитания площадей двух квадрантов эллипса. Центробежный момент инерции этой площади равен разности центробежных моментов относительно тех же осей двух квадрантов эллипса, т. е.

$$J_{xz} = \frac{b^2 c^2}{8} - \frac{a^2 c^2}{8} = \frac{c^2 (b^2 - a^2)}{8}, \text{ причем } b > a, \text{ а потому}$$

$$M_z = \gamma \frac{c^2 (b^2 - a^2)}{8}.$$

Через полученные проекции величина главного момента будет:

$$\begin{aligned} M &= \gamma \sqrt{\frac{\pi^2 a^2 c^2}{16^2} (c^2 - b^2)^2 + \frac{\pi^2 b^2 c^2}{16^2} (a^2 - c^2)^2 + \frac{c^4 (b^2 - a^2)^2}{8^2}} = \\ &= \frac{\gamma c}{8} \sqrt{\frac{\pi^2 a^2}{4} (c^2 - b^2)^2 + \frac{\pi^2 b^2}{4} (a^2 - c^2)^2 + c^2 (b^2 - a^2)^2}. \end{aligned}$$

В виду того, что  $M \neq 0$ , равнодействующая не проходит через начало координат.

Для октанта шара при  $a = b = c = r$ ,  $M = 0$ , в этом случае равнодействующая должна проходить через центр шара — начало координат, так как все элементарные составляющие давления направлены к центру.

Проверим, будет ли удовлетворено в данном случае условие (9), которое должно быть выполнено, когда суммарное давление приводится к одной равнодействующей, как то было указано для данного случая. Имеем:

$$\begin{aligned} M_x X + M_y Y + M_z Z &= \frac{\gamma \pi a c (c^2 - b^2)}{16} \frac{1}{3} \gamma b c^2 + \\ &+ \frac{\gamma \pi b c}{16} (a^2 - c^2) \frac{1}{3} \gamma a c^2 - \frac{\gamma c^2 (b^2 - a^2)}{8} \frac{1}{6} \gamma \pi a b c = \\ &= \frac{1}{48} \gamma^2 \pi a b c^3 \times (c^2 - b^2 + a^2 - c^2 + b^2 - a^2) = \frac{1}{48} \gamma^2 \pi a b c^3 \times 0 = 0. \end{aligned}$$

Таким образом условие (9) удовлетворено. Следовательно, суммарное давление действительно приводится к одной равнодействующей.

Приведенный пример показывает, что даже в довольно сложных случаях разрешение задачи о нахождении давления на криволинейную поверхность может быть выполнено без непосредственного интегрирования, а используя данные о величине объемов, статических моментов, моментов инерции, приводимые в обычных справочниках.

Пример 2. <sup>1)</sup> Ворота судоходного шлюза на пороге des Moines у Кеокук'а на реке Миссисипи, изображенные схематически на черт. 11, двухстворчатого типа. Расстояние между вертикальными осями вращения по-

<sup>1)</sup> Пример № 2 и следующий взяты из курса гидравлики, читанного автором на ирригационном факультете Узбекского Государственного Хлопкового Института в 1933 году.



лотен  $B = 115'$  (35 м), центральный угол, образуемый полотнами ворот  $2\alpha = 120^\circ$ , высота ворот  $48'$  (14,63 м). Ворота имеют цилиндрическую обшивку. Глубина воды в нижнем бьефе  $h_2 = 7'$  (2,13 м). Пренебрегая весом ворот и трением, определить момент, необходимый для открытия одной створки ворот, если глубина воды в верхнем бьефе  $h_1 = 30'$  (9,14 м).

Рассматривая обшивку ворот, как незамкнутую поверхность, и принимая ось вращения ворот за ось  $OZ$ , найдем, что момент  $M$ , потребный для открытия ворот при заданных условиях, равен:

$$M = M'_z - M''_z,$$

где  $M'_z$  — момент давления воды на одно полотно ворот с верхнего бьефа,  $M''_z$  — тоже давления с нижнего бьефа.

Согласно (31)  $M_z = \gamma J_{nz}$ , где  $J_{nz}$  центробежный момент инерции проекции контура данной незамкнутой поверхности на вертикальную плоскость, проходящую через ось  $OZ$ , при круговом проектировании.

В данном случае проекция незамкнутой поверхности будет представлять прямоугольник с основанием, равным ширине  $b$  полотнища ворот и высотой, равной глубине воды  $h$  в соответствующем бьефе, а потому  $J_{nz} = \frac{h^2 b^2}{4}$

$$M = M'_z - M''_z = \frac{\gamma h_1^2 b^2}{4} - \frac{\gamma h_2^2 b^2}{4} = \frac{\gamma b^2}{4} (h_1^2 - h_2^2).$$

Так как  $b = \frac{B}{\sqrt{3}}$ , то  $M = \gamma \frac{B^2}{4 \times 3} (h_1^2 - h_2^2)$ ,

что при подстановке числовых данных дает:

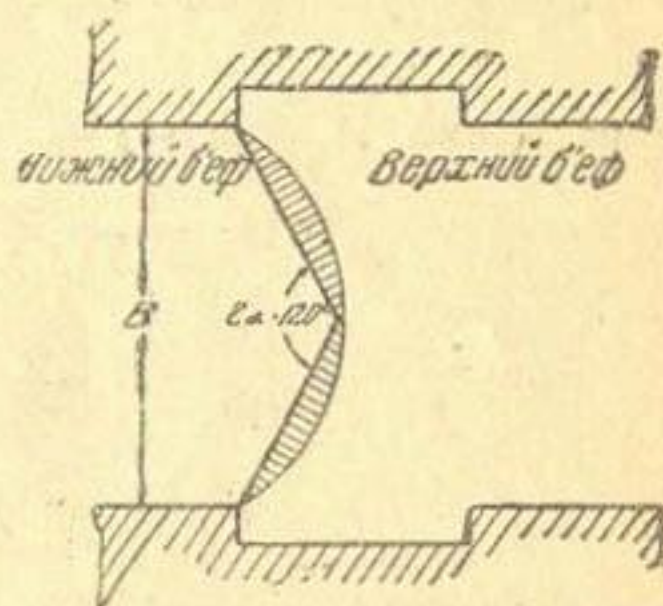
$$M = \frac{35^2}{12} (9,14^2 - 2,13^2) = 8,060 \text{ т. / м.}$$

Приведем еще один пример, в котором требуется выяснение направления вертикальной составляющей давления, т. е. знака при  $\gamma V_o$  в формуле (24).

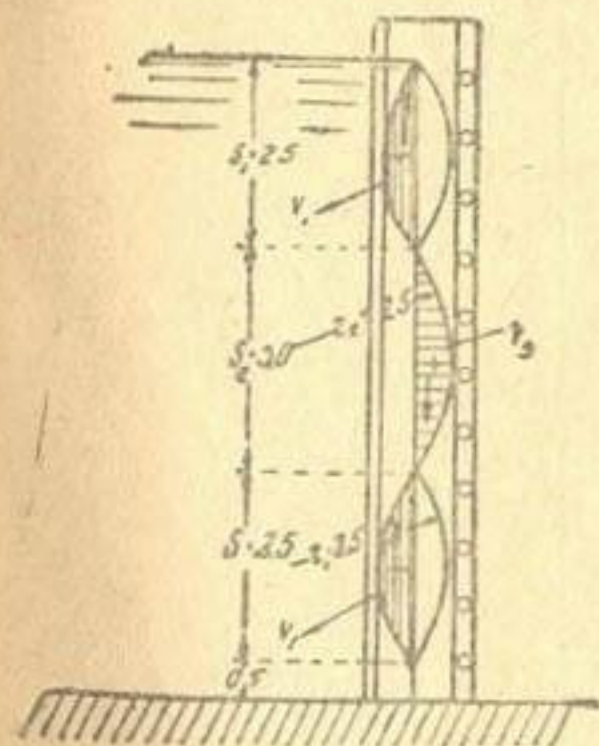
Пример 3. Затвор на тележках Стоinea состоит из двух трубообразных балок с дополнительным нижним щитком (затвор системы проф. Гебеля). Размеры указаны на черт. 12.

Требуется найти вертикальную составляющую давления на щит при ширине его  $b = 10,0$  м.

На черт 12 заштрихованы те объемы, которые входят в вычисление вертикальной составляющей, и полученные построением вертикальной цилиндрической поверхности (в данном случае плоскости) на контуре незамкнутой



ЧЕРТ. 11



ЧЕРТ. 12



поверхности (волнистая поверхность обшивки щита). Знаки, поставленные на чертеже, определены согласно правила на странице (25).

Производя вычисления, получаем: так как  $V_1 = V_2$ ,  $Z = -2\gamma V_1 + \gamma V_2$ .

Имеем при отношении  $\frac{s_1}{r_1} = \frac{2,5}{2,0} = 1,25$ , площадь заштрихованного сек-

тора объема  $V_1$  будет <sup>1)</sup>  $\omega_1 = 0,188 r_1^2 = 0,188 \times 2,0^2 = 0,752 \text{ м}^2$ ;

$$V_1 = \omega_1 \times e = 0,752 \times 10,0 = 7,52 \text{ м}^3.$$

При  $\frac{s_2}{r_2} = \frac{3,0}{2,5} = 1,2$ ,  $\omega_2 = 0,165 \times r_2^2 = 0,165 \times 2,5^2 = 1,031 \text{ м}^2$

$$V_2 = \omega_2 \times e = 1,031 \times 10,0 = 10,31 \text{ м}^3.$$

А потому:

$$Z = -2\gamma V_1 + \gamma V_2 = -2 \times 7,52 + 10,31 = -4,73 \text{ т.}$$

Таким образом вертикальная составляющая облегчает вес щита на 4,73 тонны.

---

<sup>1)</sup> Хютте том 1-й.



## К вопросу о нахождении критической глубины в русле любой формы

### § 1. Общие зависимости.

Для русла любой формы гидромеханические элементы сечения, соответствующие критическому состоянию потока, при котором данный расход протекает в русле при минимуме удельной энергии сечения, могут быть определены в зависимости от расхода  $Q$  из условия:

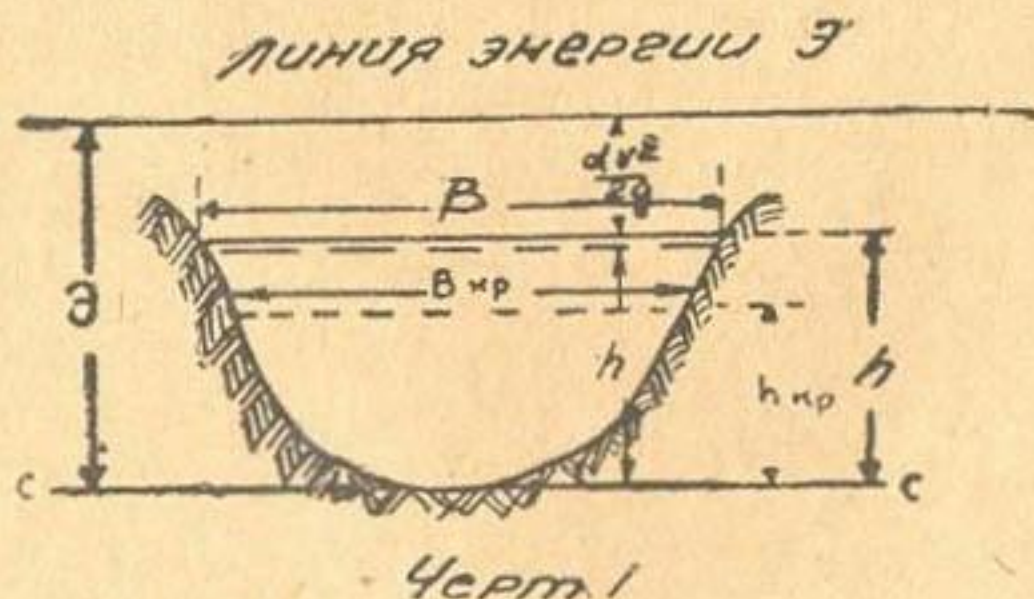
$$\frac{\omega_{кр}^3}{B_{кр}} = \frac{\alpha Q^2}{g} \dots \dots \dots (1)^1$$

где  $\omega_{кр}$  и  $B_{кр}$  площадь и ширина по верху живого сечения при данном расходе при критическом состоянии потока (черт. 1),  $\alpha$  — корректив на неравномерность распределения скоростей по сечению.

В зависимости же от удельной энергии сечения  $\mathcal{E}$  гидромеханические элементы сечения, соответствующие критическому состоянию потока, могут быть найдены из условия <sup>2)</sup>:

$$\frac{\omega_{кр}^3}{B_{кр}} = 2 \omega^2 (\mathcal{E} - h) \dots \dots \dots (2),$$

где  $h$  наполнение канала и  $\omega$  соответствующая ему площадь (черт. 1).



<sup>1)</sup> Бахметев — о неравномерном движении жидкости в открытом русле СПб 1912 стр. 29.

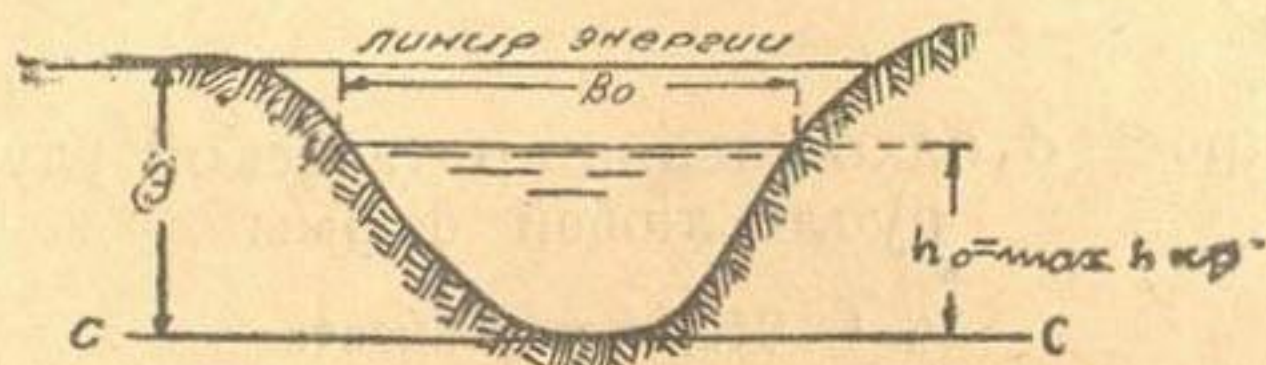
<sup>2)</sup> См. нашу работу „Зависимость между гидромеханическими элементами потока при преобразовании энергии в открытом русле“.



Наибольшее значение критической глубины будет при наибольшем расходе в русле, возможном при данной удельной энергии сечения и проходящем при глубине  $h_0 = \max h_{кр}$ , определяемой из условия:

$$h_0 + \frac{\omega_0}{2 \varepsilon_0} = \mathcal{E} \quad (3)$$

где  $B_0$  ширина по верху, а  $\omega_0$  площадь живого сечения потока, соответствующие максимальному расходу, проходящему при глубине  $h_0$  (черт. 2).



Черт. 2

Нахождение по этим формулам критической глубины для простейших типов русел (прямоугольное, треугольное, параболическое) не представляет затруднений. Для трапециoidalного русла нахождение критических глубин может быть выполнено или подбором или по графикам<sup>1)</sup>; для русел же других форм решение может быть найдено только подбором соответствующей глубины, что требует нескольких проб или построения кривой  $\frac{\omega^3}{B} = f(h)$ , по

которой при значении  $\frac{\omega^3}{B} = \frac{\alpha Q^2}{g}$  или  $\frac{\omega^3}{B} = 2 \omega^2 (\mathcal{E} - h)$  будем иметь:  $h = h_{кр}$ .

Эти способы сложны и выражения (1 и 2) не дают явной зависимости критической глубины от расхода или удельной энергии сечения, что не позволяет судить о их влиянии на критическую глубину.

Поэтому, учитывая широкое применение при гидравлических расчетах в открытых руслах критической глубины, желательно для нее иметь для различных типов русел явную зависимость от расхода, позволяющую не сложным путем находить критическую глубину.

Для этого используем предложенную Инж. Р. Р. Чугаевым в статье „Некоторые вопросы неравномерного движения в открытых призматических руслах“<sup>2)</sup> показательную зависимость:

$$\frac{\left(\frac{\omega^3}{B}\right)'}{\left(\frac{\omega^3}{B}\right)''} = \left(\frac{h'}{h''}\right)^x \quad (4),$$

<sup>1)</sup> Инж. Рахмизов. Графики критических и в аимных глубин Изв. Научно-Мелиорат. Инст. Выпуск XVIII

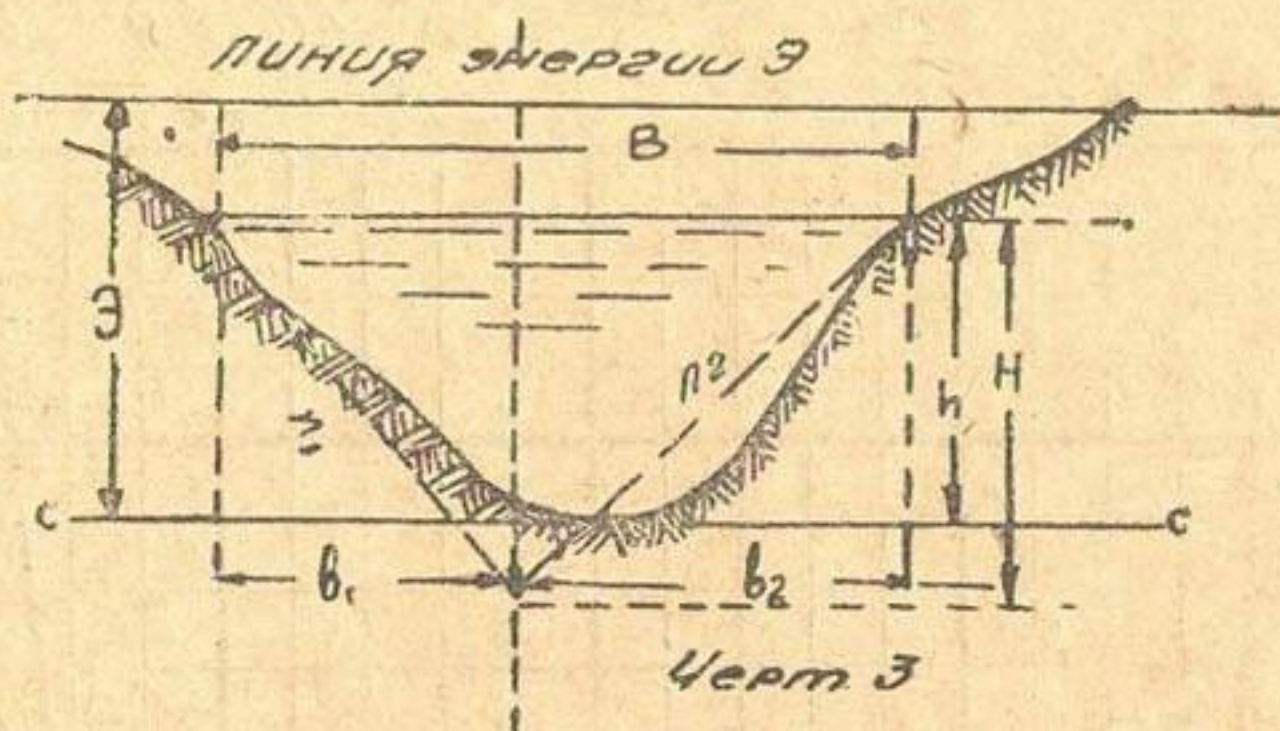
<sup>2)</sup> Известия НИИГ № 1 стр. 221 и далее



где  $x$  гидравлический показатель русла, выражаемый для русел любой формы, зависимостью (5):

$$x = 3 \frac{h B}{\omega} - (n_1 + n_2) \frac{h}{B} \quad (5),$$

$n_1$  и  $n_2$  коэффициенты откосов касательных к контуру русла в точках уреза воды (черт. 3)



$$n_1 = \frac{b_1}{H}; n_2 = \frac{b_2}{H}.$$

Для русел трапециoidalных с шириною по дну  $b$  и откосами  $n$  для зависимости (5) может быть построен график, (черт. 4) для различных значений  $\delta = \frac{b}{nh}$  или  $\frac{1}{\delta} = \frac{nh}{b}$  ( $\delta$  — коэффициент трапеции) с целью определения по нему гидравлического показателя русла.

Зависимость (4) выполняется для большинства практических профилей. Написав ее для критической глубины  $h_{кр}$  и для любой другой глубины  $h$ ,

получим:  $\frac{\frac{\omega_{кр}^3}{B_{кр}}}{\frac{\omega^3}{B}} = \frac{h_{кр}^x}{h^x}$ , откуда  $\frac{\omega_{кр}^3}{B_{кр}} = \frac{\omega^3}{B} \left( \frac{h_{кр}}{h} \right)^x \quad (6)$

или  $\frac{\omega_{кр}^3}{B_{кр}} = K^2 \left( \frac{h_{кр}}{h} \right)^x \quad (6 \text{ в } \text{ис}),$

где  $K^2 = \frac{\omega^3}{B}$  определяется для данного русла при наполнении  $h$ .

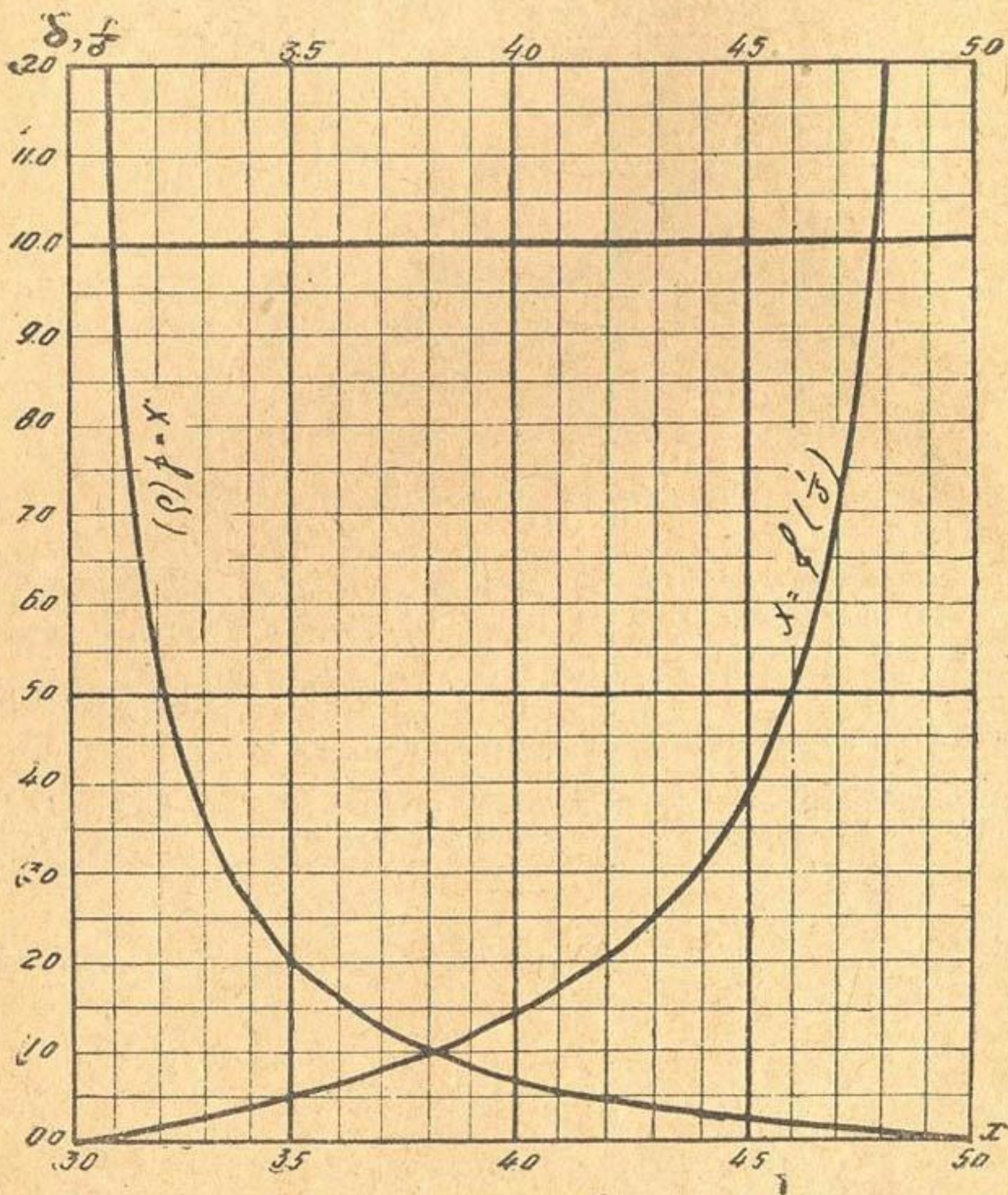
## § 2. Выражения для $h_{кр}$ через расход.

Подставляя в (1) вместо  $\frac{\omega_{кр}^3}{h_{кр}}$  его значение из (6), получим:



# График

для определения гидравлического  
показателя трапециoidalного русла  
в зависимости от  $\delta = \frac{b}{h}$  и  $\frac{1}{\delta} = \frac{h}{b}$



Черт 4



$$\frac{\omega^3}{B} \left( \frac{h_{кр}}{h} \right)^x = \frac{\alpha Q^2}{g}, \text{ или } h_{кр}^x = \frac{B h^x}{\omega^3} \times \frac{\alpha Q^2}{g},$$

откуда выражение для критической глубины через *расход* для любых русел, для которых имеет место показательная зависимость (4), будет:

$$h_{кр} = h \sqrt[x]{\frac{B - \alpha Q^2}{\omega^3 - g}} \quad (7)$$

или

$$h_{кр} = h \sqrt[x]{\frac{\alpha Q^2}{g K^2}} \quad (7 \text{ bis}).$$

Показательная зависимость (4) для большинства практических профилей не совсем точная, так как величина  $x$  несколько меняется с изменением глубины, поэтому, чтобы уменьшить ошибку, зависящую от неточности следования величины  $\frac{\omega^3}{B}$  показательному закону, следует брать  $h$ , по возмож-

ности, ближе к  $h_{кр}$  и при таком  $h$  определять  $\frac{\omega^3}{B}$  или  $K$ , а также  $x$  в

формуле (7). Или возможно определять  $h_{кр}$ , беря для вычисления  $h'_{кр}$  глубину  $h'$  более предполагаемой критической и для вычисления  $h''_{кр}$  глубину  $h''$  менее предполагаемой критической и находить  $h_{кр}$  как среднее между  $h'_{кр}$  и  $h''_{кр}$ , т. е. считать  $h_{кр} = \frac{h'_{кр} + h''_{кр}}{2}$  <sup>1)</sup>.

Из (7) для частных случаев русел <sup>1)</sup> получаем:

а) для прямоугольного шириною  $b$  при  $B = b$ ,  $\omega = b h$ ,  $x = 3$  имеем:

$$h_{кр} = h \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2 b}{g b^3 h^3}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g b^2}}, \text{ или } h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}} \quad (7);$$

б) для параболического русла при  $\omega = \frac{2}{3} B h$ ,  $B = 2 \sqrt{2 p h}$ , где  $2 p$  параметр параболы, и  $x = 4$  имеем:

$$h_{кр} = h \sqrt[4]{\frac{\alpha Q^2 B}{g \left(\frac{2}{3}\right)^3 B^3 h^3}} = h \sqrt[4]{\frac{27 \alpha Q^2}{8 \times 8 g p h^4}} = \sqrt[4]{\frac{27 \alpha Q^2}{64 g p}} \quad (7)$$

в) для треугольного русла с откосами  $n$  при

<sup>1)</sup> Здесь должны быть исключены из рассмотрения участки поперечного сечения русла для которых  $B = f(h)$  претерпевает разрыв непрерывности при изменении глубины от  $h'$  до  $h''$ .

<sup>2)</sup> См. указанную выше нашу работу, а также работу Инж. Бобина „Гидравлично-механические элементы потока“ Известия НИИГ т. 7.



$$\omega = \frac{Bh}{2} = nh^2, B = 2nh \text{ и } x = 5 \text{ имеем:}$$

$$h_{кр} = h \sqrt[5]{\frac{\alpha Q^2 2nh}{gn^3 h^6}} = \sqrt[5]{\frac{2\alpha Q^2}{gn^2}} \dots \dots (7^{III})$$

2) для трапециoidalного русла при  $B = b + 2nh$  и  $\omega = h(b + nh)$  имеем:

$$h_{кр} = \sqrt[x]{\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{(b + 2nh)}{h(b + nh)^3}} \dots \dots \dots (7^{IV}).$$

В том случае, если можно довольствоваться более приближенным определением критической глубины, то удобно принять  $h = 1$  и тогда  $h$  из (6) получаем:

$$\frac{\omega^3_{кр}}{B_{кр}} = \frac{\omega^3}{B} h^x_{кр} = K_0^2 h^x_{кр} \dots \dots \dots (6')$$

где  $K_0^2 = \frac{\omega^3}{B}$  вычисляется при  $h = 1$ . В этом случае формула

(7 bis) будет иметь вид:

$$h_{кр} = \sqrt[x]{\frac{\alpha Q^2}{g K_0^2}} \dots \dots \dots (7 \text{ bis}),$$

из которой для трапециoidalного русла получаем,

$$h_{кр} = \sqrt[x]{\frac{\alpha Q^2}{g} \frac{(b + 2n)}{(b + n)^3}}.$$

### § 3. Выражения для $h_{кр}$ через удельную энергию сечения.

Для выражения критической глубины через удельную энергию сечения из (2), принимая для показательной зависимости в выражении (6), то наполнение  $h$ , какое имеется в канале при данном расходе, получаем:

$$\frac{\omega^3}{B} \left( \frac{h_{кр}}{h} \right)^x = 2 \omega^2 (\mathcal{E} - h), \text{ откуда}$$

$$h_{кр} = h \sqrt[x]{2 \frac{(\mathcal{E} - h)B}{\omega}} \dots \dots \dots (8).$$

Так как  $\frac{\omega}{B} = t_{ср}$  есть средняя глубина русла при данном наполнении



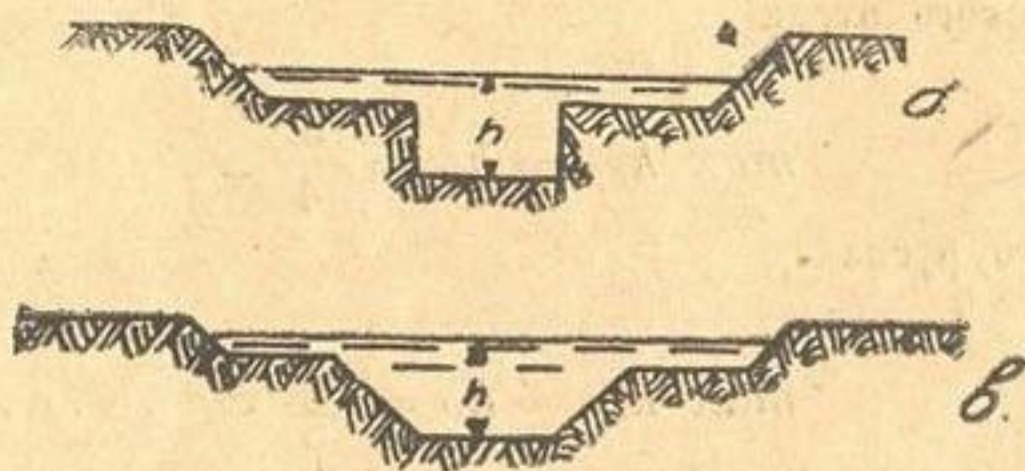
его, получаемая делением площади, соответствующей данному наполнению, на ширину по верху при данном наполнении, то из (8) получаем:

$$h_{кр} = h \sqrt[3]{\frac{2(\Theta - h)}{t_{cp}}} \dots \dots \dots (8 \text{ bis})$$

т. е. критическая глубина при данной удельной энергии сечения зависит от максимальной глубины русла и средней его глубины.

В выражении критической глубины через удельную энергию сечения не входит коэффициент  $\alpha$ , учитывающий неравномерность распределения скоростей по сечению, а потому критическая глубина, определяемая через удельную энергию сечения, не будет колебаться в связи с изменением, недостаточно изученного коэффициента  $\alpha$ .

Вместе с тем необходимо отметить, то что формула (8) для получения точных результатов, требует от русла более точного следования показательной зависимости (4). Согласно примечания на странице 41,  $B = f(h)$  в промежутке между  $h$  и  $h_{кр}$  не должна претерпевать разрыва. Поэтому для составных сечений (черт. 5) если расширение сечения находится между наполнением сечения  $h$  и  $h_{кр}$ , соответствующей данному наполнению, определение критической глубины по показательной зависимости не будет правильным.



Черт. 5.

Из (8) для частных случаев русел получаем:

а) для прямоугольного русла

$$h_{кр} = h \sqrt[3]{\frac{2(\Theta - h)}{h}} \dots \dots \dots (8')$$

б) для параболического русла

$$h_{кр} = h \sqrt[4]{\frac{3(\Theta - h)}{h}} \dots \dots \dots (8'')$$

в) для треугольного русла

$$h_{кр} = h \sqrt[5]{\frac{4(\Theta - h)}{h}} \dots \dots \dots (8''')$$



г) для русла трапецидального

$$h_{кр} = h \sqrt[3]{\frac{2 (\Theta - h)}{h} \frac{v + 2 nh}{v + nh}} \quad (8IV).$$

Применение показательной зависимости для  $\frac{\omega^3_{кр}}{B_{кр}}$  в виде (6 *vis*) упрощения не вносит.

#### § 4. Нахождение наибольшей критической глубины.

Для многих случаев расчета (например водосливы с широким порогом) необходимо знать не  $h_{кр}$ , соответствующую данному расходу, а наибольшую величину  $h_{кр}$  разную глубине, при которой при данной удельной энергии сечения проходит в сечении наибольший расход.

Ее можно найти или как максимальное значение  $h_{кр}$ , выражаемого формулами (8) или определить по уравнению (3).

Из него для прямоугольного русла получаем:

$$\max h_{кр} = h_0 = \frac{2}{3} \Theta \quad (3'),$$

для параболического русла

$$\max h_{кр} = h_0 = \frac{3}{4} \Theta \quad (3''),$$

для треугольного русла

$$\max h_{кр} = h_0 = \frac{4}{5} \Theta \quad (3'''),$$

для трапецидального русла при  $\delta = \frac{v}{n\Theta}$

$$\max h_{кр} = h_0 = 0,4 - 0,3\delta + \sqrt{(0,4 - 0,3\delta)^2 + 0,46} \quad (3IV)$$

или по приближенной формуле, дающей по сравнению с точной формулой (3IV) расхождение в десятых процента,

$$\max h_{кр} = h_0 = \frac{2,8\delta + 4}{4,2\delta + 5} \quad (3IV \text{ vis}).$$

Для других типов русел решение может быть найдено подбором по формуле (3), которая может быть представлена в виде

$$h_0 + \frac{\omega_0}{2B_0} = h_0 + \frac{t_{оср}}{2} = \Theta \quad (3 \text{ vis}),$$

где  $t_{оср}$  средняя глубина сечения, соответствующая максимальному расходу.



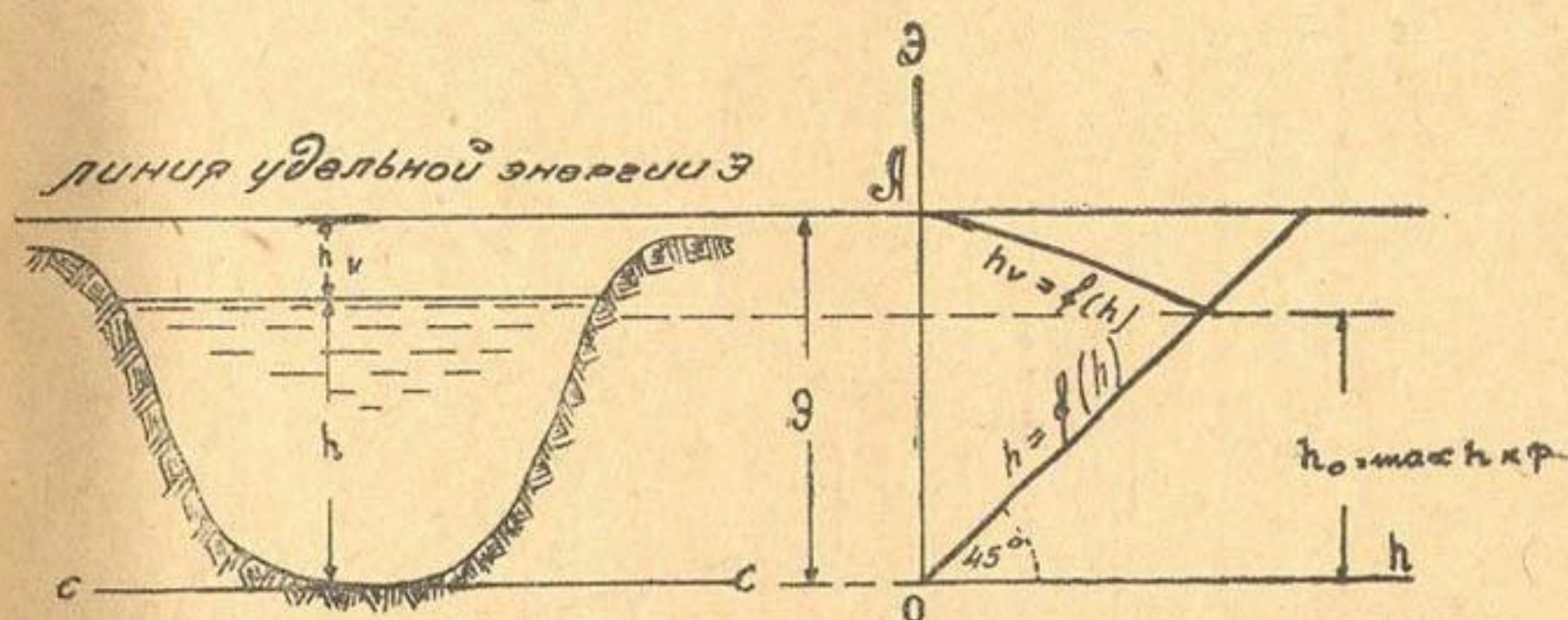
Таким образом сумма наибольшей глубины сечения и половины средней глубины, соответствующих наполнению канала при максимальном расходе, при данной удельной энергии сечения равна удельной энергии сечения.

Так как  $\mathcal{E} = h + h_v$  (9), где  $h_v = \frac{\alpha v^2}{2g}$  есть скоростной напор, представляющий собою удельную кинетическую энергию, то сопоставляя (3 bis) и (9) получаем:

$$h_0 v = \frac{t_{оср}}{2} \quad \dots \dots \dots (10)$$

т. е. при максимальном расходе удельная кинетическая энергия потока равна половине средней глубины его. Это положение выражает критерий для нахождения максимальной критической глубины; на нем может быть основан следующий графический прием нахождения максимальной критической глубины.

Строим (черт 6) в координатных осях  $O\mathcal{E}h$ , из которых ось  $O\mathcal{E}$  будет осью удельной энергии, график изменения потенциальной энергии в зависимости от  $h$ ; это будет прямая наклоненная под углом  $45^\circ$ .



Черт 6

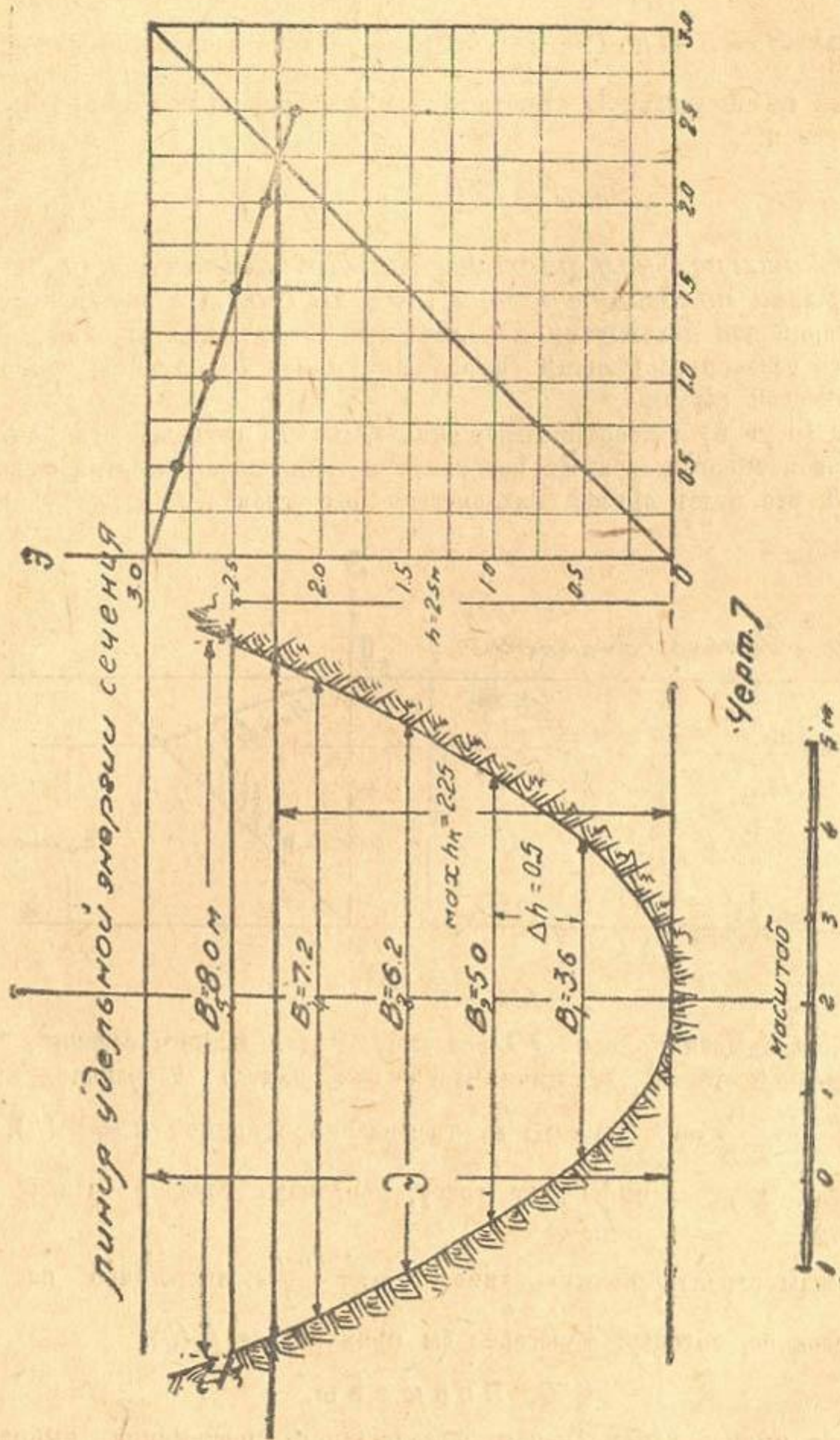
Далее, откладывая по оси  $O\mathcal{E}$  величину  $\mathcal{E}$  для данного сечения, строим при полученной точке  $A$ , принимая ее за начало координат, кривую  $h_v = \frac{t_{оср}}{2} = \frac{\omega}{2B} = f(h)$  вниз до пересечения с прямой  $h = f(h)$ . Пересечение этих двух линий дает точку, ордината которой равна  $h_0 = \max h_{кр}$ .

Нет нужды строить полную линию  $h_v = \frac{t_{оср}}{2}$ , достаточно построить такой отрезок ее, который пересекал бы прямую  $h = f(h)$ .

## § 5. Примеры.

Приведем пример для уяснения предлагаемого построения, выбрав для проверки его русло, критическую глубину которого можем определить по формулам.







Пример 1. Определить максимальную критическую глубину,  $max h_{кр}$  для параболического русла, представленного на черт. 7, с размерами, указанными там же.

Разделяя площадь трапеции на слои по 0,5 м. и определяя  $B$  и  $\omega$ , имеем, определяя  $B$  по масштабу:

$$\text{I слой } B_1 = 3,6 \text{ м; } \omega_1 = \frac{2}{3} B \triangle h = \frac{3,6 \times 0,5 \times 2}{3} = 1,2 \text{ м}^2$$

$$t_{оср_1} = \frac{\omega}{2B} = \frac{1,2}{2 \times 3,6} = 0,167 \text{ м.}$$

$$\text{II слой } B_2 = 5,0 \text{ м; } \omega_2 = \omega_1 + \left( \frac{B_1 + B_2}{2} \right) \triangle h = 1,2 +$$

$$+ \left( \frac{3,6 + 5,0}{2} \right) \times 0,5 = 3,35 \text{ м}^2, \quad \frac{t_{оср_2}}{2} = \frac{3,35}{2 \times 5,0} = 0,335 \text{ м.}$$

$$\text{III слой } B_3 = 6,2 \text{ м; } \omega_3 = \omega_2 + \left( \frac{B_2 + B_3}{2} \right) \triangle h = 3,35 + \left( \frac{5,0 + 6,2}{2} \right) \times$$

$$\times 0,5 = 6,15 \text{ м}^2; \quad \frac{t_{оср_3}}{2} = \frac{6,15}{2 \times 6,2} = 0,496 \text{ м.}$$

$$\text{IV слой } B_4 = 7,2 \text{ м; } \omega_4 = \omega_3 + \left( \frac{B_3 + B_4}{2} \right) \triangle h = 6,15 + \left( \frac{6,2 + 7,2}{2} \right) \times$$

$$\times 0,5 = 9,50 \text{ м}^2$$

$$\frac{t_{оср_4}}{2} = \frac{9,50}{2 \times 7,20} = 0,65 \text{ м.}$$

$$\text{V слой } B_5 = 8,0 \text{ м; } \omega_5 = 9,50 + \left( \frac{B_4 + B_5}{2} \right) \triangle h = 9,50 + \left( \frac{7,2 + 8,0}{2} \right) \times$$

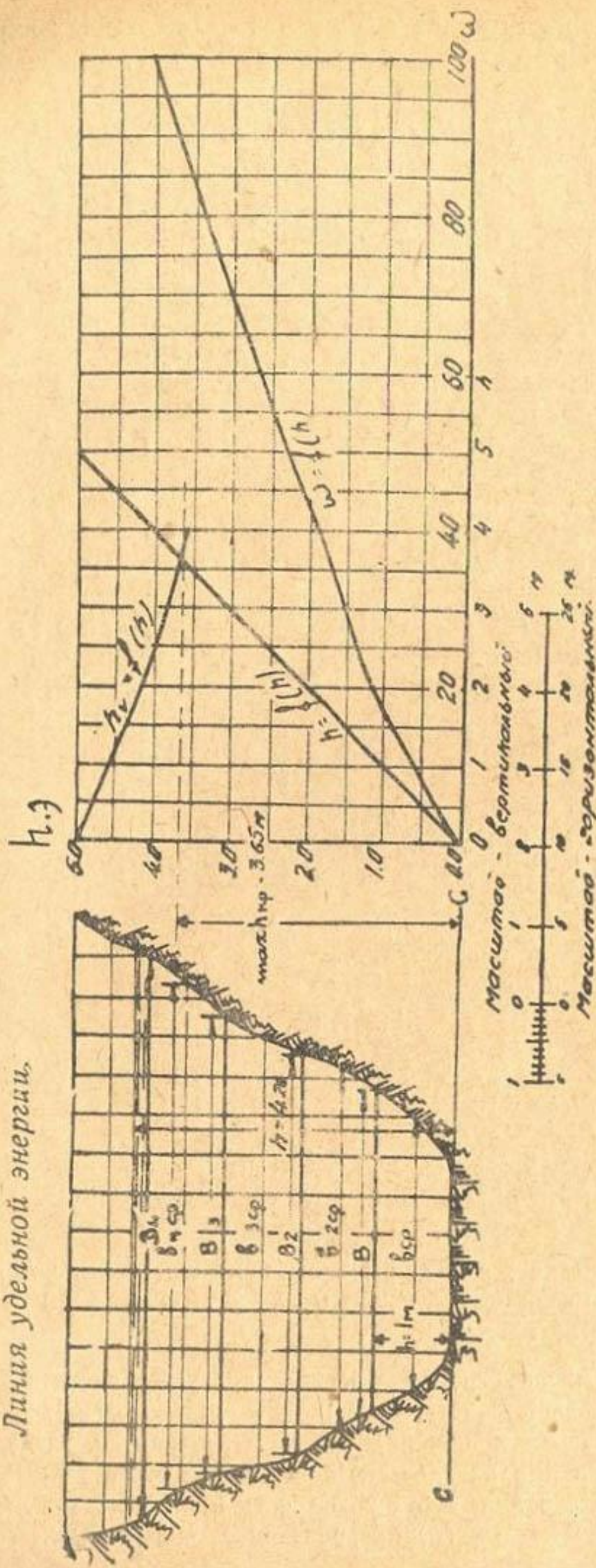
$$\times 0,5 = 13,30 \text{ м}^2; \quad \frac{t_{оср_5}}{2} = \frac{13,30}{2 \times 8,0} = 0,83 \text{ м.}$$

Произведя построение, как то было указано, находим  $max h_{кр} = 2,25 \text{ м}$ ; по формуле (3'') имеем  $max h_{кр} = 0,75 \quad \mathcal{E} = 0,75 \times 3,0 = 2,25$ , т. е. имеем совпадение результатов.

Рассматривая произведенные построения, устанавливаем, что можно избежать вычислительной работы по определению площадей, так как обычно площадь живого сечения можно разбить на трапеции, площадь каждой из них равна средней линии на высоту. Беря высоты слоев равными и суммируя графически средние линии будем получать в определенном масштабе площади живого сечения  $\omega = f(h)$  при различных наполнениях.



Линия удельной энергии.



Черт. 8.



Т. е., поступаем таким же образом, как поступают при определении объема водохранилища, когда имеется кривая его зеркала в зависимости от наполнения. Далее полученные  $\omega = f(h)$  на  $2B$ , взятое по масштабу, будем для каждого  $h$  иметь  $\frac{\omega}{2B} = h_v$ , по значению которого и строим кривую  $h_v = f(h)$ . Произведем такое построение для произвольно взятого русла.

Пример 2. Дано русло, форма сечения которого и размеры даны на черт. 8. Требуется графическим путем определить критическую глубину при максимальном расходе.

Разбивая все сечение на слои по  $\Delta h = 1,0$  м. и считая полученные фигуры трапециями, в каждой из которых проводим среднюю линию, строим кривую  $\omega = f(h)$  суммированием  $v_{cp}$ , за которые в принятом масштабе приходится брать из чертежа половину  $v_{cp}$ . Интегральная кривая  $\frac{v_{cp}}{2}$

в принятом масштабе дает  $\omega = f(h)$ . Деля полученные  $\omega$  на  $2B$ , которые также берем по масштабу из чертежа, получаем для каждой глубины  $h$  свое  $h_v$  и строим кривую  $h_v = f(h)$ , как то указано на чертеже 8. Пересечением кривой  $h_v = f(h)$  с прямой проведенной из начала координат под углом  $45^\circ$ , дает искомое решение  $max h_{кр} = 3,65$  м.

Как видно из проделанных примеров, графическое нахождение максимальной критической глубины для произвольного русла несложно, а во многих вопросах (водосливы с широким порогом, разделение течений на спокойные и бурные), требуется нахождение только максимальной критической глубины.



## Гидростроительство и археология в Средней Азии.

### ПРЕДИСЛОВИЕ

На первый взгляд сочетание вместе двух таких понятий, как гидростроительство и археология, кажется даже противоестественным. В самом деле, что может иметь общего археология—эта вспомогательная, по существу, отрасль исторической науки, определяемая как „наука о вещественных памятниках прошлого“—с гидростроительством—с этим комплексом практических, хозяйственно-строительных мероприятий, являющихся частью осуществления и развития хозяйственного плана страны.

Конечно, современное гидростроительство и, главным образом, ирригация—базируясь на теоретическом знании, разрешая поставленные перед ними задачи, оперируют данными и материалами самых разнообразных дисциплин. Экономика сельского хозяйства, агрономия, гидрология и гидрогеология, метеорология, геология и почвоведение, геодезия, гидравлика и механика, гидротехника и теория строительного дела,—все это и многое другое привлекается ими и используется в своих целях. Но только не показания исторических наук. И это так естественно! История пытается восстановить прошлое развитие человеческих обществ, внутреннюю культурно-материальную и социальную структуру последних, их связь с природой и между собой. История стремится показать каково было прошлое человечества.

Гидростроительство и в частности ирригация ничего не показывают. Они решают практические задачи современности, стремятся открыть в известных областях фактические пути и возможности развития народно-хозяйственной организации и эти возможности реализуют.

Из этого казалось бы ясно, что сферы деятельности историка, в частности археолога, и гидротехника-ирригатора лежат совершенно в разных плоскостях и ничего общего между собой не имеют и иметь не могут. Таково и ходячее мнение, широко распространенное, как у гидротехников, так и у работников в сфере исторического знания. Но в действительности дело обстоит далеко не так. Правильнее сказать,—дело обстоит здесь совсем иначе.

При всем различии своих задач и методов работы, ирригатор и археолог сталкиваются прежде всего в пространстве. Сферой деятельности их обоих в большинстве случаев являются те поверхностные пласты земной коры, которые образованы, или преобразованы вследствие деятельности человека и его пребывания здесь. Это так называемые „антропогенные почвы“.



Для археолога эти почвы являются основным хранилищем вещественных памятников прошлого, и желая эти памятники извлечь и познать, он должен прежде всего вскрыть и перерыть антропогенные напластования. Гидротехник, проектируя и строя оросительные каналы и другие гидротехнические сооружения также в большинстве случаев вскрывает, разрывает те же пласты земли, ибо сфера распространения этих пластов является преимущественной сферой ирригационного строительства.

Так что гидротехник и археолог, каждый в отдельности осуществляя в районах древней культуры свои собственные задачи, хотя и разными методами и совершенно с разными целями и в разных масштабах, делают в сущности одно и то же. Они вскрывают антропогенные слои земли и извлекают из них на свет то, что там хранилось иногда в течении тысячелетий. Но если для археолога остатки материальной культуры прошлого составляют объект его стремлений, и он старается их не только открыть, но и зафиксировать, сохранить, определить и описать, то для ирригатора они только хлам, иногда даже мешающий его работе и почти всегда выбрасываемый, как совершенно ненужный.

Нетрудно понять, что получается из такого положения вещей. Колоссальные земляные работы, предпринимаемые и проводимые гидростроительствами не только не обогащают нашего исторического познания, но потенциально даже суживают его возможности. В самом деле, основное положение археологии гласит: „памятник нарушенный—есть памятник разрушенный“. Гидротехническое же строительство, обнажая, „выкапывая“ тысячи памятников материальной культуры, все их нарушает, перемещает, или даже просто уничтожает. Ясно, что при этом раз и навсегда исчезает всякая возможность эти памятники изучить и включить в сферу нашего знания. Таким образом гидротехник, как будто бы на первый взгляд облегчающий работу археологии тем, что „открывает ей недра земли“, на самом деле является (в настоящее время) в большинстве случаев злейшим ее врагом,—вандалом, разрушающим культурные ценности.

Конечно, отсюда отнюдь не следует вывод, что ирригационное строительство должно прекратиться там, где оно грозит памятникам прошлого. Вывод должен быть совсем иным. А именно: поскольку ирригация задевает базу нашего познания материальной культуры,—к ее работам должен быть обязательно привлечен и археолог, и тогда извлечение на свет остатков исторического прошлого, „вскрытие недр земли“, осуществляя непосредственные практические задачи дня, будет одновременно в самой широкой степени способствовать и развитию исторической науки. Что так дело может быть поставлено,—об этом говорить не приходится, ибо во многих случаях это уже делается. Делается за границей и у нас в Союзе. Достаточно указать на предварительное археологическое обследование района, подлежащего затоплению при строительстве Днепростроя, организацию археологической инспектуры при строительстве Московского метрополитена, решение тщательно изучить памятники материальной культуры по Нижней Волге, которые могут погибнуть при осуществлении проекта „большой Волги“. Пространственная связь гидростроительства с археологией уже осознана, как осознана и необходимость ликвидации невольной коллизии между ними, до сих пор существовавшей. К сожалению это сознание далеко еще не стало достоянием всех гидростроителей,—и в большинстве случаев это строительство все еще



сопровождается бессознательным (но от этого не легче) уничтожением исторических ценностей, которые так просто и с такой пользой для науки могли бы быть сохранены.

В особенности это приходится отметить для нашей Средней Азии. Являясь районом древнейшего распространения ирригации, эта страна имеет мощные культурные почвы, которые из года в год снова и снова, как в древности, так и в настоящее время переворачиваются заступом в целях очистки, ремонта, реконструкции или нового строительства ирригационной сети и гидросооружений. Казалось бы, именно здесь то и должно было получить наибольшее развитие сотрудничество ирригатора и археолога. Однако этого до сих пор совершенно не наблюдалось. И сколько ценнейших памятников, в силу такого положения вещей, уже уничтожено! Мало того, сама ирригационная сеть, старинные ирригационные сооружения, которыми часто продолжают пользоваться и сейчас, являются ведь тоже памятниками материальной культуры и безусловно одними из самых важных памятников истории прошлого страны. Ведь ирригационная сеть—это технический костяк местной экономики. Однако она в своих элементах совершенно не изучена, и необходимая для этого совместная работа инженера-ирригатора и историка материальной культуры никогда и не ставилась. Несомненно, мы лучше знаем технику строительства прославленных Самаркандских мечетей, чем технику ирригаторов той же эпохи Тимуридов. А между тем такое изучение этого еще живого и функционирующего памятника старины, очевидно, должно оказаться ценным и для ирригации наших дней.

Все это, взятое вместе, заставляет поставить со всей определенностью вопрос о необходимости скорейшего согласования работы археологии с гидростроительством и наметить ряд конкретных областей, в которых они могли бы и должны бы были оказать друг другу взаимную помощь.

При этом нетрудно установить, что не только ирригация может оказать значительные услуги археологии, но и археологические данные очень часто могут быть производительно использованы гидротехникой. Последней не только возможно, но часто даже и необходимо включать в сферу своих материалов и показания исторической науки,—говоря конкретнее,—прежде всего археологии.

Рассмотрим же на базе Средней Азии более детально значение гидростроительств для археологии и в особенности, значение археологии для гидростроения и, главным образом, для ирригации.

Использование  
гидростроительств  
с научными целями

(Ирригация для археологии).

В этом направлении надобно, хотя бы кратко, отметить следующие, весьма существенные, моменты.

1. Прежде всего необходимо констатировать исключительное несовершенство и неполноту исторической науки в разрезе Средней Азии (Западного Туркестана). Не имеется сколько нибудь полной и связной истории, не только социальной, экономической, истории быта, хозяйства и техники, но даже и внешне политической. Объясняется это с одной стороны скудостью письменных источников этого порядка, а с другой—их крайней узостью, ограничивающейся изложением политических, военных, изредка географических данных с полным пренебрежением к элементам культурно-исторического и социального характера. Если мусульманский период, начиная с VIII века,



благодаря арабским географам и историкам и их последователям и продолжателям, может считаться более или менее освещенным, (эпоха феодализма и последующих социальных формаций), то домусульманская история на протяжении более десятка веков (начиная с Александра Македонского, или точнее с Кира, и до нашествия арабов) находится в плачевном положении—это какой то более чем тысячелетний провал. Здесь все темно и не ясно. Имеются лишь отрывочные, фрагментарного порядка, исторические материалы, по которым, трудно наметить даже канву истории.

Между тем история эта особо интересна и важна для науки, так как в Средней Азии лежал один из очагов древнейшей культуры, имевший громадное влияние на мировое ее развитие, вплоть до настоящего времени. Надо еще сказать, что многие из основных сочинений древних авторов, на кои имеются лишь ссылки у позднейших, безнадежно утеряны и явно погибли во время многочисленных здесь политических катастроф.

Тоже приходится сказать и о более древнем периоде истории—периоде до соприкосновения элинов с культурой Средней Азии. Вся эпоха медного и бронзового веков, возможно даже эпоха позднейшего неолита на базе исторического материала Средней Азии должна получить новое освещение. Раскопки последних 20 лет в Месопотамии (Ур, Киш), Индии (Могендиго). Битая (раскопки Андерсена) заставляют нас совершенно иначе оценивать памятники Аннау, открытые в 1904 году Пумпелли, и определенно утверждать, что недра Средне-Азиатских республик хранят не мало тайн прошлой истории всего человечества. Но местная археология бездействует, и тайны эти по прежнему остаются тайнами.

Единственный выход из этого, тяжелого для науки, положения—это обратиться к земле и постараться извлечь из ее недр человеческие документы в виде остатков материальной культуры далекого прошлого.

Это материал, хотя и специфический, но вполне объективный и далеко не столь трудно поддающийся дешифровке, как это кажется сначала. Этого материала очень много, и наши атропогенные слои в культурных очагах им буквально насыщены. Очень часто встречаются материалы (керамика, мелкая пластинка, монеты, резные камни, стекло и т. п.), имеющие колоссально важное значение для исторической науки, вносящие луч света в темные проблемы прошлого.

Тем тяжелее и обиднее видеть, как вследствие нашей недостаточной культурности, они не только не используются, но варварски губятся и уничтожаются... Сколько погибло навсегда бесценного археологического материала за последнее время на наших гигантах: на Нарпайстрое, на Кум-Курганстрое, на Вахшстрое, на Уч-Курганстрое и т. д. и т. д.

2. Количество земляных работ, особенно во всякого рода гидротехнических предприятиях (ирригационных и энергетических) составляет по стоимости весьма значительный процент, часто достигающий 50 проц. и более всех работ, а по объему выражающийся „астрономическими“ цифрами, порядка многих миллионов кубо-метров (Чирчик-строй напр. — порядка 20 милл. м<sup>3</sup>).

Для некоторой иллюстрации масс земляных работ по неполным данным



только Узводпроиза, приводим здесь 2 таблички выполненных уже (т. I) и предполагаемых к выполнению (т. II) земляных работ:

Таблица № I, выполненных уже земляных работ

| №№ по порядку | Наименование строителъств                            | Кубатура выемок п/проекту в мт <sup>3</sup> | Примечание          |
|---------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------|
| 1             | Янги-Даргомский канал с частью пр<br>ветви . . . . . | 800.000                                     | Цифры<br>округлены. |
| 2             | Нарпайстрой . . . . .                                | 3.010.000                                   |                     |
| 3             | Уч.-Курганстрой . . . . .                            | 2.600.000                                   |                     |
| 4             | Кум-Курганстрой . . . . .                            | 1.740.000                                   |                     |
| 5             | Арык Янги Термезский . . . . .                       | 460.000                                     |                     |
|               |                                                      | 8.610.000                                   |                     |

Таблица II-предстоящих к выполнению земляных работ

| №№ по порядку | Наименование об'ектов                    | Кубатура выемок по проекту в мт <sup>3</sup> | Примечание          |
|---------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------|
| 1             | Шахрудстрой . . . . .                    | 9.200.000                                    | Цифры<br>округлены. |
| 2             | Иссабайское водохранилище . . . . .      | 5.300.000                                    |                     |
| 3             | Хазаринское водохранилище . . . . .      | 4.800.000                                    |                     |
| 4             | Катта-Курганское водохранилище . . . . . | 4.200.000                                    |                     |
| 5             | Т у п о л а н г . . . . .                | 600.000                                      |                     |
|               |                                          | 24.100.000                                   |                     |

3. Районы гидротехнических работ всех порядков в Средней Азии в большинстве случаев совпадают с очагами древней культуры, или ныне еще функционирующими, как например районы Нарпая, Шахруда, Чирчика и т. п., или давно угасшими и превратившимися в пустыню (Кум-Курганский район и т. п.), или, как это чаще всего имеет место, смешанного характера, т. е. частично омертвелые и частично продолжающие использоваться населением на сравнительно уже незначительной площади, как напр. район Вахшстроя и т. п. Во всех этих трех случаях ирригационные работы ведутся в подавляюще большом проценте в культурных слоях, насыщенных остатками старины, требующими только сбора и попутной фиксации условий их залегания.

4. Кроме того, что таят в себе недра, и на поверхности земли имеется довольно много остатков древних сооружений, как гражданских, культурных, так и гидротехнических (головные водозаборные сооружения, плотины, пере-



пады, акведуки, вододелители, водопроводы, колодцы, кяризы, сардобы, хаузы, каки и т. д.), не говоря уже о громадных сетях древних каналов. Всестороннее изучение этих памятников и использование результатов этого изучения крайне важно и не только для науки, но и для практических современных целей.

5. Кроме вышеуказанных надземных и подземных памятников материальной культуры имеется очень много и библиографических памятников (рукописей), или совершенно не использованных, или только взятых на научный учет, но остающихся не переведенными, не изданными и не проанализированными, особенно в гидротехническом и мелиоративном разрезах. Для примера возьмем хотя бы энциклопедию Абу-Абдуллаха Хорезми\*) (IX в.) „Блючи наук“, содержащую словарь ирригационных терминов, до сего времени не переведенную на русский язык и конечно не использованную. Хороший перевод этого древнего технического словаря, снабженный соответствующими комментариями, мог бы дать очень много ценного и актуального даже для настоящего времени и даже для современной техники. А это может быть сделано только совместно историком и инженером-гидротехником.

Приведенные выше цифры с полной несомненностью указывают на исключительную важность попутного использования с археологическо-историческими целями тех громадных масс земли, кои отрываются и перекидываются на наших гигантских гидротехнических стройках в Средне-Азиатских очагах одной из древнейших в мире культур.

Отсюда вытекает определенный вывод: необходимость немедленной организации на всех крупных строительствах, имеющих дело с большими массами земляных работ, археологической инспекции, надзора и инструктажа. Можно пожалеть, что эта плодотворная мысль пришла несколько поздно и что главная масса работ по крупнейшим объектам первой пятилетки прошла „в холостую“, без всякого почти использования их с научными целями. Это упущение, казалось бы надобно всемерно исправить, чтобы по возможности наверстать уже утраченные возможности. Необходимо однако здесь отметить, что установка археологической инспекции в сколько нибудь крупном масштабе, делающем это мероприятие реальным, упирается в крайнюю ограниченность (количественную, а отчасти и качественную) археологических кадров и не только здесь в Средней Азии, но и в Центре. Их придется создавать почти заново. Хорошо, если нам удастся для этой цели подыскать, хотя бы надлежащий преподавательский персонал.

Если использование ирригации и вообще гидротехнических работ (да и всякого другого рода больших земляных работ) с научными целями ясно само по себе, то обратное положение—использование археологии для целей ирригации, энергетики и других технических дисциплин (геологии, гидрогеологии, агрономии, метеорологии и проч.) является уже не столь ясным и не только для местных работников, но и для высших директивных органов.

Поэтому второй раздел настоящей работы и будет иметь своей целью уяснить и по возможности выявить всю ту громадную пользу, каковую, умело и надлежаще использованная археология может принести ирригации и соседним с нею техническим дисциплинам.

\*) Бартольд В. В. „К истории изучения ирригации Туркестана“ стр. 17.



Археология на службу гидротехнике (Ирригации). Этот сложный и ответственный раздел требует в первую очередь одной существенной предпосылки. В ирригации и вообще в гидротехнике имеется чрезвычайно много проблем, в коих элемент времени играет доминирующую роль. Тут, конечно, речь идет не о коротких отрезках времени, хотя бы даже порядка пребывания русских в Средней Азии (около 70 лет), но о столетиях, даже о тысячелетиях, т. е. о целых эпохах. Ясно, что в этих случаях история и ее естественная союзница и помощница археология должны играть особо ответственную роль. Ниже, в первую очередь мы, хотя бы вкратце, наметим эти моменты.

### 1) Изменения русла потоков в плане и в профиле.

Вопросы о заглублении русел водных потоков всякого рода и о прекращении вследствие этого функционирования целых, иногда громадных, ирригационных систем, чрезвычайно слабо исследованы и освещены, как в гидротехническом, так и в историческом разрезах. Между тем это весьма жизненные и актуальные вопросы, как для настоящего, так и для будущего времени. С другой стороны, динамика образования бонусов выноса осадков, намыва дельт и поднятия таким путем русла рек над окружающей местностью, также недостаточно ясны и нуждаются в технико-историческом освещении. Этот последний вопрос органически связан с неустойчивым равновесием русел больших рек в их низовьях и со склонностью их, даже под влиянием одних физических факторов, блуждать в разные стороны, иногда к полному отчаянию и разорению живущего на них и ими местного населения. Уловить какую либо закономерность, или систему в этих разорительных передвижках русел рек возможно только на основании исторических документов и главным образом путем систематических археологических раскопок. Для примера остановимся несколько на низовьях Аму-Дарьи.

Это очень сложная проблема, чрезвычайно актуальная, особенно для Туркменистана, испытывающего острый голод в воде и в поливной земле. К сожалению рамки настоящей статьи позволяют нам только слегка, в самых общих чертах, коснуться этой интереснейшей темы.

Сущность настоящего вопроса сводится к тому крайне неустойчивому положению, в котором находилось и находится русло этой мощнейшей в Средней Азии реки особенно в ее низовьях (ниже Питняка). Такая неустойчивость обуславливается двумя главными причинами: первая — это однообразие продольных уклонов в разных направлениях. Эти уклоны по Ф. П. Моргунову\*) от Келифа к Аральскому морю, в среднем около 0,000232, к Каспийскому морю — 0,000242 и к Сарыкамышу — 0,000256. Вторая причина — это бонус выноса наносов реки, намывшей в громаднейшей дельте, имеющей длину по высоте треугольника около 200 килом., русло, значительно возвышающееся над окружающей местностью (с поперечными обратными уклонами), причем горизонт высоких вод превышает окружающую местность более чем на 1,5 метра (0,8 саж.\*\*) Ясно, что при таких условиях эта река вела и ведет кочевой образ жизни, блуждая полностью, или частично между Араль-

\*) Ф. П. Моргунов и И. А. Севастьянов. Новая Туркмения. Ирригационные перспективы Туркменской ССР. Орошение Туркмении по проекту Инж. Ф. П. Моргунова 1925 г. (стр. 57).

\*\*) Проф. Г. К. Ризенкампф — Проблемы орошения Туркестана 1921 г. (стр. 76).



ским и Каспийским морями и Сарыкамышской озерной котловиной, под влиянием различных факторов как физического, так и социально-политического характера.

В то же время дельта этой реки и прилегающее к ней лессовые площади обладают громадными потенциальными возможностями в смысле дальнейшего развития сельско-хозяйственных и главным образом хлопковых культур. По тому же Ризенкампу\*) в низовьях и в дельте Аму-Дарьи имеются площади вполне пригодных для орошения земель в количестве 1.288.110 га, при неограниченности водных ресурсов и при сравнительной легкости вывода их на поверхность земли.

Вполне понятно, что такая конъюнктура вызвала целый ряд солидно-организованных экспедиций (несколько экспедиций Глуховского, начиная с 1879 г., Каульбарса, Академии Наук, Обручева, Коншина и др.) В связи с ними вокруг этой проблемы создавалась и громадная научно-техническая литература. Из историков, посвятивших много труда этому вопросу, надобно отметить В. В. Бартольда („К истории орошения Туркестана“ и „Сведения об Аральском море“ и т. д. и проф. Н. П. Веселовского „Очерк историко-географических сведений о Хивинском Ханстве“). Несмотря на все это, настоящую проблему надобно считать не окончательно выясненной и заключающей в себе очень много темных и спорных моментов, несмотря на массу времени, труда и средств, потраченных на ее выяснение.

Главной причиной этого мы считаем крайне слабое привлечение к этому делу археологии и отсутствие систематических раскопок в этом очаге древнейшей культуры, историческая эра коей восходит по Аль Бируни к 1292 г. до н. э.\*\*)

В настоящее время осуществляется (стадия осуществления нам точно неизвестна) гигантский проект орошения „Куля-Дарья“ в районах Порсу, Сипай-Яба и Уаза. Контуры этого гиганта: площадь 156.000 га, из коих под хлопок намечается 87.000 га, при общей сумме вложений в строительство 257.896 тысяч рублей.\*\*\*)

Приветствуя столь мощный размах строительства, мы должны отметить, что по собранным нами сведениям при изысканиях, исследованиях и при составлении проекта этой великой стройки, археология и история принимали самое незначительное участие и были в пренебрежении. Это весьма печальный факт, но если это повторится и при осуществлении проекта, то это будет еще во сто крат печальнее, и необходимо принять все меры, чтобы те колоссальные массы порядка многих десятков миллионов кубометров земляных работ, кои придется перекидать, не были бы также не использованы для науки, как это имело место до сего времени на других стройках.

Ибо лишь археология может точно установить и факты кочевания реки и даты, когда эти перекочевки происходили. А это позволит уяснить точнее в конкретные причины каждого из таких кочеваний.

Мы не будем здесь останавливаться на проблемах Келифского Узбоя и Чарджуйского Унгура—они еще темнее и еще менее исследованы при полной неосвещенности их с историко-археологической стороны. Между тем они

\*) Там-же—стр. 78.

\*\*) К. А. Иностранцев „О домусульманской культуре Хивинского оазиса“ стр. 19.

\*\*\*) Правда Востока. В. Коньков. „Куля-Дарья“.



весьма актуальны и интересны с сельско-хозяйственной точки зрения и как это показал инж. Моргуненков, могут быть скоро, легко и дешево использованы. Надобно заметить здесь, что при тщательном археологическом изучении вопросов, связанных с миграциями рек в древнее время, возможно добиться очень крупных результатов ирригационного порядка с затратами сравнительно незначительных средств и времени. Иногда разбор древней заградительной плотины с небольшой расчисткой русла может изменить всю водную ситуацию данной местности.

Даже такой простой, но важный вопрос — впадал ли когда либо Зеравшан в Аму-Дарью, или нет (по Арриану во времена похода Александра Македонского он не впадал) остается фактически необследованным и неясным. Чтобы не загромождать статьи, мы не будем касаться многих более мелких вопросов этого же порядка. Отметим лишь, что знаменитый Закон Бэра, на который, кстати и не кстати, часто ссылаются многие авторы, в действительности может быть учтен и проинтегрирован только в пределах веков и даже тысячелетий, т. е. только при содействии археологии и истории.

## 2) Озерная проблема.

Проблема цикличности пульсаций замкнутых водных бассейнов Средней Азии, окруженных обычно пустынями, в связи с колебаниями слоя выпадающих атмосферных осадков и колебаниями в зависимости от сего мощности стока выпадающих в эти озера рек и других водных потоков (силей), является весьма актуальной и важной для брая с различных, в том числе и чисто практических, точек зрения.

Вопрос этот давно интересует научную мысль в связи с гипотезой об усыхании Средней Азии и был предметом многих специальных экспедиций (см. труды Л. С. Берга). К сожалению и здесь дело обошлось почти без участия археологии и во всяком случае без сколько нибудь систематических раскопок и зондировок, как по берегам, так и на дне этих озер, каковые раскопки могли бы дать весьма ценные и довольно точно датированные указания на генезис этих водоемов и на ритм их колебаний.

Как на пример важности подобного подхода мы укажем на Карабугазский химический комплекс. Это гигантское предприятие чрезвычайно заинтересовано в дальнейшем прогнозе условий колебания уровня Каспийского моря, кривую коих с некоторой достоверностью возможно построить только после тщательного изучения этих колебаний в прошлом, опять же при помощи археологическо-исторических исследований.

## 3) Катастрофические расходы водных потоков.

Вопрос о правильном установлении величины катастрофического расхода для того или другого водного потока представляет часто почти неразрешимую задачу для гидротехника. Обычно ее решают на основании исключительно данных физического порядка: площадей водосбора, интенсивности ливней, коэффициентов стока и т. п.

На основании этих данных, при помощи десятка противоречивых формул, пытаются исчислить эти расходы. Но так как при этом получается невероятный разнобой в результатах, то приходится махнуть на них рукою и подходить к этому вопросу более „интуитивно“.



Между тем по избранным, так или иначе, расходам приходится проектировать — а затем и строить дорогие, часто миллионные сооружения. Мы напомним, здесь еще не забытые дискуссии на эту тему с бывшей Американской экспертизой (А Дэвис). В конце концов таковые остались почти безрезультатны и конечно, ничем другим закончиться не могли, ввиду односторонности избранного метода. Следовало бы в дополнение к физическому методу, применить и историко-археологический. В истории всегда возможно найти ряд указаний на различного рода народные бедствия от водных факторов (прорывы, наводнения, разрушения сооружений и дамб, посушки целых районов и т. п.). По этим указаниям и по распросам старожилов, путем археологических раскопок, вскрытий и зондировок возможно найти подтверждение, развитие и уточнение этих указаний истории и в связи с обследованием отмылов по берегам потоков, комплексно установить вероятнейший возможный в будущем максимум. Все эти обследования стоят обычно сравнительно недорого, а результаты в смысле сбережений могут принести громадные, а равно и более гарантируют дорогие сооружения от различных неожиданных сюрпризов.

#### 4) Катаклизмы (гидрогеологического порядка).

При незавершенной еще в Средней Азии тектонике (горообразовательной деятельности), здесь происходили в древности и происходят на наших глазах горные катаклизмы водного порядка. Напомним обвалы по Верхнему Зеравшану (Матче), Сарезский завал на Памире (в 1910 г.), образовавший озеро около 60 километров в длину и глубиною свыше 500 метров. Вопрос о нескольких прорывах перемычки у Искандер-Куля имеет актуальное значение при проектировании здесь водохранилища. Имеются на верхних террасах остатки древних поселений, до сего времени археологами не обследованные. Они могли бы дать даты этих прорывов, что было бы для проекта существенно важно. Вопрос об Иссыкульском перешейке — перемычке (у Кутем-Алды), об образовании озера, затопившего древний город (местный „Китеж“) породил значительную литературу (Чайковский, Пославский и др.), правда несколько фантастического характера\*) Другой подобный же „град Китеж“ находится и на дне Аральского моря (Адак и Янгишехр)\*\*). Ясно, что все эти интереснейшие и чисто практические вопросы могут быть исследованы только в историческом аспекте при серьезном содействии археологических раскопок и зондировок.

#### 5 Реконструкция сельского хозяйства.

Происходящая сейчас реконструкция всего сельского хозяйства Средней Азии, вызывающая коренное переоборудование ирригационных систем до мельчайшей сети включительно, требует тщательного изучения современного состояния этих систем, форм их работы, их положительных и отрицательных сторон и т. п. Нет сомнений, что все это может быть сделано лучше и надежнее, когда нам будет известен генезис и история ирригации Средней Азии, причины, вызвавшие к жизни те или иные ирригационные системы и сооружения и обусловившие их своеобразие.

\*) А. П. Чайковский. „Родина народов Арийской расы где она была и отчего покинута“. Москва 1914 г. Его-же „Важная нивеллировка в Туркестане“.

\*\*) В. В. Бартольд „К истории ирригации Туркестана“ стр. 92.



Переходим теперь к ряду моментов более узких, чисто технического характера.

Считаем необходимым сделать маленькую общую предпосылку к дальнейшим пунктам.

В настоящее время с грандиозным ростом науки и техники, надобно отметить развитие пренебрежительного отношения к древней технике. Это пренебрежение граничит подчас, почти с презрением. Это третиrowание древней технической мысли многочисленных поколений, конечно, в корне неправильно, да и практически „невыгодно“. Надобно взять все, что имелось в древности технически достаточно зрелого, усовершенствовать его дальше, применив современные достижения. Мы здесь кратко укажем лишь на некоторые технические завоевания древности, хотя бы и не гидротехнического характера, но показывающие ту сравнительную высоту, на которую поднималась техническая мысль за столетия и даже тысячелетия до настоящего момента. Начнем с таких, повидимому, простых вещей, как кирпич, растворы, глазурь и пр. Древний кирпич, особенно клинкерного обжига (тем более по так называемому Китайскому способу) не только не уступал, но значительно превосходил по своим качествам современный. Китайский метод обжига так и остался до сего времени невыясненным. Вопрос о растворах, употреблявшихся в древности, особенно гидравлических, до сего времени недостаточно выяснен. Между тем тогда возводилось много весьма ответственных сооружений даже гидротехнического порядка (мосты, плотины, акведуки и т. п.). Древние глазури по своей прочности, окраске и глубине достигли почти совершенства и остались до сего времени непревзойденными, и способы их выделки невыясненными, несмотря на все усилия, приложенные нашими исследовательскими организациями в этом направлении.

**Примечание.** Возьмем несколько примеров из других областей. Обсерватория Мирзы Улуг-Бека (внука Тимура) в Самарканде. Пятнадцатый век, т. е. век не особенно высокого развития здесь науки и техники. И вот в это время в Самарканде открывается обсерватория, собирается съезд азиатских астрономов, на коем председательствует женщина (Гаухар-Шад-Ага — мать Улуг-Бека, жена Шахлуха сына Тимура), составляются звездные таблицы (более 1000 звезд), определяются широты и долготы, исчисляется наклон эклиптики, прецессии, пути планет и все это с замечательной точностью (до 0.1 секунды). Надобно учесть, что все это проделывается задолго до Коперника, Галилея и до изобретения оптических стекол и инструментов.

Возьмем еще более древний пример. В Самарканде, в Балхе и пр. за 200 лет до н. э., т. е. за 21 столетие до настоящего времени чеканились идеальнейшие и художественные, тончайшей работы золотые, серебряные и бронзовые монеты (Греко-Бактрийские), по своей тонкости и художественности часто превосходящие даже современные.

Укажем еще на бумажные заводы IX века в Самарканде, впервые пустившие в оборот тряпичную бумагу, вытеснившую с тех пор на Западе пергамент и папирус.

Подобных примеров можно набрать очень много. Все это очень ярко подтверждает высказанную нами мысль о сравнительной высоте древней техники. Ясно, что последнюю надобно извлечь из подспуда и надлежаще использовать.

Вернемся к нашей теме.



## 6. Просадки.

Просадки степного и полустепного лесса под влиянием водного фактора уже причинили и продолжают причинять нам большие неприятности и убытки. Напомним такие крупные ирригационные объекты, как Новый Джун, Хазарбаг, Хассан-Хан, Вахш, Бус и др. Суть дела здесь в том, что эти просадки, доходящие до 2 х метров и более по вертикали и буквально хоронящие построенные на них гидросооружения, бывают только на грунтах, не имевших дела с другой водой, кроме атмосферной. Грунты же, орошавшиеся когда либо, хотя бы много веков тому назад, этим просадкам почти не подвержены. Отсюда простой вывод: Прежде чем приступать к орошению подозрительных на просадки площадей, надлежит исследовать их с археологической стороны с целью выяснить границы древнего орошения и учитывать эти границы при проводке новых каналов и выполнении новых сооружений. Между тем обычно исследования этих площадей производятся с физической, механической, химической, геологической, гидрогеологической, почвенной, биологической и зоологической точек зрения, но только не с историко археологической. Все эти исследования стоят очень дорого, а в результате большие убытки, иногда почти катастрофы. Напомним, что совхоз Н. Джун пришлось с хлопкового перестраивать на каучуконосный, хлопковый совхоз Бус также пришлось перестроить на нехлопковый.

Попутно с указанным выше обследованием границ площадей древнего орошения могла бы быть выявлена и синхронность орошения различных районов на предмет исчисления мощности орошавшихся в древности источников.

## 7. Пески.

Здесь речь пойдет не о великих песках Средней Азии (Кызыл и Кара-Кумах), а о малых, вкрапленных в культурные земли, или граничащих с культурными площадями, напр. Сурханские Катта-Кумы, Кара-Калпакская Степь в Фергане, пески Джильвана и Каракуля и т. п. Вопросы о их генезисе, динамике во времени, о методах их закрепления и о дальнейшем развитии, — все эти вопросы, — острые для соседних культурных оазисов. Борьба с этими песками, хотя и ведется соответствующими организациями (посадки, заграждения и пр.), но без полного углубления в сущность вопроса, каковое возможно только при привлечении на помощь исторических наук и, прежде всего, археологии. Чтобы это стало яснее, возьмем, для примера, хотя бы Катта-Кумы. В настоящее время они набегают с Запада на Сурхан. Но если походить среди них, то мы увидим остатки посуды и других предметов древнего быта в значительном расстоянии от этой реки. Следовательно, когда то пески не доходили до реки, и между последней и песками лежала культурная полоса с селениями, арыками и пр. Выявив по этим остаткам материальной культуры ширину этой полосы и время гибели культуры, можно было бы определить темпы надвигания песков, направление равнодействующей этого надвигания, направление господствующего ветра и пр. и решить вопросы о темпах и перспективах этого движения. В данный момент, при возможности проведения арыка из Занга в Термез эти вопросы являются особенно актуальными, и решать их нужно с открытыми глазами. Таким образом и здесь без археологии обойтись трудно и невыгодно.



## 8. Болота,

особенно среди культурных площадей. Их генезис и степень злокачественности, выявленные в историческом аспекте, могут дать весьма полезные технические указания при их осушении и мелиорации. Нахождение в них линз торфа со включениями остатков материальной культуры, при применении систематических раскопок, должны дать ясные указания по периодичности заболачивания и на эпохи падения культуры и образования болот, а равно и на смену этих эпох. С подобным явлением нам и пришлось столкнуться при разрешении вопросов по осушке Денау-Юрчнских болот. К сожалению обнаруженные здесь торфяные линзы с остатками культуры не были подвергнуты археологическому обследованию, и из них не было поэтому извлечено ряда ценных указаний, кои были бы крайне полезны при составлении столь крупного проекта, как освоение под рисо-совхоз пустующих 5 тыс. га.

Археологическое обследование болот, конечно, придется производить в комплексном порядке, совместно с исследованием грунтовых и возвратных вод и вообще с определением подземных озер и потоков. Н пример на Вахшстрое пришлось, при производстве работ по осушительной сети встретиться с несомненной наличием подземного озера, без обследования коего осушительные работы оказались сомнительны.

## 9. Засолонение,

в особенности злостное (пухлые солончаки), культурных площадей также имеют свою историю и свою цикличность. При археологических зондировках, шурфовках и вскрытиях в местностях, имеющих повидимому безнадежный характер, могут встречаться под слоем пухлых поверхностных солончаков остатки материальной культуры, которые дадут определенные указания на хронологию и темпы засоления этих площадей, в связи с колебаниями политических условий культурной жизни в этих местностях. Они же дадут твердые указания на возможность дальнейших мелиораций. При внимательном обследовании могут найтись и остатки открытых сбросных сетей и даже подземного дренажа. В исторических известиях могут быть найдены указания, как боролись древние дехкане с этим бедствием (промывки, разведение специальных культур, дренаж и т. д.). Вопрос этот особенно актуален для Хорезма в связи с Куля-Дарьинской проблемой и с перестройкой левобережных мощных арыков (Таш-Сака, или Тюя Муюн). С ним же вероятно придется столкнуться и зарождающемуся Шахрудстрою.

## 10. Основные элементы древних русел.

Большую пользу для ирригации и для гидроэнергетики могут принести археологические обследования основных элементов древних русел арыков с определениями их поперечных и продольных профилей, с установлением на последних годовых или многолетних слоев наносов, с определением продольного уклона и т. п. По этим данным полевого характера явится возможность подсчитать, хотя бы приблизительно, вероятные нормальные и форсированные расходы, критические скорости и другие гидравлические и гидрологические элементы, имевшие место в древности.



Такие определения дадут весьма ценные контрольные коррективы к обычно кратковременным, недостаточно полным и в то же время дорогим полевым исследованиям по определению критических заиливающих и размывающих скоростей, кои должны быть положены в основу при проектировании сетей всех порядков. Обычно эти последние исследования не дают проектировщику-гидротехнику достаточной уверенности в правильности выбора этих скоростей и вопрос этот ему приходится решать ориентировочно, с большим риском впасть в крупные и трудно поправимые ошибки, со всеми, вытекающими отсюда, последствиями. Как пример таковых мы приведем совхоз Бус, где почти вся мелкая и мельчайшая сети, а частью и распределители, вследствие неудачного подбора уклона и скоростей, оказались в первый же год их функционирования или размытыми, или заиленными. Правда, почвы и грунты там исключительно тонкие, а потому требовался особо тонкий подход к ним. Подошли же по общему шаблону,--результат налицо. Возьмем другой, не менее яркий пример — Вахшстрой. Река Вахш крайне мутная, насыщенная в большую воду красным илом (Вахш — Сурхоб — Кзыл-Су — красная вода). Магистраль, выведенная из него, трассирована частью по массивам, явным просадочным. При таких жестких условиях требовался особо внимательный подход к выбору уклонов и скоростей для этого канала с расходами большой мощности. К этому имелась полная возможность, так как древний, тоже магистральный канал, тянется почти параллельно более чем на сотню километров. К сожалению как исследователи и составители проекта, так и его исполнители не воспользовались этим благоприятным обстоятельством, или им пренебрегли. В результате — еще не закончено строительство, а размывы и заиление уже начались и требуют срочных мер и дополнительных расходов. Особенно характерно на том же Вахшстрое неиспользование древней магистрали на Кзыл Тумшук, где новая и старая магистрали поневоле сближаются. Это особенно ответственное по условиям грунта и топографии места (почти вертикальные прослойки гипса в глинисто-песчаных мелко-структурных красных породах, при необходимости вести канал в косогоре). А поэтому правильный выбор трассы для новой магистрали был особо важен и ответственен. Повидимому древние инженеры вели здесь длительную борьбу с прорывами дамб и с оползнями горного откоса и не мало терпели неудач, пока практически, экспериментально не подошли к наиболее удачному решению. К сожалению этот многовековой опыт не был использован, и это упущение может в будущем дорого обойтись. Других примеров не приводим, полагая, что и этих для иллюстрации нашей мысли более чем достаточно.

## 11. Мероприятия эксплуатационного характера.

До полного технического переустройства ирригационных систем, начиная с головных водозаборных сооружений и кончая мельчайшими шлюзиками и перепадами картвых сетей, приходится и поныне применять местные туземные способы, как по забору воды в головах, вододелению и гашению излишнего падения дна каналов, так и по ежегодной очистке арыков от заиления и зарастания. Весьма вероятно, что в расцвете культурных эпох древности (IX и X века) методы забора воды, ее деление и очистка ила были много выше теперешних и решалась проще и остроумнее, может быть даже с применением простейшей механизации. Для примера возьмем такой снаряд, как



силай (сипай — три ноги), на коем и ныне, в расцвет водной техники, основан забор воды в головах всех бурных потоков горного характера. Кто и когда его изобрел и впервые применил — остается неизвестным. Повидимому корни сипая уходят также вглубь веков. Находились остатки древних сипаев на глубине 14 метров (на Кампыр-Равате). Несомненно, что производство тщательных изысканий в библиографии этого вопроса, подкрепленное систематическими раскопками о наиболее характерных местах, могут дать весьма полезные результаты для современной ирригационной эксплуатации.

## 12. Ч и г и р и.

Хотя чигирь в его настоящем виде представляет собою несовершенный и дорогой водоподъемник со слабой эффективностью и с малым коэффициентом полезного действия и настоятельно требует замещения более дешевыми техническими агрегатами (насосами, работающими от двигателей внутреннего сгорания, от электромоторов, ветровых двигателей, или от гелиоподъемников), тем не менее пока эта очень сложная, главным образом экономически, проблема не будет удачно и талантливо разрешена, чигири будут продолжать свою работу, может быть еще долгое время. Желательно поэтому их усовершенствовать, хотя бы на ближайшее время. Если мы учтем, что в одном Хорезме работают многие десятки тысяч чигирей при самых примитивных условиях, вся важность данного вопроса становится очевидной. Необходимо теперь же подойти к этому вопросу поближе во всеоружии нашей техники, произвести полное обследование существующих чигирей, их учет и инвентаризацию и *при этом исследовании надлежит всемерно привлечь к делу историю и археологию*, которые могут оказать исследователям существенную пользу, указав тип древнего более совершенного чигиря.

## 13. К я р и з ы.

В Средней Азии слишком много площадей, остро дефицитных по воде, обладающих в то же время великолепными почвами, особенно в Туркменской ССР. Использовать при этом местные подземные водные потоки и жилы, выводя их на поверхность, крайне заманчиво. В древности и частью в настоящее время в Китае, в Персии и в Туркестане (восточном и западном) кяризы были в большом ходу и использовывались в весьма крупных масштабах.

Вследствие политических переворотов и периодических затуханий культуры, они постепенно, вследствие отсутствия технического надзора и ремонта, пришли в упадок и частично завалились. Тем не менее восстановление их вполне возможно и может оказаться весьма рентабельным.

Необходимо, конечно, в первую очередь произвести технико-археологическое их обследование, главным образом, в Туркменистане (в районах Ашхабадском, Каахкинском, Кзыл-Арватском и др.). В Таджикской ССР тоже имеются свои кяризы, например у Певджикента имеется три кяриза, ныне не функционирующих.

## 14. П и т ь е в а я в о д а п у с т ы н ь.

Средняя Азия, как известно представляет собою комплекс плодороднейших, но сравнительно небольших оазисов, вкрапленных среди колоссальней-



ших безводных пустынь. Между тем „каждая пустыня имеет свое будущее“ говорит древняя арабская поговорка. За последнее время на эти, почти неиспользованные, необозримые площади обращено пристальное внимание. Пока, конечно, речь идет главным образом по линии скотоводства и каракулеводства. Необходимо поднять поголовье в степи, чего нельзя сделать без обеспечения стад и людей питьевой водой. Но помимо животноводства сейчас поставлен вопрос и об использовании пустынь для промышленности.

Проблемы обводнения пустыни весьма жизненные для кочевого населения, издревле интересовали как последнее, так и тогдашних правителей и феодалов. Кочевники строили колодцы, каки (дождевые, обычно с деревянно-земляными перекрытиями, ямы) и хаузы (пруды и цистерны), а правители сооружали из жженого кирпича гигантские сардобы (куполообразные постройки над цистернами) и караван-сарай, обычно на главных путях сообщения. Все это, прежде чем эта колоссальная проблема будет радикально разрешена, требует всестороннего обследования, опять же не без участия истории и археологии, могущих сказать, когда и с каким успехом эти сооружения функционировали и почему затем функционировать перестали.

Археология на (геологии, гидрогеологии, климатологии, агротехнике, службу соседним мелиорации и др.).

с ирригацией  
дисциплинам

Этот раздел, как не входящий непосредственно в нашу основную тему, будет изложен крайне кратко в виде пунктирной наметки.

*По геологии:* Возьмем хотя бы такой интересный для Средней Азии вопрос, как генезис лесса.

До сего времени эолово-аэральная теория лесса спорит с водной, и проблема остается до значительной степени все еще открытой. С своей стороны полагаем, что систематически организованные археологические исследования антропогенных слоев лесса и палеонтолого-археологические изыскания (укажем на раскопки Анд-рсева в Китае) могли бы помочь окончательно разрешить этот спорный вопрос для ряда местностей.

*По гидрогеологии:* Вопросы по генезису речных террас, такыров, шор, дарьялыков (староречий) и т. п. едва ли могут быть окончательно разрешены без ближайшего участия археологии.

*По климатологии:* Цикличность климата в связи с периодичностью пульсации уровня озер и мощностей речного стока в них, а равно в связи с синхронностью площадей древнего орошения, может быть установлена только в историко-археологическом аспекте.

*По агротехнике и мелиорации:* Весьма интересные и полезные данные и для нашего времени можно почерпнуть в древних письменных источниках по агротехнической части вообще и в частности по разведению технических культур: хлопка, люцерны, винограда, эфирносов, лекарственных растений, красителей, шафрана, морены, индиго и т. п.

Попутно с этим имеются там же указания на методы поддержания и развития урожайности (удобрения всякого рода, использование речных навозов, плодосмен и пр.). Археологические раскопки могли бы установить типы древних многолетних растений (особенно косточковых).



## Закключение.

Таким образом мы видим, что не только ирригация может помочь археологии, но и археология во многих случаях в состоянии оказать значительную поддержку ирригационным изысканиям, исследованиям, проектировке и даже строительству. При этом нужно отметить, что такая постановка вопроса не является оригинальной и новой.

Госплан СССР (циркуляр от 8/X — 1932 г.) уже указал, что все крупные гидротехнические работы должны обязательно сопровождаться специальным археологическим обслуживанием. „Связанные с этим расходы“ — гласит этот циркуляр, — „будут сравнительно с общим масштабом того или иного гидротехнического строительства крайне ничтожны, но зато дадут весьма ценный культурный эффект“.

Главводхоз (циркуляр от 15-го апреля 1933 года) не только подтвердил означенное постановление Союзного Госплана, но и развил его, указав на то, что по ряду вопросов археологические исследования могут принести прямую пользу в разрешении проблем ирригации (определение времени четвертичных отложений, времени изменения профиля речных террас, уточнение времени отклонения водных потоков, установление районов древнейшего орошения и т. п.).

Однако, несмотря на эти постановления, по крайней мере в Средней Азии в области использования ирригационного строительства для археологии ирригацией пока не сделано ничего.

А между тем, как было сказано выше, круг вопросов, где они могут и должны работать совместно, крайне широк. И было бы не только обидно, но прямо таки позорно, если бы и в будущем все здесь осталось в том же виде, в каком находится сейчас.

Человеческое знание, несмотря на все разнообразие его отдельных отраслей — едино. И всюду и везде эти отрасли взаимно дополняют друг друга, познавая в конечном счете лишь различными методами, сложное из противоречий, но поэтому и целостное бытие. Тем более это должно иметь место там, где сфера деятельности отдельных наук сталкивается на одном конкретном объекте и где одна и та же работа может быть использована разносторонне. А именно так и обстоит дело с ирригацией и археологией, вместе „работающих заступом“ над теми же напластываниями земли, которые в равной степени служат базисом их деятельности.

---



## Восстановление больших гидрологических циклов.

В связи с огромным и все развивающимся гидротехническим строительством последних лет как в Союзе в целом, так и в Узбекистане—этой стране наиболее широкого распространения ирригации — инженерная мысль столкнулась с крайней необходимостью точного знания существующих гидрологических условий и возможностью их прогноза на будущее.

Строительство и работа гидростанций, сооружение водохранилищ с их дорого стоящими плотинами, долженствующими регулировать сток крупных водных артерий, — все это требует знания мощности этого стока, распределения его во времени, а, главное, его постоянства. Каждая энергетическая установка, как и каждая ирригационная система могут работать правильно и хозяйственно эффективно только при известной степени „гарантийности“. Последняя требуется не только в области обеспечения получения заданного минимума воды, но и установления максимума притока ее. Все это необходимо для самых основных расчетов гидротехнического строительства (объем возможного водоудержания и его тип (однолетнее, многолетнее), мощность силовых установок, расчет их графика работы, пропускная способность водосливов и водоспусков, определение сечений каналов и т. д. и т. п.).

Естественно, что при этих условиях данные гидрологии и в частности гидрометрии приобретают особую ценность и становятся краеугольным камнем оформления крупнейших строительных проектов. Без этих данных последние не могут быть претворены в жизнь. Или же это будет строительство „на песке“.

Между тем реальное положение вещей таково, что потребных, количественно и качественно удовлетворяющих гидрологических материалов по большинству водотоков Союза мы еще не имеем. В особенности же это приходится сказать о водных потоках Средней Азии и в частности Узбекистана, где даже элементарные гидрометрические замеры в лучшем случае имеются за 30—35 лет (Чирчик), а в большинстве случаев насчитывают всего лишь 4-6 лет (Кашка-Дарья, Сурхан Дарья) или же даже отсутствуют совершенно (большинство горных саев юго-западных бассейнов).

Разрабатывать широкие проекты и начинать многомиллионное строительство, базируясь исключительно на этих материалах (качественно к тому же далеких от совершенства), разумеется, не представляется разумным и возможным. Поэтому естественна попытка на основании имеющихся коротких рядов показателей, характеризующих сток получить



длинные ряды их с тем, чтобы, исходя уже из них, вести все расчеты, связанные с проблемой гарантийности сооружения и его работы, на более широкой базе.

Получение этой базы считается достижимым, путем использования математической теории вероятности и обработки с ее помощью имеющихся показателей.

Использование приемов биометрики, разработанных *К. Пирсоном* (теория ассиметричных кривых частоты) и поренесение этих приемов в область явлений и процессов гидрологических давно уже стало обычным для американского гидротехнического строительства. Работы *Фостера, Хазена, Гудрича, Сэдлера* и др. уже давно стали орудием американской строительной практики, ибо и американское строительство в свое время, подобно нашему, оказалось лицом к лицу с недостаточностью фактических наблюдений и измерений водного режима тех источников, которые становились объектами технических усилий.

Все эти приемы в общем сводятся к тому, чтобы установить *вероятность появления* определенных величин стока и *вероятность их повторения*. Сложными математическими расчетами или упрощенными графическими методами определяются при этом величины вариантности стока и пределы этой вариантности, распространение во времени определенных величин стока ( $\frac{1}{n}$  времени), „частота“ (повторяемость) известных показателей.

Исходя из этих дедуцированных, в конечном счете, путем экстраполяции величин устанавливаются такие расчетные величины, как объем возможного зарегулирования стока, степень обеспеченности определенных размеров подачи (пропуска) воды, запасы прочности сооружений (в отношении наводков) и т. п.

Данные методы расчетов становятся уже популярными и у нас в Союзе. Назовем хотя бы опубликованную в 1930 году работу инж. *Д. А. Соколовского* „Применение кривых распределения к установлению вероятных колебаний годового стока рек Европейской части СССР“, построенную в основном на теории *Фостера, Менкеля* и *Критского* „Расчет многолетнего регулирования речного стока на основе теории вероятностей“, опубликованную в сборнике ВИСУ, 1932 год, № 4.

Отрицать ценности этого метода расчетов не приходится. Но вместе с тем нельзя не отметить, что новая методика гидрологических расчетов, при всей ее распространенности в Америке и утверждении в СССР, все же окончательно безупречной и, главное, исчерпывающей проблему признана быть не может.

Как бы точно математически не была установлена „вероятность“ определенных гидрологических показателей, все же эта вероятность исходит в большинстве случаев из небольшого количества наблюдений. И чем число последних меньше, тем более неопределенной (при прочих равных условиях) становится и экстраполяция их. Когда же в нашем распоряжении имеются всего 4 или 5 показателей, то ряд подобной длины вообще основанием и для расчетов вероятности служить уже не может.

Но в особенности заставляет себя чувствовать другой момент, крайне важный для гидрологии и для гидротехнического (в особенности ирригационного)



строительства. Все вышеназванные методы определения вероятности *ничего не говорят о вероятности повторения и чередования циклов.*

Исходя из малого количества наблюдений, не захватывающих более широких циклических колебаний геофизических процессов, теория вероятности не может, конечно, ничего сказать о сочетании во времени повторяемости явлений, — в том числе и процессов стока. Между тем и для теории и для практики мало знать, что данная величина стока „гарантируется“ вообще на 95 / времени. Нужно знать и другое, а именно, — как уложатся в цикле лет и остальные 5 / . С экономической точки зрения совершенно не безразлично, улягутся ли эти 5% во времени без перерыва или же они распылятся среди остальных 95 / показателей изолированными точками. Для хозяйства совершенно иную значимость имеют пять лет непрерывного маловодья, или же пять лет недобора воды, случающегося на протяжении вообще 100 лет.

Между тем метеорология уже давно установила наличие „больших циклов“ климатических колебаний (11-ти летние циклы, 35-40 летние „Брюкнеровские“ циклы, циклы вековых колебаний). Следуя этим циклам оформляются и циклы гидрологические, зависящие от колебаний температуры, величины выпадения атмосферных осадков, величины испаряемости и т. п. Уловить их с помощью даже самых уточненных математических приемов при нашем состоянии знаний уже невозможно. Самые длинные ряды экстраполяции в конечном счете могут дать все же только „номограмму“, обусловленную рядом фактически наблюдаемых величин. Гидрологический же ряд, в силу наличия указанной циклическости метеорологических условий, образует собой „историкограмму“, которая могла бы быть сведена к номограмме только при наличии многолетних замеров, которые как раз сами и являются искомыми.

Так что, совершенно не отрицая применения методов теории вероятности для исчислений, устанавливающих предельные значения и общую *амплитуду колебаний величин* стока, все же нужно искать и других методов, позволяющих воссоздать действительную „историкограмму“, на основании которой будет возможно устанавливать уже не только вероятность повторения отдельных показателей (лет), но и их сопряженности между собой во времени (в циклах).

В этом отношении представляют огромный интерес работы американских метеорологов, пытающихся восстановить и действительно восстанавливающих климат прошлого по „показаниям“ (ширине, структуре) годовых колец деревьев.

Уже несколько десятков лет тому назад профессора *Дуглас и Элльсворт* (Ellsvorth), изучая срезы вековых деревьев рода *Segnoid*, констатировали, что ширина годовых колец деревьев вполне определенно коррелирует с метеорологическими условиями года. Дальнейшие исследования в том же направлении выяснили, что, во-первых, эта корреляция распространяется прежде всего не на какой-либо отдельный метеорологический элемент, а на комплекс их, что в особенности важно для гидрологии а во-вторых, что не только ширина годового кольца, но и его внутренняя структура являются здесь очень показательной.

Эти обстоятельства позволяют американским гидрологам и метеорологам на основании изучения среза деревьев реконструировать погодные условия



прошлого. И эта реконструкция особенно ценной оказывается для построения „историкограмм“, т. е. установления больших климатических и гидрологических циклов.

Данный метод реконструкции „климата прошлого“ в американской науке и практике находит себе все более широкое применение. Помимо самой метеорологии им пользуются и история и археология, желающие уяснить причины миграции населения прошлых эпох. Пользуется им и инженерное искусство, занятое разрешением ирригационных и энергетических проблем.

Так в одном из новых сравнительно номеров ирригационных американских журналов („New Reclamation Era“, октябрь 1931 г.) в статье, посвященной строительству водохранилищ, мы читаем: „Благодаря развитию нашего научного познания показателей атмосферных осадков прошлых столетий, поскольку эти показатели „регистрируются“ годовыми кольцами роста деревьев, в настоящее время стало возможным говорить с достаточной степенью точности об осадках каждого года на протяжении времени, уходящего в прошлое более чем на тысячу лет до открытия Америки Колумбом“.

„Мы констатируем этим путем, что циклы маловодных лет, устанавливаемые в настоящее время, имели место и раньше, и что они сопровождались циклами лет многоводных или с нормальным выпадением осадков. Наряду с этим мы устанавливаем и циклы лет засухи более сильной, чем то было известно нам. И подобные циклы могут очевидно повториться и в будущем“.

Когда имеется методика, дающая такой эффект было бы странным не попытаться использовать ее для прогноза погодных и гидрологических условий и у нас. Тем более что данный метод представит собой и оригинальный способ проверки выводов, полученных на основании применения к гидрологическим явлениям теории вероятностей и в частности „учения о распределении“. Экстраполируя на основе имеющихся показателей ряд их не только на будущее, но и в прошлое, мы тем самым получим „замеры наблюдений“ для тех же лет, для которых будут иметься и вышеуказанные показания ботанического характера. Сопоставление этих параллельно идущих рядов не может не оказаться ценным для обоих методов, а тем самым и для результатов их применения.

Учитывая все сказанное можно лишь удивляться, что научная мысль Союза и в частности Узбекистана не попыталась использовать описываемую методику на базе окружающей действительности. Тем более, что все сказанное нами не является чем либо абсолютно новым, и русской научной мысли не известным. Достаточно сказать, что даже в таком элементарном руководстве по метеорологии, как работа *Оболенского* „Основы метеорологии“, приводятся данные об исследованиях *Дугласа* и прилагается даже график одной из „историкограмм“ климата.

Для этого требуется немного. Необходимо найти соответствующие по возрасту деревья, взять и изучить их срезы, увязав кольцевую структуру последних с годами точных метеорологических и гидрологических замеров и наблюдений с тем, чтобы дальше, идя путем корреляционных исчислений, определить (и численно выразить) соответствующую характеристику лет, для которых эти наблюдения отсутствуют.

Реализация этой задачи вполне осуществима. Многолетние „вековые“ деревья в лесах Узбекистана и вообще Средней Азии найдены конечно могут быть.



Ниже в статье С. Г. Заозерского детально указывается, как подобную работу можно было бы поставить.

Нам же хотелось отметить лишь основные цели этого исследования. А важность и значимость его после всего сказанного нами — можно думать — сомнений не возбуждают.

Опыт работы тех же ирригационных организаций Узбекистана за последние годы показал, что без „длинных рядов“ гидрологических, показателей целый комплекс актуальнейших проблем ими с должной точностью и определенностью сейчас не может быть разрешен. Назовем хотя бы такие области их работы, как составление водо-земельных балансов, определение оросительных возможностей отдельных водных потоков, разработка проектов регулирования последних и организации на них водоудержания. Все эти вопросы приходится сейчас часто решать всего при наличии 3, 4, 5, показателей, в то время как минимальное количество точек, определяющих собой конфигурацию соответствующей кривой („кривой продолжительности“, „кривой распределения“) должно, по самым скромным утверждениям (например, *Р. Д. Гудрича*) не падать ниже пятнадцати.

В этих условиях вполне правильны и законны попытки использования возможностей, открываемых „теорией вероятности“. Но было бы странным не использовать наряду с этим и другой возможности — также утвержденной американским опытом, — возможности „реконструкции климата прошлого“. Повторяем, — гидрологические, как и метеорологические явления не просто повторяющиеся процессы геофизического порядка, но вместе с тем и процессы „исторические“. Поэтому выяснение их путем построения „историкограмм“ должно дать не меньшие результаты, чем таковое же с помощью обезличенных „номограмм“.

Указать на эту возможность и наметить пути ее реализации и является целью настоящей заметки.



## К методике ретроспективного выявления климатических условий путем исследования хода роста деревьев.

Отдельные части и органы деревьев расположены в двух различных по свойствам зонах — в почве и в воздухе.

Почвенные условия относительно постоянны: их изменения — как следствие биологических и физических процессов — медленны, постепенны и в годовом ходе оказывают практически неуловимое влияние на рост деревьев.\*)

Несравненно резче отражаются на ходе роста как общие процессы воздушной среды, составляющие климат место произрастания дерева, так и конкретное состояние ее, характеризующее погоду.

Процессы, протекающие в воздушной среде — будем называть их совокупность „климатическими условиями“, не различая климата и погоды — не обрываются у поверхности земли. Они распространяются, хотя быстро затухая, также и вглубь грунта. При порозных почво-грунтах это распространение вытекает из известной условности нижней границы атмосферы (массивные породы мы можем не рассматривать, поскольку они не являются средой, удобной для жизни деревьев).

Таким образом, все дерево в целом, как его воздушные, так и подземные части, испытывают влияние изменчивых климатических условий.

Как общие условия жизни, так и отдельные временные обстоятельства отражаются и, главное, фиксируются в той или иной степени на ходе роста, габитусе и состоянии тканей дерева.

*Это целиком относится и к климатическим условиям.*

Представляется заманчивым, изучая ход роста и состояние дерева, выделить признаки влияния климатических условий и осветить этим путем изменения или колебания климата, а также резкие погодные аномалии, имевшие место за время жизни дерева.

На ходе роста дерева, наиболее выразительно фиксирующемся в годовых кольцах, отражается, как сказано, целый ряд моментов: одни из них угнетают, задерживают рост; другие — улучшают, усиливают его. В соответствии с этим годовые кольца откладываются то широкими, то узкими (по сравнению со средней шириной кольца, отвечающей среднему приросту по диаметру за данный период).

\*) Исключением являются случаи быстрого заболачивания, или иссушения местности, а также случаи надвигания на насаждение подвижных песков.



## 1. Моменты определяющие тек. прирост по диаметру, независимо от условий местности.

1) Ширина годовых колец, при прочих равных условиях, зависит от породы дерева: быстро растущие породы (тополя, ивы, лиственница) — откладывают сравнительно широкие кольца; медленно растущие (пихта, буксус, тисс) — узкие.

2) Текущий прирост по диаметру, т. е. ширина годовых колец, закономерно изменяется с возрастом дерева; ничтожный в самые первые годы жизни дерева, он быстро увеличивается с возрастом, достигает максимума в возрасте, различном для каждой породы, затем падает, оставаясь более или менее постоянным (очень медленно уменьшаясь) и очень малым. Для очень многих древесных и даже кустарниковых пород, нельзя указать предельного возраста. Деревья рода *Sequoia* наблюдались совершенно здоровыми в возрасте 6—7 тысяч лет; 2—1,5 тысячетлетние дубы и чинары (*Platanus*) не представляют исключительной редкости. В государственном Никитском ботаническом саду (близ Ялты) имеется дерево фисташки (*Pistacia mutica*), возраст которого оценивается около 1.500 лет. В Западной Европе по стенам старых замков и соборов имеются 400—500 летние плющи и вьющиеся розы. В горных лесах Узбекистана встречаются экземпляры арчи 600-700 лет (а может быть и более старые).

3) Ход роста деревьев, выросших близ границ их естественных областей распространения или занесенных человеком в районы, сильно отличающиеся от этих областей по своим естественно-историческим условиям (климатическим и почвенно-грунтовым) — может очень значительно отклоняться от хода роста тех же древесных пород, растущих в районах оптимальных условий для данной породы. При этом рост и общее состояние дерева могут ухудшиться как при переносе его в области короткого вегетационного периода и суровых климатических условий, так и в области чрезмерно-длинного и теплого вегетационного периода. Примером может служить обыкновенная сосна (*Pinus Silvestris*) в условиях знойного климата и поливного режима долинных частей Узбекистана. В отношении деревьев, растущих вне областей их сплошного распространения к колебаниям метеорологических факторов может быть совершенно иным, нежели деревьев „местных“.

4. Не все древесные породы имеют ясно выраженные годовые кольца. Так возраст растущих в наших пустынях „*Arthrophytum Haloxylon Litw*“ (солончаковый саксаул) и „*Arthropxitum arborescens Litw*“ (песчаный саксаул) совершенно не может быть определен по „кольцам“. Счет этих „колец“ давал фантастические цифры для возраста саксаулов в 300-400 лет, тогда как действительный возраст оказывался равным всего 12-15 годам. Совершенно такая же картина наблюдается на торцевых срезах древовидных солянок (*Salsola Richteri*, *S. arbuscula*): считая мнимые „годовые кольца“ черкеза (*S. Richteri*), умершего определенный возраст (брались деревья, выращенные в питомнике) я находил, что в год откладывалось до 12-17 „колец“.

У некоторых видов *Calligonum* (кандым), приостанавливающих развитие в период летнего зноя и засухи, наблюдаются двойные кольца.

Эти обстоятельства необходимо иметь ввиду при попытках анализа хода роста пустынной древесной растительности.



## II. Моменты, угнетающие текущий прирост по диаметру.

1. Общая суровость климатических условий, свойственная районам высокогорным и районам северной границы леса.

Рост деревьев угнетен до крайности; они принимают карликовые, сланцевые или кустарниковые формы. Текущий прирост по диаметру березы или ели, выросших за полярным кругом или стелющейся высокогорной сосны иногда выражается 5-6 сантиметрами в столетие. Это же наблюдается и в горах Узбекистана, в зонах выше 3.000 метров. Однако, нужно иметь в виду, что у нас урюк арча — *Juniperus pseudosabina* Fisch. et Mey — имеет стелющуюся форму и при более мягких условиях, когда другие виды арчи образуют высокоствольные деревья. Исследование климатических условий по ходу роста подобных деревьев — дело безнадежное: разница в ширине отдельных колец практически неуловима. Можно только констатировать общую, крайнюю суровость климата места, где выросло дерево, но при условии, если известно, что дерево взято именно из соответственной местности (точно такую же картину крайнего угнетения роста — по годовым кольцам — представляют иногда деревья, выросшие в неподходящих гидрологических условиях, или при недостатке света).

2. Резкие (или менее значительные, но долговременные) отклонения количества годовых осадков в сторону понижения.

Этот фактор хорошо фиксируется уменьшением ширины годовых колец (на растущем дереве длительный недостаток влаги выражается в виде уменьшения, изреживания кроны, в уменьшении числа и размеров листьев, в изменении сроков отдельных фаз развития). Но при ретроспективном установлении засушливых годов или периодов в прошлом, необходимо иметь в виду следующее: а) уменьшение количества осадков резче сказывается на открытых местах, с хорошими условиями поверхностного стока, чем в насаждениях, где и поверхностный сток меньше и свойства лесной почвы, а также живого и мертвого покрова более благоприятны для удержания выпадающих осадков. В силу этого, как общее правило — отдельно стоящие на просторе деревья резче реагируют на колебание суммы осадков, чем растущие в насаждении; б) на молодых деревьях и насаждениях легче констатировать влияние недостатка осадков: как правило, они имеют относительно широкие годовые кольца, по которым легче определить колебания прироста по диаметру. В старости дерево откладывает очень узкие годовые кольца; измерение их ширины становится технически затруднительным, и особенно ненадежным ввиду неравномерной ширины кольца по разным диаметрам; в) недостаток осадков сильнее сказывается на деревьях с поверхностно-расположенной корневой системой, по сравнению с имеющими глубоко уходящие корни; г) очень редко уменьшение осадков сказывается на приросте того же года, когда это уменьшение имело место, или даже в ближайший следующий год. Продолжительность разрыва зависит от многих причин и может достигать нескольких лет 5-6.

3. Значительное понижение общей температуры вегетационного периода.

Влекущее практическое сокращение его. Случай редкий, но по исключенный. Констатировать именно эту причину уменьшения прироста — очень трудно. Но при наличии одного или даже нескольких ненормально узких колец, относящихся к одним и тем же календарным годам на срезках большинства деревьев, взятых на большом про-



странстве (масштаба целых географических районов) — очень вероятен факт ненормально холодного и короткого вегетационного периода. Для проверки необходимо обратиться к другим источникам — запискам, воспоминаниям старожилов и др.

Ненормально суровые зимы или особо выдающиеся морозы не отражаются на приросте; их признаком могут быть морозобоины — важный признак, но другого порядка.

#### 4. Недостаток света.

Фактор очень сильно угнетающий рост дерева. Срезы деревьев, выросших в условиях сильного затенения напоминают срезы полярных или высокогорных деревьев. Однако, констатирование именно недостатка света, а не другой причины угнетенного роста — обычно не представляет затруднений. Во первых, сведения о происхождении исследуемого дерева позволяют сразу отбросить предположение о суровости климатических условий вообще; во вторых, угнетение от недостатка света имеет место — обычно только в молодости дерева и „период угнетения“ резко выделяется в центральной части среза. Деревья, могущие расти всю жизнь в затененном положении, относятся к самым медленно-растущим и долговечным деревьям (тисс, бук) и узкие годовые кольца для них являются нормальными, так что момент угнетения от недостатка света может при их исследовании не приниматься во внимание. Равно может не приниматься во внимание этот фактор и для наших лесных пород — арчи, грецкого ореха, так как их насаждения никогда не достигают, особенно в старом возрасте, высокой полноты.

#### 5. Неблагоприятные гидрологические условия.

(Фактор может быть или постоянным или временно действующим). Особенно угнетающе для ряда пород сказывается заболачивание почвы (сосна, береза). Картина (на срезе) хода роста, например сосны по болоту напоминает ход роста в суровых климатических условиях. Констатирование причины угнетения роста в данном случае не затруднительно, если дано при срезе описание почвенно-грунтовых и гидрологических условий. Деревья, росшие всю жизнь в заболоченных местах (сосна иногда до 250-300 лет) мало пригодны для изучения климатических условий прошлого по ходу роста: постоянное избыточное увлажнение почвы компенсирует колебания суммы осадков, а узкие годовые кольца и технически затрудняют детальный анализ хода роста.

Гораздо интереснее исследование хода роста деревьев, подвергавшихся в течение жизни резкому изменению гидрологических условий (иссушение почвы, заболачивание, затопление). Тогда, по наличию серии узких слоев — свидетельствующих о значительном и продолжительном угнетении роста, можно судить об упомянутых явлениях, имевших место в прошлом. Отделить влияние именно этих причин от влияния других факторов, возможно, изучая почвенно-грунтовые условия места, где взяты образцы, сравнивая их с ходом роста деревьев, выросших в этом же районе, но вне вероятной области действия предполагаемого заболачивания или затопления. Необходимо также учитывать, что к влиянию упомянутых факторов не все древесные породы относятся одинаково. Явления временного заболачивания и затопления или значительного понижения уровня грунтовых вод могут иметь причиную процессы, происходящие в иных климатических районах (например — горах, где



получают основное питание поверхностные и грунтовые воды, составляющие гидрологическую сеть равнинной, или предгорной местности).

(монашенка, походный шелкопряд). Вредители ино-

гда поражают огромные лесные площади и на ряд лет сильно понижают прирост целых лесных массивов.

Выделение именно этой причины уменьшения прироста очень затруднительно. Тем более, что значительное ухудшение состояния деревьев в результате деятельности вредителей влечет за собою и понижение сопротивляемости их другим неблагоприятным факторам: подобные ослабленные насаждения могут отзываться дальнейшим ухудшением роста на сравнительно слабые и безопасные колебания суммы осадков, заморозки и т. п. В результате может получиться совершенно неясная картина. Разобраться в ней можно лишь косвенными соображениями и сопоставлениями. Так — катастрофическое размножение вредителей, охватывающее обширные территории — явление редкое, обычно поражающее современников и поэтому отражающееся в различных документах (мемуары, записки, официальные сведения). Установленный факт необычайного размножения вредителей может сам по себе служить придержкою для суждений о климатически аномальном годе.

6. б) Пожар. Действие поземного или беглого пожара может отразиться на состоянии насаждения и вполне сходно с работою вредителей. Но пожары такого типа не захватывают больших площадей. Исключить их влияние можно обработкой массового материала из сходных по общим природным условиям мест.

### III. Моменты, усиливающие текущий прирост по диаметру.

В большинстве — это факторы, обратные перечисленным выше, как угнетающим рост.

1. Высокая температура и большая продолжительность вегетационного периода. свойственные южным предельным районам распространения данной породы или при искусственном перенесении северных пород в южные местности.

2. Резкие (или менее значительные, но долговременные) отклонения количества годовых осадков в сторону повышения. Все сказанное о влиянии понижения суммы осадков применимо и здесь. Особенно благоприятны для исследования периодические, охватывающие несколько лет (иногда 20-30) колебания суммы осадков. В этих случаях на срезах ясно выступают полосы, составленные попеременно из определенного числа суженных и расширенных колец.

3. Осветление насаждения. Выставление на простор дерева, до тех пор росшего под пологом других деревьев или в сомкнутом насаждении; выход дерева в верхний ярус насаждения — быстро сказываются резким и длительным увеличением текущего прироста и уширением годовых колец. Только старые деревья не отзываются на этот фактор. Возможность такого „осветления“ обязательно должна быть



учтена при анализе хода роста. Фактор „освещения“ может быть практически исключен путем взятия для исследования деревьев, выросших на просторе, или деревьев, росших все время в составе насаждения высокой полноты и относящихся при этом к господствующему классу (по Крафту).

(например — осушение болота). Этот фактор, однако, может не отразиться на старых деревьях и насаждениях.

4. Общее улучшение гидрологических условий местности —

Что касается указанного в перечне неблагоприятных для хода роста моментов пункте 3 „Значительное понижение общей температуры вегетационного периода“ — то обратный случай — значительное повышение температуры, вообще говоря, может оказаться в разнообразных комбинациях с другими факторами, как угнетающими, так и усиливающими ход роста, и выделение действия именно повышенных температур почти безнадёжно.

Однако, в климатических условиях Узбекистана, температура вегетационного периода выше средней, сопровождается, как правило, понижением суммы осадков. Грубо говоря — у нас возможно различать теплые сухие и холодные влажные года. Но повышение или понижение температуры года происходит преимущественно за счет повышения температуры невегетационного периода; так как средняя температура мая-августа остается довольно равномерной.

Из других метеорологических элементов по виду годовых колец иногда есть возможность судить о характере ветрового режима, в котором выросло дерево.

При постоянном преобладании ветров одного какого-либо направления дерево получает так называемый „крен“ в сторону ветра. Крен может не отразиться ни на форме кроны, ни на вертикальном положении ствола, но он обнаруживается на торцевом разрезе резким уширением годовых колец по радиусу, периферический конец которого направлен по ветру обусловившему крен. Благодаря одностороннему уширению годовых колец ствола, характеризующиеся „креном“, бывают эксцентричными — сердцевинные кольца не занимают центра торца, а расположены ближе к наветренному краю.

Ширина годовых колец (тек. прирост по диаметру) не единственный признак, фиксирующий влияние внешних условий на рост дерева. К числу подобных признаков относятся: а) морозобоины — заросшие или открытые трещины ствола. По их наличию возможно, с точностью до одного года, судить о времени суровых морозов. Для появления морозобоин особенно благоприятно открытое состояние деревьев или стояние их на внутренних лесных полянах, которые часто являются „котловинами холода“, хотя изредка морозобоины наблюдаются и на деревьях, растущих в сомкнутом насаждении. Ввиду того, что появление морозобоин сильно зависит от экспозиции места роста дерева, его окружения и возраста — для более или менее уверенного заключения о значительных минимумах температуры совершенно необходимо констатирование морозобоин, относящихся к одному или смежным годам, на значительном количестве деревьев, взятых в одном районе. Исследованиям могут быть подвергнуты лишь морозобоины, не сопровождавшиеся раковыми явлениями или заражением грибами. В этих случаях последующие разрушения древесины исключают возможность определения времени образования морозобоин; б) форма кроны и в) наклон стволов — растущих деревьев слу-



жат хорошими признаками устойчивости ветрового режима в случаях преобладания ветров смежных румбов и при том большой средней скорости\*).

#### IV. Заключение.

Так как на ходе роста, состоянии тканей и габитусе дерева отражается целый ряд взаимно связанных факторов — выделение из этой сложной цепи влияний — влияния климатических условий, требует ознакомления со всею совокупностью условий, в каких находилось дерево в течение его жизни.

Необходимо, во-первых представить ясно, на какие именно вопросы климатических условий прошлого мы можем получить ответ, изучая ход роста деревьев — и, во-вторых, — точно наметить порядок, об'ем и отдельные темы исследования.

Я полагаю бы необходимым, впредь до проверки предлагаемого метода на массовом материале, исходить из следующих положений:

*В отношении осадков* — 1) возможно констатирование периодических отклонений и продолжительность этих периодов; 2) констатирование, в пределах некоторого промежутка времени, резких отклонений (минимумов) в выявление повторяемости этих отклонений

*В отношении температурного режима* — можно надеяться получить данные о наличии суровых зим в прошлом. При условии обработки массового материала, надлежаще выбранного — эти зимы могут быть определены с точностью до года. Во вторую очередь может быть поставлен вопрос отыскания в прошлом ненормально теплых лет.

*В отношении ветра* — можно констатировать по „крену“, а также по габитусу и наклону стволов растущих деревьев, режим решительного преобладания ветров одного направления. Этот фактор, естественно, не связан с осадками и условиями влажности; поэтому могут быть использованы и деревья, растущие по ирригационной с-ти, в пойме реки и т. п.

Основными путями исследования были бы целесообразны следующие:

А. Исследование должно вестись комплексно, в трех направлениях: 1 — изучение хода роста насаждений; 2 — изучение хода роста отдельных деревьев (преимущественно — как корректив к данным, получаемым при исследовании насаждений и, в отдельных случаях, как самостоятельное исследование) 3 — изучение всей совокупности естественно исторических условий местопроизрастания насаждения (или дерева).

В. Как правило, придется изучать в жизни насаждения (или дерева) не отдельные года, а группы лет (условные, или определившиеся при предварительном ознакомлении с ходом роста); например — циклы маловодных или многоводных лет.

В. Должны быть подвергнуты изучению деревья, имевшие различный возраст в определенный момент изучаемого периода времени для исключения, по возможности, влияния возраста дерева.

Г. Наиболее желательным материалом для изучения являются старые де-

\*) Пример: в западной части Ферганской долины, где преобладают в течение всего года (кроме января) сильные западные юго-западные ветры — деревья в тугаях наклонены к востоку, а кроны большинства деревьев имеют флагообразную форму; с другой стороны — в Хорезмском оазисе, где весь год господствуют ветры северных румбов, но в общем слабые — наклон стволов не наблюдается и кроны не деформированы.



ревья, выросшие в насаждении, занимающем защищенное положение с оптимальными для данной породы почвенно-грунтовыми условиями (пример — насаждения резонансовой ели).

Д. Для получения придержек и корреляции совершенно необходимо обработать ход роста насаждений и отдельных деревьев, по возможности молодых и средне-возрастных, в местности хорошо освещенной сетью мет. станций за весь период имеющихся мет. наблюдений.

Исследование не должно быть ограничено только механическим измерением ширины годовых колец, но его обязательно нужно связать с изучением всей совокупности естественно исторической обстановки, в которой росло дерево. Должны быть использованы также все доступные материалы, о климате и погоде данного места в прошлом, отнюдь не ограничиваясь данными метстанций.

Для Средне Азиатских республик п о д о б н ы м и местностями являются: 1. Ак-Ташская горно-культурная лесная дача, в Сайрамских горах, близ Ташкента; в ней регулярные наблюдения над осадками ведутся с 1899 г. 2. Падша Атинская лесная дача, на южных склонах Александровского хребта, открывающихся в Ферганскую долину. Дождемерные наблюдения там имеются за много лет; кроме того, это один из лучших лесных районов, с насаждениями арча, ели, грецкого ореха и лиственных пород.

Необходимо попытаться установить корреляционные соотношения между ходом роста деревьев и стоком бассейна, где эти деревья произрастали.

Сток, подобно ходу роста, отражает колебания метеорологических элементов и при том всего комплекса их. Связь между стоком и метеорологическими факторами особенно отчетлива на бассейнах снегового питания, но выступает также и на ледниковых (поскольку значительно большая часть водосборной площади рек даже чисто ледникового питания расположена ниже снеговой линии)\*).

Для многих районов имеются многолетние наблюдения над стоком, но нет дождемерных (р.р. Зеравшан, Сох); есть и такие бассейны, которые хорошо освещены за 25-30 лет и теми и другими наблюдениями (р. Чирчик).

Является необходимым проанализировать ход роста деревьев в связи с обоими факторами — осадками и стоком.

Такая двойная корреляция, во первых, даст способ проверки всего метода и, во вторых, позволит выразить связь между ходом роста и важнейшим для приращивания моментом — стоком.

## V. Выбор деревьев для анализа.

В отношении выбора деревьев для анализов следует придерживаться следующих положений:

1. Возраст дерева. Здесь нужно различать два случая: Во первых, взятие образцов в районах, хорошо освещенных метеорологическими и дождемерными наблюдениями за длительный период, для получения предварительных увязок и придержек между ходом роста и метеорологическими факторами. В этом случае — возраст дерева не имеет большого значения; хорошо, чтобы он несколько превышал период имеющихся наблюдений (на 10-20 лет); но возможно использовать и более молодые деревья, однако не моложе 25-30 лет.

\*) См. Ольдекоп „Зависимость р. Чирчика от метеорологических факторов“.



Во вторых, взятие образцов для целей собственно ретроспективного анализа климатических условий. В этом случае нужно выбирать возможно старые, наиболее крупные деревья.

2. Породы деревьев. В горных лесах Средне-Азиатских республик выбор древесных пород не слишком велик. Старые, вековые экземпляры можно иметь: арчи (*Juniperus* различные виды), ели (*Picea Sehrenkiana* Fisch et Mey), грецкого ореха (*Juglans fallax* Dode). Довольно старые — лет 120-200 — встречаются: боярка (*Crataegus* — различные виды), каркас (*Celtis australis* L).

Для предварительных исследований, более коротких периодов, хорошо освещенных метнаблюдениями, будут пригодны, кроме перечисленных пород, также клен (преимущественно *Acer monspessulanum* L), в некоторых лесных районах Средней Азии — ясень (несколько видов рода *Fraxinus*; крупные экземпляры бывают столетнего возраста и старше); яблоня, альча.

Для более южных районов — южной Киргизии, Таджикистана, Узбекистана и Туркменистана — для анализов больших периодов будет подходящей только арча и в очень редких случаях — грецкий орех.

Для северной Киргизии и для Казахстана — наряду с ними необходимо будет использовать ель.

Все эти три породы характеризуют совершенно различные почвенные, а главное, климатические условия.

3. Деревья для взятия образцов нужно выбирать по возможности в лесной зоне, в лесонасаждении. Нет необходимости выбирать полные (густые) заросли; можно взять и в редине. Но очень желательно выбрать место, где бы возможно меньше сказывалось присутствие скота и человека. Скот вытаптывает травяной покров; оголяет и уплотняет почву. Человек — калечит деревья. Все это не может не отражаться на ходе их роста; равно и метеорологические факторы различно воздействуют на уплотненную, с вытравленной растительностью почву, чем на целинную лесную. В насаждениях сильно затравленных и расстроенных, воздействие климатических факторов, естественно, затемнено.

Впрочем для очень крупных, очень старых деревьев состояние травяного покрова и вообще верхних почвенных горизонтов можно и не принимать во внимание. Нужно наблюдать лишь, чтобы эти деревья не пользовались исключительным гидрологическим режимом (см п. 4).

4. Так как необходимо, по возможности, устранить все влияния, затемняющие воздействие климатических факторов на ход роста дерева, то выбирать нужно деревья, отнюдь не пользующиеся исключительным гидрологическим режимом (искусственно орошающиеся, растущие вблизи хаузов, родников, в пойме реки).

5. Так как возможность изучения хода роста обуславливается сохранностью древесины, то необходимо выбирать деревья по возможности здоровые. Дуплистые деревья безусловно не годятся. Точно также не годятся деревья, имеющие сердцевинную гниль, или гниль, образующую на торцевом срезе, полное кольцо.

Отдельные пятна гнили могут быть допущены, но при условии, чтобы было возможно выделить участок здоровой древесины от края до края (хотя бы и не по диаметру) через центр. Только у редких по величине и возрасту, и по этому, особенно ценных для анализа деревьев 500-600 лет, можно



довольствоваться одним здоровым участком (сектором) от центра до периферии (см. примерные рисунки).

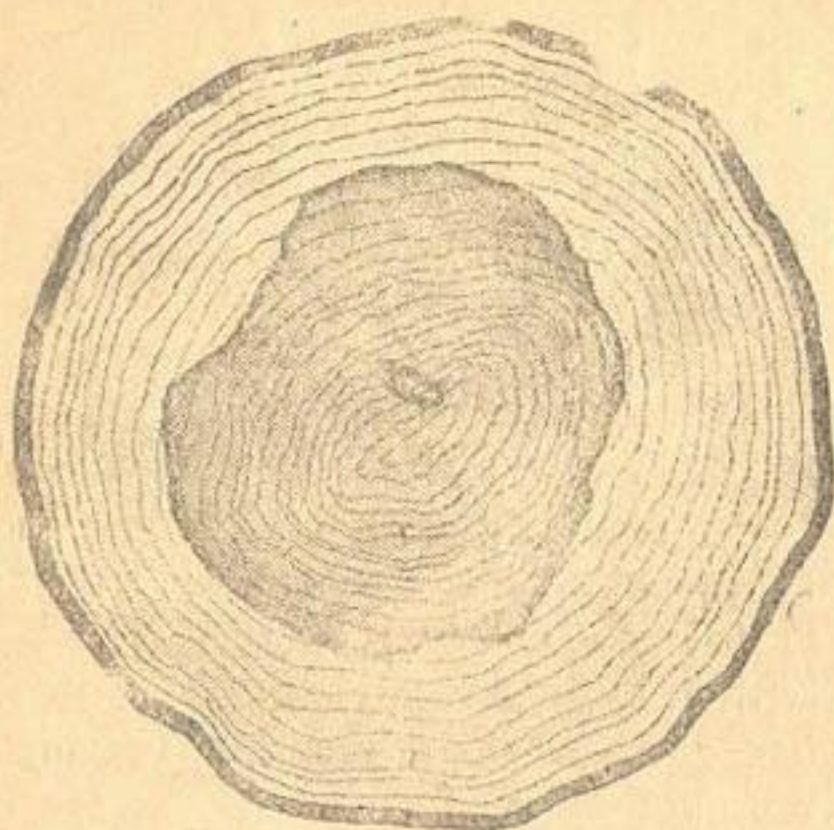


Рис. 1—Сердцевинная гниль (а) (или дупло) поражает центральную часть ствола, уничтожая кольца, отложенные в молодом возрасте, т.е. когда дерево лучше реагирует на колебания метеорологических факторов. Для анализа хода роста образец негоден.

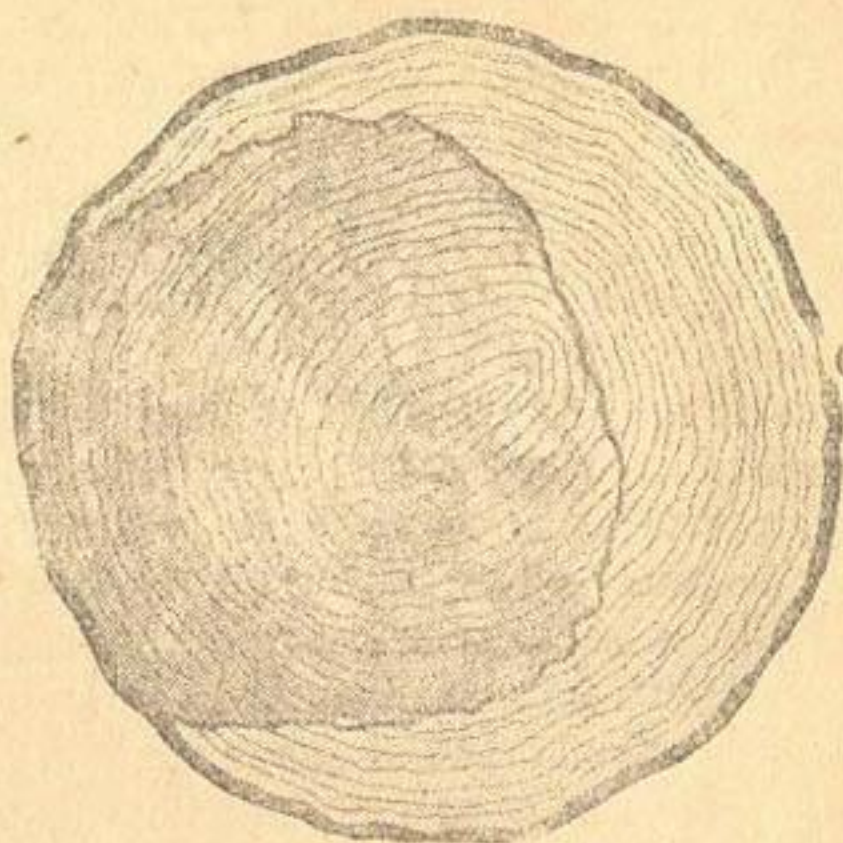


Рис. 2—Сердцевинная гниль (а) поражает более половины площади торцового среза. Измерение годовых колец по разным диаметрам—невозможно, а так как оно необходимо для устранения влияния неравномерной ширины колец, то образец для анализа хода роста—негоден.

У старых деревьев арчи окружность ствола не имеет правильной формы: имеются ребра, глубокие впадины, асимметричность, сердцевинные кольца располагаются не в центре среза, а более или менее сдвинуты к краю.



Рис. 3—Гниль (а) поражает часть торца. Определение возраста дерева возможно полностью; отдельные кольца возможно измерить по разным концам диаметра ствола. Образец годен.

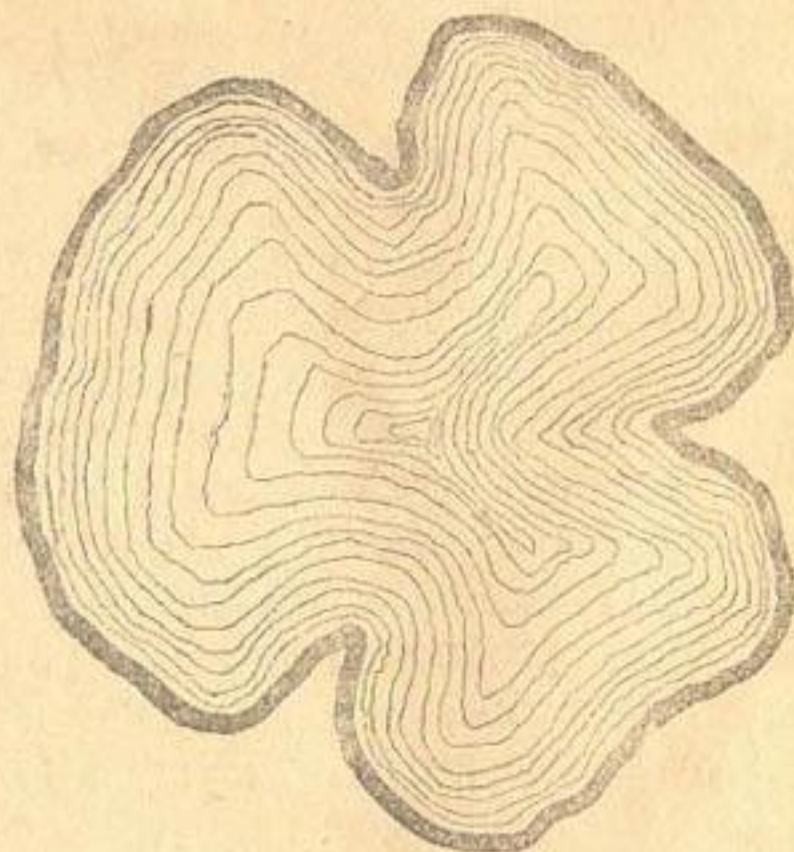


Рис. 4—Неправильный с выростами в виде лепестков торец арчи при отсутствии гнили—образец годен.



В крайних случаях, торцевой срез кажется состоящим как бы из нескольких больших лепестков (см. рисунок).

Это не должно служить поводом к браковке дерева, как образца, если только нет дупла или сильно развитой гнили. Форма торца для нашей цели ни имеет значения: важна сохранность тканей, чтобы было возможно сосчитать и измерить годовые кольца от периферии до сердцевины (центра) ствола.

У грецкого ореха часто у основания ствола развиваются „капы“ — наплывы — иногда охватывающие кольцом весь ствол. Подобные деревья не годятся для взятия образцов; „кап“ совершенно нарушает годовую слоистость.

6. Так как весь смысл исследований — в увязке хода роста с определенными календарными годами, то выбирать деревья можно *только живые*. Образец, вырезанный из сухостойного дерева, как бы здоров и нагляден он ни был, не имеет цены, потому что нет возможности определить начальный год для отсчетов\*).

7. Образцы должны сопровождаться характеристикой лесонасаждения, откуда они взяты, описанием самого дерева и условий местности. Без этого — ценность образцов будет ничтожной, а то и совершенно сведется к нулю.

Если для данной местности имеются описания и планы лесоустройства — их обязательно нужно использовать.

Необходимы следующие, хотя бы краткие, сведения:

а) Название места, где взят образец: урочище, лесная дача, бассейн какой реки.

б) Указать высоту местности над уровнем моря. Можно ограничиться приближением в 100-200 метров. Обязательно указать, откуда получены сведения о высоте местности. Если этих сведений дать невозможно — охарактеризовать место взятия образца относительно русла реки, ближайшего селения, границы лесной дачи („выше“, „ниже“ примерно настолько-то метров) — одним словом, относительно таких признаков, пользуясь которыми можно будет оценить высоту места по картам или планам.

в) Указать направление склона, с которого взят образец, т. е. в какую сторону света обращен склон: на юг, восток, север или запад (могут быть и промежуточные направления). Указание направления склона безусловно необходимо; от этого направления зависит (на одной и той же высоте) продолжительность снегового покрова и, следовательно, степень увлажнения почвы; быстрота ее иссушения, скорость испарения осадков с ее поверхности. Различные склоны обладают существенно различным „микроклиматом“.

г) Кратко охарактеризовать почвенно-грунтовые условия (например: „каштановая почва“, светлозем, каменистая россыпь). Указать — глубокая или мелкая почва. Если имеются отчеты лесоустройства или почвенно-ботанические описания — можно привести их данные.

д) Коротко описать состояние насаждения, откуда взят образец: полное насаждение, редины, старое или молодое, хорошего или плохого роста. Точно

\*). Исследование мертвых деревьев — и даже деревьев из старых построек и археологических находок возможно по американским исследованиям Дугласа — для грешения обратной задачи: точной датировки времени жизни дерева. Однако, уже после того, как будут выявлены на живом материале климатические условия соответствующей эпохи



также характеризовать и взятое дерево. Если имеется лесоустроительный отчет, для описания лесонасаждения следует им воспользоваться.

е) Указать — взятое для пробы дерево росло единично, или в насаждении (хотя бы и в редине). Это указание обязательно.

8. Отрезок для анализа нужно выпиливать по возможности ниже, у шейки корня. Только этот отрезок охватит всю жизнь дерева. Выпиленные выше, в силу выклинивания с высотой более ранних годовых колец, будут характеризовать только более поздние периоды.

Отрезок нужно выпиливать в виде кружка, толщиной 5-7 см.; зарубкой, краской или химическим карандашом нужно отметить северную сторону, так как годовые кольца по странам света имеют неравномерную ширину (особенно в редине или у единично стоящих деревьев).

На отрезке обязательно обозначить химическим карандашом № образца и число, месяц, год его взятия.

9. Число образцов. Чем больше — тем лучше, потому что на большом материале будут исключены случайные, привходящие факторы, влияющие на ход роста дерева и затемняющие влияние метеорологических факторов. Эти привходящие факторы могут зависеть от индивидуальных особенностей строения дерева, от случайностей его личной жизни, от неподдающихся учету условий местопроизрастания.

Однако слишком большой материал сильно затянет кропотливую работу анализа, и кроме того многовековые деревья не так уже часто встречаются в наших горах, чтобы можно было надеяться найти их в большом числе из одинаковых или сходных по природным условиям районов.

Для предварительных анализов более молодых деревьев, выросших в районах, хорошо освещенных метеорологическими и дождемерными наблюдениями, ни в коем случае нельзя ограничиться одним образцом. Нужно взять в одном районе не менее 3 деревьев, растущих в одинаковых условиях, т. е. примерно на одной высоте, обязательно на склонах одного направления; по возможности, с участков, имеющих однородные почвенно-грунтовые условия, и, конечно, одной и той же породы. Кроме того, в одних и тех же участках следует выбрать образцы различных древесных пород. Таким образом, для одного участка для одних и тех же условий будут получены „серии“ отрезков разных древесных пород (арчи, боярки, грецкого ореха и т. п.) и закономерность связи между климатическими факторами и ходом роста выступит особенно рельефно.

---



## Требования предъявляемые механизацией строительных работ к ирригационному проектированию.

Требования, которые предъявляет механизация работ к ирригационному проектированию, являются частью тех требований, которые предъявляет производство работ к проектам инженерных сооружений.

Современная строительная техника характеризуется увеличением удельного веса механизации работ и переходом на индустриальные методы производства строительных работ. По многим причинам ирригационное строительство запаздывает и с механизацией и с индустриализацией своих работ.

Темпы внедрения механизации строительных работ в ирригационное строительство и индустриализация этого строительства зависят от строительных организаций, от их вооруженности механизмами, от их умения организовать строительную индустрию; а наиболее эффективное применение новой техники зависит и от проектировщиков.

Настоящая статья имеет цель показать, что в вопросах механизации и индустриализации ирригационного строительства проектировщикам ирригационных мероприятий принадлежит одна из ответственных и важных задач — *проектированием создать наиболее благоприятные условия для будущего строительства*, — выбрать наиболее рациональные способы производства работ, способствовать внедрению в строительную практику новых достижений науки и новых достижений строительной техники.

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Два вида проектирования механизированных работ | Важным вопросом при проектировании инженерных сооружений и при проектировании проекта производства работ является вопрос: проектировать ли в расчете на имеющийся в наличии парк машин или назначать для каждой работы наиболее пригодные для этой работы машины. Этот вопрос следует разрешить так: |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

В „соображениях о производстве работ“ в основном следует назначать вид и тип машин, наиболее подходящих для данных работ и условий и в виде варианта назначать имеющиеся в наличии машины.

В „проекте производства работ“ (технический проект) всю проектировку вести в расчете на имеющийся в наличии парк машин и на машины, которые могут быть получены к началу работ.



Безусловно необходимо вести проектирование в расчете на наилучшие и на наиболее подходящие для данных условий машины, а иногда даже проектировать усовершенствования в существующие машины.

Ограничиваться в проектах только тем, что имеется в настоящее время под руками — это значит останавливать прогресс техники, это значит закрывать доступ новым усовершенствованным машинам на ирригационные строительства. Проект должен дать заявку на новейшие механизмы.

Итак, можно считать, что мы имеем два вида проектирования механизации работ:

первый — когда мы выбираем и назначаем наиболее пригодный для данных условий механизм;

второй — когда мы проектируем в расчете на имеющийся в наличии парк машин.

Этим определяется: *требования каких машин надо выполнять в проектах*.

Чтобы проектирование вести в указанных направлениях, крайне необходимо, чтобы строительные организации предъявили проектным организациям свои планы предстоящего перевооружения строительной техники и планы использования имеющегося в наличии парка машин.

При проектировании по первому направлению надо иметь в виду, что применение на одном строительстве самых разнообразных способов производства работ и большого разнообразия машин — усложнит в значительной мере организацию работ, усложнит управление работами и, в результате неизбежных простоев машин, удорожит строительство. Иметь на строительстве такое количество видов машин, которое давало бы возможность без особых затруднений приспосабливаться к своеобразным условиям отдельных видов ирригационных работ, приведет к нежелательному многообразию машин. Виды и типы машин должны быть выбраны в расчете на выполнение основной массы работ, и технический проект должен учесть своеобразие конструктивных и производственных особенностей выбранных машин и влияние этих особенностей на конструкцию сооружений и на проекты каналов и найти границы выгодного применения их.

Тут же надо отметить, что требование приспособить проект к производственным возможностям строительной машины не исключает, а наоборот предполагает, что машина выбирается наиболее приспособленная к требованиям проекта и от проектировщика требуется значительно большее, чем это кажется на первый взгляд. Проектировщик должен создать наилучшие условия для работы машины, не ухудшая условий последующей работы самого сооружения, канала.

С другой стороны, многие работы могут быть механизированы только в том случае, если проекты их будут соответствующим образом приспособлены к машинному способу производства. Этот путь искания новых конструктивных форм и новых материалов для механизированного производства сулит большие перспективы строительной технике.

Требования  
механизации  
земляных работ в  
ирригации

Выработка поперечных профилей ирригационных каналов проходила под знаком получения гидравлически и экономически наиболее выгоднейшего сечения канала при ручной постройке их. Переход на механизированные способы производства работ характеризо-



вался тем, что делались попытки орудиями и машинами создать сечения каналов, установленные старой практикой проектирования и строительства. Такие попытки, конечно, не имели успеха. Следует считать, что механизация работ во многих случаях не дает должного эффекта не столько потому, что строители не освоили новую технику, сколько потому, что проектировщики и строители не сумели создать требуемые для работы машин условия.

Механизация земляных работ в ирригации требует „механизированных“ профилей каналов. Установившийся теперь порядок, при котором на строительстве проект приспособляют к механизированному производству, дает безусловные выгоды, но эффект от механизации работ еще повысится, если проект будет составляться в расчете на вполне определенное механизированное производство и с расчетом оправдывать это.

Бороче, проект должен, удовлетворяя требованиям, предъявляемым сельским хозяйством и гидротехникой, создать наилучшие условия для работы машин.

Ниже на нескольких примерах будет показано, как проектировщик может создать нужные условия для работы машин. Наиболее очевидным примером, выявляющим разницу между механизированным и „немеханизированным“ профилем, представляют проекты грунтовых дорог.

*Проектирование полотна автогужевых дорог.* Ирригатору приходится при проектировании и на строительстве иметь дело с грунтовыми дорогами.

Процесс устройства грунтовой дороги и дальнейшее ее содержание полностью может быть механизировано; в этом примере очевидно, что требование механизации должно быть выполнено при проектировании: полотно дороги должно иметь такую форму, чтобы можно было его выполнить дорожно-строительными машинами. На рис. № 1 представлен поперечный профиль

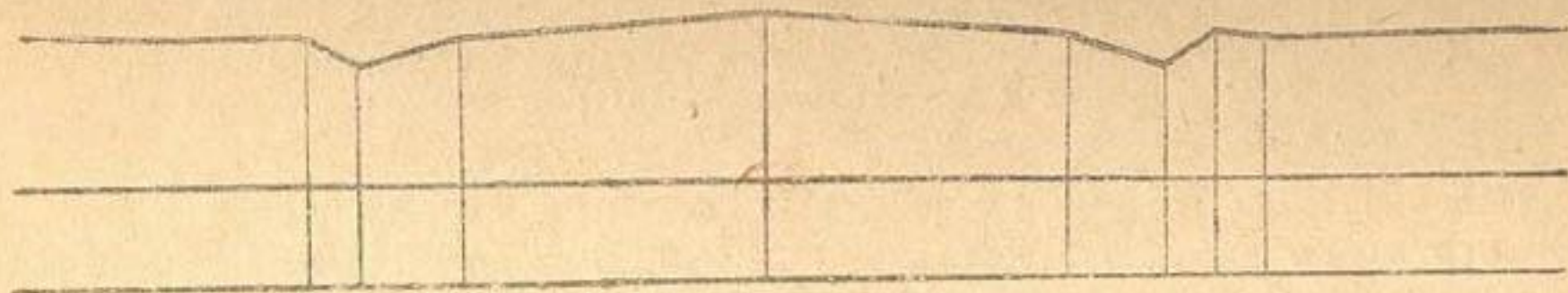


Рис. 1. Поперечный профиль грунтовой дороги с треугольными канавами.

грунтовой дороги с боковыми треугольными канавами при нулевых работах машин.

На рис. 2 представлен поперечный профиль дороги, запроектированный в расчете на ручное производство работ. Очевидно, такой профиль не может быть выполнен железно-дорожным строительным грейдером.

Дорожных машин теперь имеется достаточно, а потому проекты грунтовых дорог следует делать исключительно в расчете на производство работ машинами или, во всяком случае, иметь в виду, что поддержание дороги в исправности будет производиться машинами.

Своеобразный отпечаток на вид профиля дороги (включая и резервы) накладывает грейдер-элеватор, для которого надо запроектировать резервы



по величине равновеликими насыпи и в то же время резервы должны быть заложены на вполне определенных расстояниях от полотна, сообразуясь с типом элеватора.

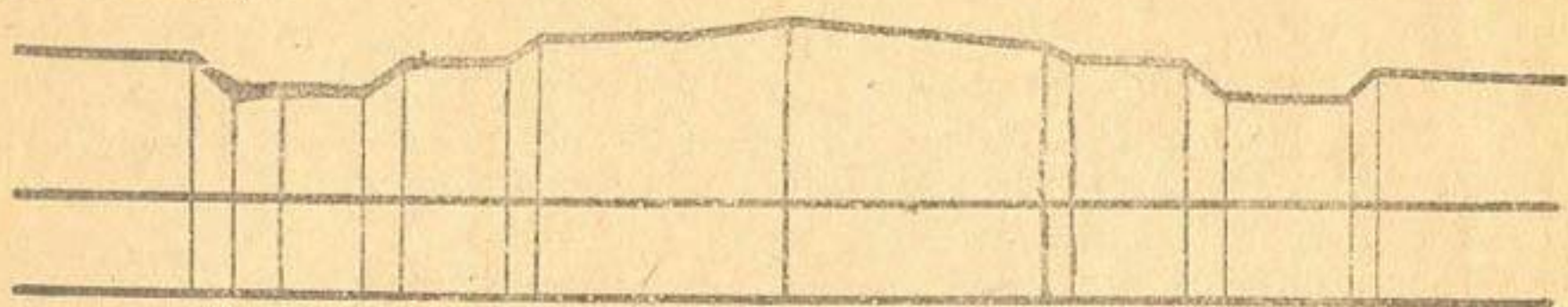


Рис. 2. Обычный профиль дороги.

*Постройка малых и средних каналов.* Канавокопатели могут дать любой формы профиль канала путем ли конструктивных перестроек орудия или же специальным методом работы. Но во всех случаях работа будет производительнее, если поперечное сечение канала, продольный профиль и расположение канала в плане будут отвечать производственным возможностям орудий и машин. Так:

*Канавокопатель „Мартин“* (производство Опежского завода) делает каналы треугольного сечения с откосами больше одиночного—лучше  $1:2\frac{1}{2}$  или  $1:2$ . При проектировании и надо учесть указанную особенность. Вид и раз-

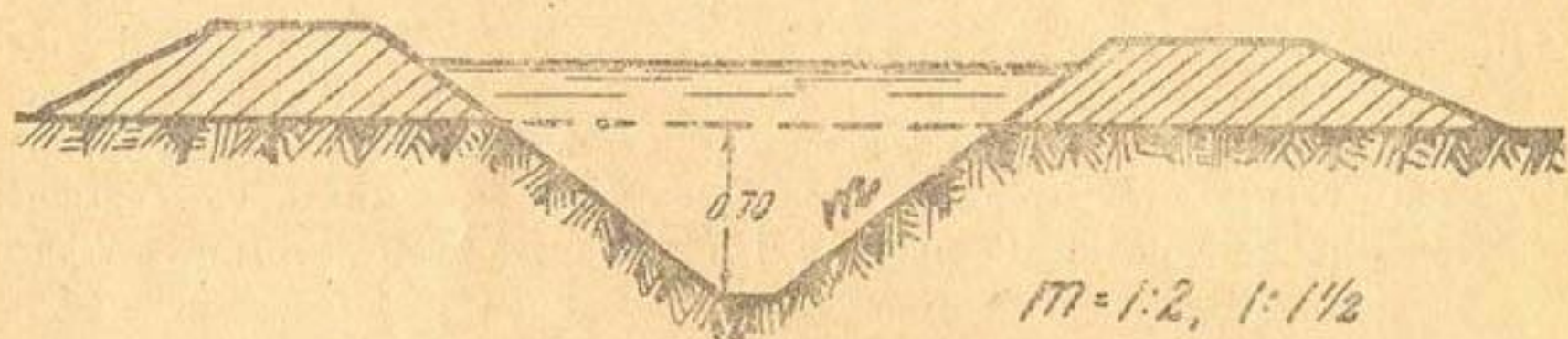


Рис. 3. Профиль канала, выполненный треугольным канавокопателем (схема для гидравлического расчета).

меры дамбочек и резервов, сделанных канавокопателем, имеют свои характерные черты. На рис. № 3 показан характерный профиль канала, который делается „Мartiном“.

*Суданские канавокопатели*, как правило, делают откосы только крутые в пределах от  $1:1\frac{1}{2}$  до одиночного. Если по проекту требуются иные

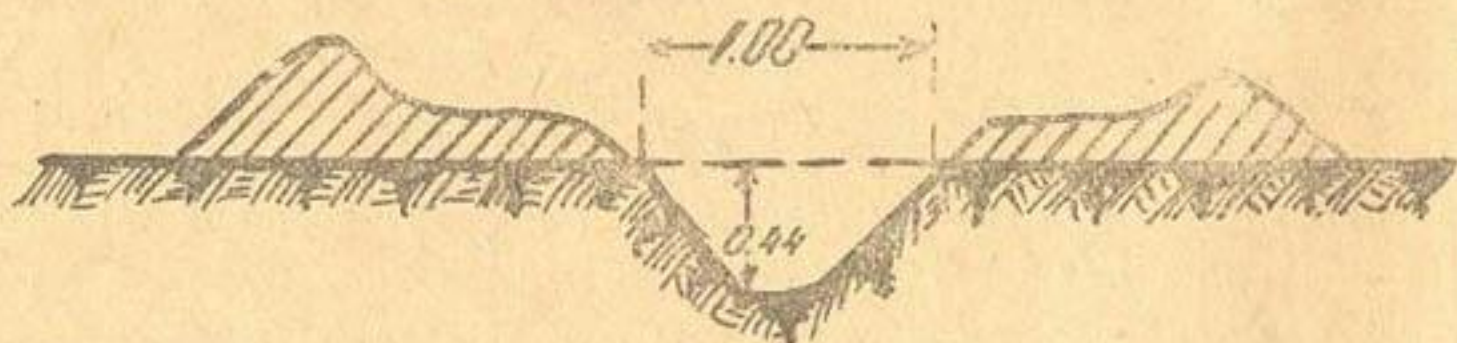


Рис. 4. Профиль канала, выполненный канавокопателем Killefer № 107.

откосы, то это получается проходом других орудий (канавокопатель Мартин), что в значительной мере удорожает производство работ. Канавокопатели с двухсторонним отвалом производительнее работают в случае совпадения уклона



местности с проектным уклоном канала. Характерный профиль для этого типа канавоконателя приведен на рисунке № 4, а общий вид канавоконателя в работе на рис. 8.

Шаблонные экскаваторы тоже имеют ограниченные пределы применения. А для *грейдер-элеватора* особо важно получение поперечного сечения канала, наиболее отвечающего типу машины. Для *грейдер-элеватора* должен быть составлен предзарительный план работы с указанием порядка производства работ, иначе может случиться, что неправильно нача-

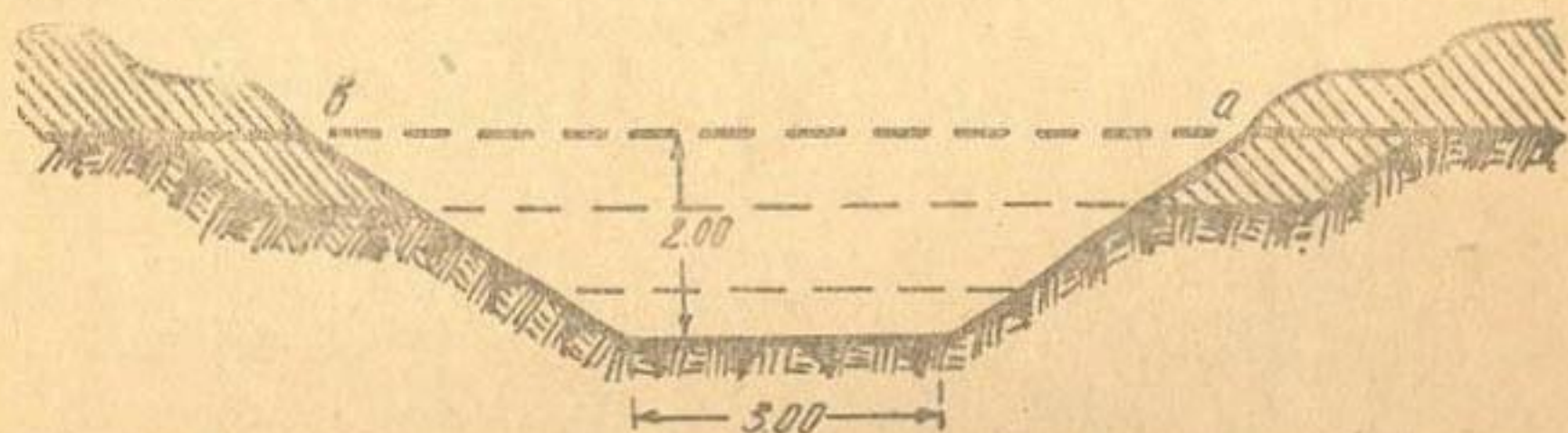


Рис. 5. Поперечный профиль канала, выполненный грейдером-элеватором.

тая разработка верхних слоев не даст довести работу до конца грейдером-элеватором\*). Помощью грейдер-элеватора можно строить каналы и насыпи самых разнообразных видов и типов—от самых малых оросителей и до крупнейших каналов,—но в этих пределах есть профили очень трудные для грейдера и есть профили, которые выполнить грейдером-элеватором почти невозможно. Характерным признаком профилей каналов и насыпей, выполненных грейдером-элеватором, является симметричное расположение всех элементов,—канала, дамбы и резервов относительно оси поперечного сечения и единообразие этих элементов вдоль канала или насыпи на сравнительно больших участках.

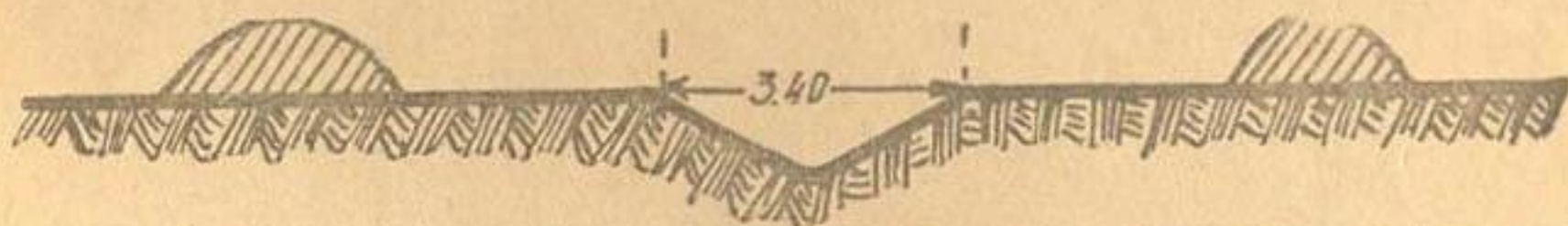


Рис. 6. Миним. профиль канала, выполненный грейдером-элеватором.

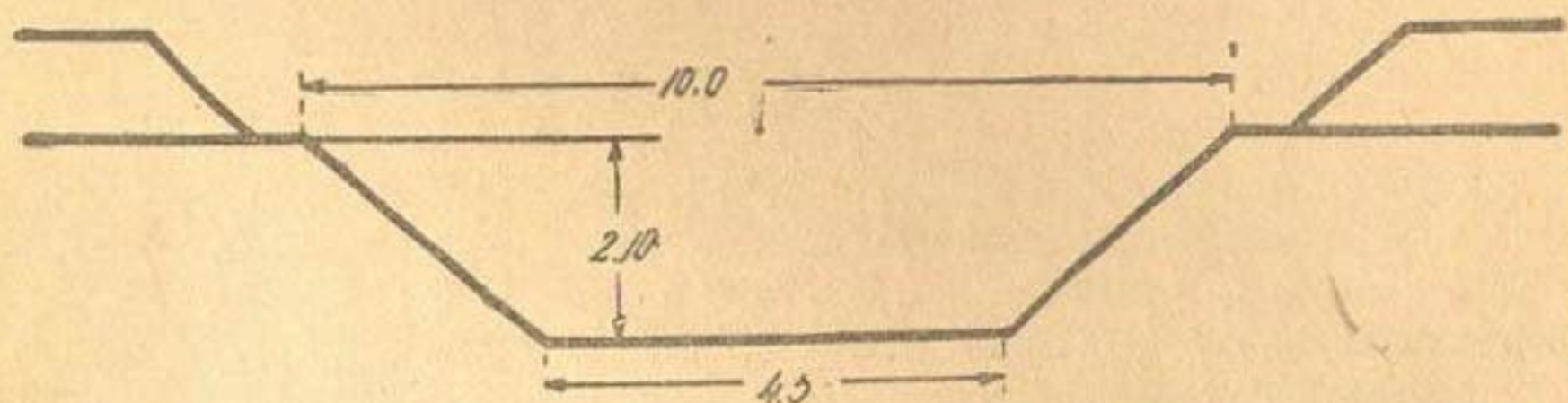


Рис. 7. Максим. профиль канала, выполненный грейдером-элеватором без дополнительной транспортировки грунта.

\*) При постройке канала, представленного на рис. 5, необходимо начинать работу со снятия верхнего слоя до линии а-б.



На рис. 6 представлен наименьших размеров канал, выполненный грейдером-элеватором, а на рис. 7—наибольший канал, выполненный грейдером-элеватором без дополнительной транспортировки грунта.

*Расширение существующих русел; постройка новых каналов экскаваторами; очистка каналов.*

Получить в результате работы экскаватора сечение канала трапециoidalной формы не представляется возможным без серьезных доделок вручную.

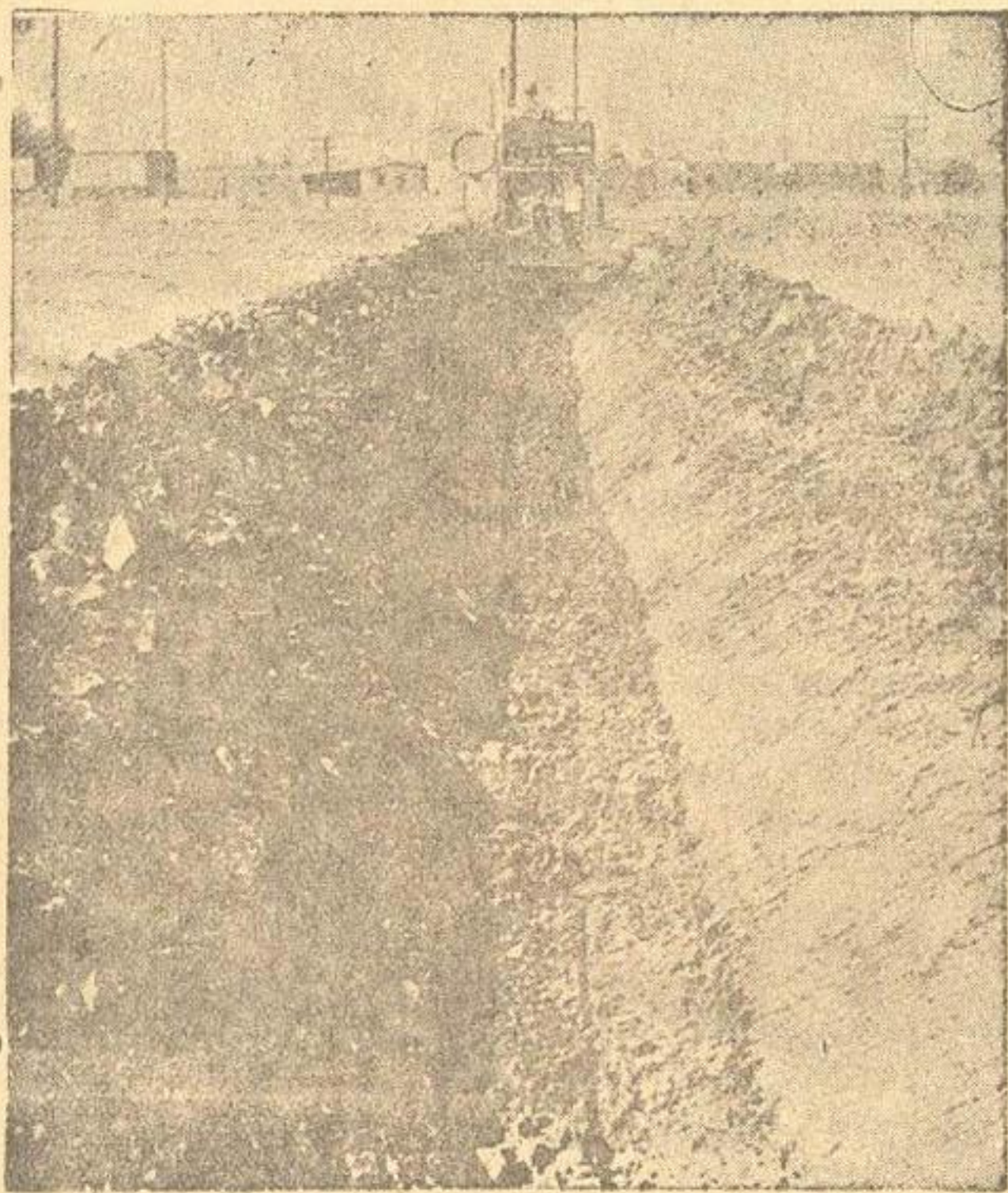


Рис. 8. Суланский канавокопатель.

Для дредгайна наиболее удобной формой русла будет параболическая. Кроме того для этого рода машины представляет трудность получить откосы требуемой шероховатости. Всегда будет проще и выгоднее заменить недобор и планировку некоторым увеличением живого сечения канала. Очевидно, проектирующему канал надо проверить пропускную способность канала при повышенном коэффициенте шероховатости, проверить горизонты. В американской практике планировка откосов делается только в случае последующей бетонировки. Конструктивные размеры снаряда определяют и размер и расположение кавальеров.



Если работа должна производиться многоковшевым экскаватором, то надо проектировать полотно для прохода экскаватора с единообразным превышением отметки полотна над отметкой дна. Наилучшие условия для работы многоковшевых снарядов—ровная местность в однородных и без булыг грунтах.

О продольном профиле для экскаваторных работ следует отметить, что драглайн лучше работает в глубоких выемках, чем на насыпке высоких дамб.

Экскаваторы по типу профилей, которые они могут сделать без серьезных доделок, располагаются в такой ряд:

*Механическая лопата*—может дать трапециoidalное сечение не положе одиночного откоса при достаточных размерах снаряда.

*Самохватные экскаваторы* (грейферы) могут дать параболическое русло (с откосами 1:2) с повышенной шероховатостью и неровностями.

*Канатно-скребковые* экскаваторы дают параболическое очертание руслу или параболическое приближение к трапеции со значительным колебанием коэффициентов откосов; шероховатость русла меньше, чем для самохватов.

*Очистка каналов.* При проектировании заиляющихся каналов (частичное переустройство) необходимо предусмотреть возможность механической очистки их. Надо оставить бровку для прохода снаряда, надо облегчить снаряду проход через искусственные сооружения.

Если предполагается в будущем увеличение размеров канала, необходимо предусмотреть в первоначальном проекте бровку для прохода снаряда.

*Скрепера* предназначены для производства земляных работ, связанных с транспортом грунта на некоторое расстояние (10—500 метров). Применение скреперов на работах, не требующих по техническому проекту перемещения грунта на большие расстояния, трудно оправдать. Невысокие насыпи или неглубокие выемки с пологими откосами—наиболее подходящие объекты для применения скреперов. Как правило, для скреперных работ необходимо предварительное рыхление грунтов.

*Гидромеханизация работ* накладывает свой отпечаток на проект канала, котлована или плотины. Впрочем, последнее признано безусловно и ни у кого не возникает мысли делать намывом плотину по проекту насыпной (уватанной) земляной плотины. Другое дело, когда вопрос касается каналов или котлованов. В этих случаях делают попытки давать заключение о возможности гидромеханизации, рассматривая проекты, выполненные в расчете на иной способ производства работ.

Если и возможно гидравлическим способом разрабатывать каналы, то только в том случае, если проект канала будет составлен специально для такого способа производства работ.

*Доделка вручную.* Получить удовлетворительный профиль канала одним механическим снарядом представляет большие трудности по разным причинам. Во многих случаях в работу надо пускать дополнительные снаряды специально для обделочной работы или работу доделывать вручную.

Надо предупредить огульное назначение ручной доделки в тех случаях, когда на работу назначается машина, не предназначенная специально для проектируемых работ, или когда тип машины (размер) не соответствует условиям работ.

В этих случаях на долю работ вручную остается наиболее трудоемкая работа и в наиболее тяжелых условиях (часто в присутствии воды). Здесь



Бетонные работы Наибольший удельный вес в ирригационном строительстве имеют земляные работы,—этим и объясняется то обстоятельство, что в нашей статье почти исключительно речь идет о механизации земляных работ.

В качестве примера требований механизации других видов работ, рассмотрим проектирование сооружений из литого бетона; кстати, литой бетон дает возможность механизировать строительный процесс наиболее полно. Механизация работ прочих видов бетонов и сборного бетона в том числе, тоже накладывает своеобразный характерный отпечаток на форму, конструкцию и размеры сооружений.

Прежде всего следует отметить одно важное свойство литого бетона — текучесть, благодаря чему получается простое и удобное транспортирование его в рабочей зоне.

Благодаря тому же свойству литого бетона — текучести — удачно разрешаются и производственные задачи: литой бетон легко обрабатывается и легко укладывается в формы, не требуя трамбования. И все это достигается незначительным ухудшением качества работы; впрочем последнее в значительной мере ослабляется принятием соответствующих мер.

Если при разработке проекта выяснилось, что сооружение должно быть выполнено из литого бетона, то необходимо предварительно принять во внимание особые свойства этого материала и связанные с ним способы транспортирования с тем, чтобы его преимущества были использованы полностью.

Механизация работ, — выбранный способ транспортирования бетона, — оказывает влияние на разрезку сооружения. Для того, чтобы можно было связно бетонировать установленные проектом участки сооружения, следует так устанавливать их объемы, чтобы можно было участок забетонировать в рабочий день. Это значит, что при разработке проекта проектировщик должен иметь ясное представление, во первых, о том, будет ли работа производиться только в течении дня, или же непрерывно в течении целой недели будет вестись днем и ночью, и во вторых, он должен иметь представление о том, какая потребуется средняя производительность на работах, т. е. какое потребуется механическое оборудование.

Итак, можно утверждать, что принятый способ работ (механизированных работ) по сооружению гидротехнических сооружений в значительной степени определяет не только вид и размеры деталей сооружения, но и в значительной мере и вид и конструкцию сооружения и надо считать, что технические проекты сооружений пригодны только для одного способа производства работ.

Второе требование механизации бетонных работ — это требование к проекту организации работ: надо составлять проект бетонного завода и проект транспортных устройств для бетона, увязав его с техническим проектом сооружения.

В ирригационном строительстве надо считать трудно разрешимой задачей — это постройку мелких гидротехнических сооружений, разбросанных на большой площади при зловещем бездорожье. Разрешение этой проблемы в значительной мере зависит от разрешения транспортной проблемы.

Так, обычный способ работы с устройством складов материала у сооружения — это приспособление к существующим транспортным условиям, это —



гарантирование работ от транспортных случайностей ценою потерь времени и потерь материала.

Сборные конструкции хорошо разрешают транспортную проблему, решая целый ряд и производственных вопросов.

Не плохо транспортную проблему решает готовый бетон, приготовленный на центральном бетонном заводе и доставленный в специальных грузовиках к месту работ.

Есть еще и четвертое решение проблемы строительства небольших ирригационных сооружений — это работа передвижным бетонным заводом, обслуживаемым рабочими разных специальностей и достаточным транспортным парком с таким расчетом, чтобы не устраивать складов на земле.

Каждый из способов накладывает свой характерный отпечаток на конструкцию сооружений. Особенно резко выделяется второй и четвертый способ. Проект из сборного бетона, конечно, отличается от монолитного. Для производства работ передвижным бетонным заводам нужны такие конструкции, которые давали бы возможность вести бетонировку разноточно без простоев завода.

При работе готовым бетоном конструкция сооружения должна давать возможность укладывать сравнительно большие массы бетона в короткий срок.

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Транспорт и его требования к проектам. | Для решения многих вопросов проектирования инженерных сооружений и проектирования организации производства работ имеет важное значение выяснение состава рабочих операций, из которых складывается то, что мы называем работой. В современном строительстве, использующем хорошо изученные и хорошо разрешенные в технологическом отношении материалы и имеющие надежные формулы для расчета, получает исключительное значение способ перемещения масс строительного материала от места его изготовления к месту укладки, а также перемещение земляных масс из котлованов в кавальеры и перемещения грунта при планировке местности. |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Анализируя строительные рабочие процессы можно заметить, что элемент перемещения масс материалов приобретает особо-важное значение и надо констатировать, что всякий строительный процесс включает в себе элемент перемещения масс в очень большой доле (по количеству затраченного труда), а для некоторых видов работ и материалов разрешение транспортной проблемы — это разрешение судьбы всего строительства в целом.

Для механизированных работ разрешение проблемы механизации транспорта — разрешение механизации строительства.

Вот один из наиболее ярких примеров решения транспортной проблемы.

*Цемент - пушка* удачно разрешает проблему перемещения материала для цементной штукатурки или для бетонной кладки в горизонтальных и в вертикальных направлениях — равнопотошно и без складов в пределах рабочей зоны. Важные рабочие операции — приготовление раствора и укладка его в дело — производится в одно мгновение, в момент вылета материальной струи из сопла.

Ниже будет показано, что разрешение транспортной проблемы имеет исключительно важное значение и для землеройных машин.



*Виды транспорта на строительстве.* В строительном производстве следует различать следующие три вида транспорта: внепостроечный транспорт, внутрипостроечный транспорт, транспорт внутри рабочей зоны — перемещение материалов в момент производства работ.

Идеальным разрешением транспортной строительной проблемы будет создание такого непрерывного потока материалов и полуфабрикатов от места их производства к месту укладки в дело (в сооружение) с минимальным числом разгрузочно-погрузочных работ, без складов и, что особенно важно, обогащения материалов, переработка их, приготовление растворов происходило бы во время движения этих материалов. Во многих случаях для лучшего выполнения последних операций необходимо будет удлинить путь движения материала или замедлить скорость его движения (но не останавливать). Примером такого транспортирования дают бетонные работы, где можно получить непрерывный поток материалов из карьера через обогатители и через бетонный завод в сооружение.

*Перемещение материалов в рабочей зоне* нужно рассматривать, как последний этап транспортирования материала. Если избежать создания склада в рабочей зоне, или рационализировать организацию склада в этой зоне, то тем самым можно значительно повысить производительность. Цемент-пункт, как уже выше указывалось, представляет как раз такое разрешение транспортной проблемы без создания складов в рабочей зоне. При решении транспортной проблемы в строительном производстве могут оказать большую услугу контейнеры; контейнеризация представляет пример совместного решения проблемы внутрипостроечного транспорта и перемещения материалов в рабочей зоне, а иногда контейнер может все три вида транспорта объединить в один рационализированный транспортный поток.

Обычно в проектах организации и производства работ специально изучается и проектируется внепостроечный транспорт (связка с районными и общегосударственными дорогами и перевозками) и внутрипостроечный транспорт. Третий вид транспорта, входящий как составная часть в основную работу, очень часто остается не замеченным или, в лучшем случае, изолированным от внутрипостроечного транспорта, что приводит к организации складов в рабочей зоне. В проекте производства работ обязательно вопрос внутрипостроечного транспорта должен быть разрешен в связи с транспортом в пределах рабочей зоны.

В производстве земляных работ особо важное значение имеет транспорт грунта.

*Все машины для производства земляных работ* отличаются в основном друг от друга по тому, как разрешается в их конструкции вопрос транспортирования срезанного грунта.

При проектировании земляных работ необходимо считаться и с тем, как машина транспортирует грунт.

Канавокопатель Мартин имеет весьма ограниченные транспортные возможности, так как перемещение грунта производит волочением.

Грейдер-элеватор перемещает грунт транспортером на расстояние до 9 метров.

Наиболее удачно транспортирование грунта производят одноковшовые экскаваторы. Экскаватор драглайн приспособлен к подъему грунта с большой глубины и на большую высоту и совершает это с таким же успехом, как и специально подъемные приспособления. Следует здесь отметить, что в зем-



землеройных снарядах сказывается невыгодным соотношение веса тары к весу полезного груза, так как ковш делается большого веса для получения большей прочности, необходимой для разрушения породы.

*Пределы применения скреперов* определяются исключительно транспортабельностью орудий или машин. Так, скрепера волокушные (и ползунковые) имеют сферу действия 40—120 метров, скрепера на колесах — до 400 метров.

Скрепера, по своей конструкции—операции загрузки и разгрузки производят при движении своем, а потому для них имеется и минимальный предел дальности возки. Применение скреперов на работах, которые не требуют перемещений грунта (на расстояние больше 9 метров для волокуш или 15 метров — для тракторных скреперов) нельзя рекомендовать. Применение скреперов в этих случаях может быть оправдано только в том случае, если другие способы производства работ будут дороже или нельзя их применить.

Колесный скрепер, как транспортное приспособление, тоже является неудовлетворительным, так как имеет большой собственный вес по сравнению с весом грунта.

По этой причине и по причине неполного использования мощности трактора, сфера действия скрепера ограничивается 400 метрами (редко 500 метров).

Разрешить наиболее радикально транспортную проблему в землеройных снарядах, в которых орудие копания и захвата грунта является и тарой при перемещении грунта (экскаватора) или вся машина сконструирована так, что она должна и копать и транспортировать грунт, а соединение двух функций в одном орудии делает его менее выгодным в качестве транспортного приспособления, потому с увеличением расстояния возки свыше 500 метров следует переходить к машинам, в которых операции копания и транспортирования отделены. В подтверждение основных положений о транспорте ниже приводится заключение по этому поводу Гипрооргстроя:

„Роль внутрипостроечного транспорта в строительном производстве настолько огромна, что совершенно не соответствует до сих пор распространенному еще взгляду, укоренившемуся со времен урочного положения, которое трактовало транспорт как некое подсобное вспомогательное устройство“. Гипрооргстрой установил содержание транспортных работ в общей сумме производственных расходов (без материалов) 69—76% в зависимости от рода работ; а анализируя работу крупных новостроек, приходит (Гипрооргстрой) к заключению, что транспорт представляет грандиозную проблему, от умелого разрешения которой в большой степени зависит судьба всего строительства.

Пренебрежение проектом производства работ и невнимание к транспорту приводит к таким фактам, имеющим место на строительстве Верхне-Зеравшанского узла.

Удобнее об этом сказать языком отчета о постройке узла:

„Ввиду того, что карьер расположен на значительной (до 60 метров) высоте над тальвегом, осложнялась как заготовка, так и особенно спуск камня к дороге, тем более, что по требованию Техсовета УВХ Ср. Азии надлежало заготовить исключительно крупный камень  $0,40 \times 0,40$  м. в рядах“.

Пли,—из того же отчета:



„Наибольшие трудности состояли в переброске всех материалов и механизмов вниз на пойму, а также и передвижка их по пойме через значительной ширины рукава, менявшие свое расположение в пойме.“

Отсутствие проекта транспортных устройств сделало строителей беспомощными, и они констатировали: что спуск вниз представляет большие трудности, высота в 60 метров — значительная высота, а камни весом в 260 кг. — исключительно (!) крупные камни. Значительно снижает темпы, значительно повышает стоимость работ отсутствие соответствующего условиям работы транспорта. Проекты внутрипостроечного транспорта и транспорта в рабочей зоне должны быть сделаны одновременно с техническим проектом и увязаны с ним. Технический проект плотины не закончен, если нет проекта эстакады для подвоза материалов, если нет подвесной дороги или бремсберга для спуска тяжелых камней вниз. Эстакады, бремсберг и подвесная дорога — это тоже инженерные сооружения, строительство которых может быть осуществлено по заранее и надлежащим образом составленным проектам? Кроме того, указанные транспортные сооружения тесно связаны с конструкцией сооружения, используя его как анкер или как опору и тем влияя на его конструкцию.

*Проектируя сооружение, надо проектировать и транспортные приспособления.*

Освоенную  
заграницей технику  
на ирригационные  
работы  
Средней Азии.

В схематическом проекте и в соображениях о производстве работ необходимо с особой тщательностью рассмотреть вопрос использования на работах новых машин, находя для них наилучшие условия работы.

У нас пока еще не нашли применения такие машины: дренажный или кротовый плуг; шаблонные канавоконатели; грейдер-элеватор; машина Рута, а из экскаваторов — обратная механическая лопата.

Имеющиеся в Средней Азии траншеekonатели (многоковшовые парсонсы) не используются в достаточной мере, видимо, из-за дороговизны закрытого дренажа вообще. При механизации отрывки траншей, обратной засыпки их (бульдозерами) и при промышленном изготовлении дренажных труб, а при подходящих условиях, используя дренажные плуги, мы можем получить иную экономику осушительных работ — может закрытый дренаж оказаться выгоднее открытого, а это, в свою очередь, значительно облегчит хозяйственное освоение участка, облегчит механизацию сельско-хозяйственных работ.

Наиболее трудно подобрать машины для постройки каналов средних размеров. Грейдеры-элеваторы и шаблонные немецкие экскаваторы в этих случаях могут оказать хорошую услугу.

Машина Рута хорошо разрешает вопрос механизации очистки существующих оросительных систем, так как требует небольшую бровку для своего прохода и удаления растительности только с одной стороны канала.

Обратная механическая лопата (механический кетмень) должна найти применение при постройке новых небольших каналов и на очистных работах, работая с бровки канала.

**Заключение.**

Проектирование ирригационных каналов и сооружений с учетом требований, которые предъявляет механизация работ и транспорта, даст значительный экономический эффект, будет содействовать техническому прогрессу строительной техники.



В заключение необходимо еще отметить несколько вопросов, разрешение которых будет содействовать успешному внедрению механизации в ирригационное строительство.

Эти вопросы следующие:

1. Нормы проектирования организации и производства работ.
2. Транспорт тяжелых строительных машин по железной дороге и по грунтовым дорогам.

3. Проектировка новых строительных машин.

4. Положение механизации в системе строительных организаций.

Необходимость в исчерпывающих нормах проектирования организации и производства ирригационных работ ощущается очень остро. Имеющиеся нормы не систематизированы, а иногда и не верны. Установление единообразного порядка проектирования по единым нормам облегчит работу проектировщиков, упорядочит контроль над проектированием и послужит стимулом к дальнейшему улучшению проектировки.

Если догнать технику передовых капиталистических стран и можно, освоив иностранную технику, то перегнать можно только после создания своей строительной техники, отвечающей к тому же социальной сущности советского строительства.

Работать над созданием новых строительных машин должны и в проектно-бюро и в низовых строительных организациях. Необходимо создать консультацию по проектированию строительных машин, необходимо организовать техническую помощь строителям-практикам.

Говоря о транспорте, нельзя обойти молчанием одного вопроса, касающегося внепостроечного транспорта — это о перевозке по железной дороге и по районным безрельсовым дорогам мощных тяжелых строительных машин. Доставка экскаватора на строительство, переброска экскаваторов со строительства на строительство сопряжены с

такими трудностями и с такими потерями времени и денежных средств, что во многих случаях приходится отказываться от механизации.

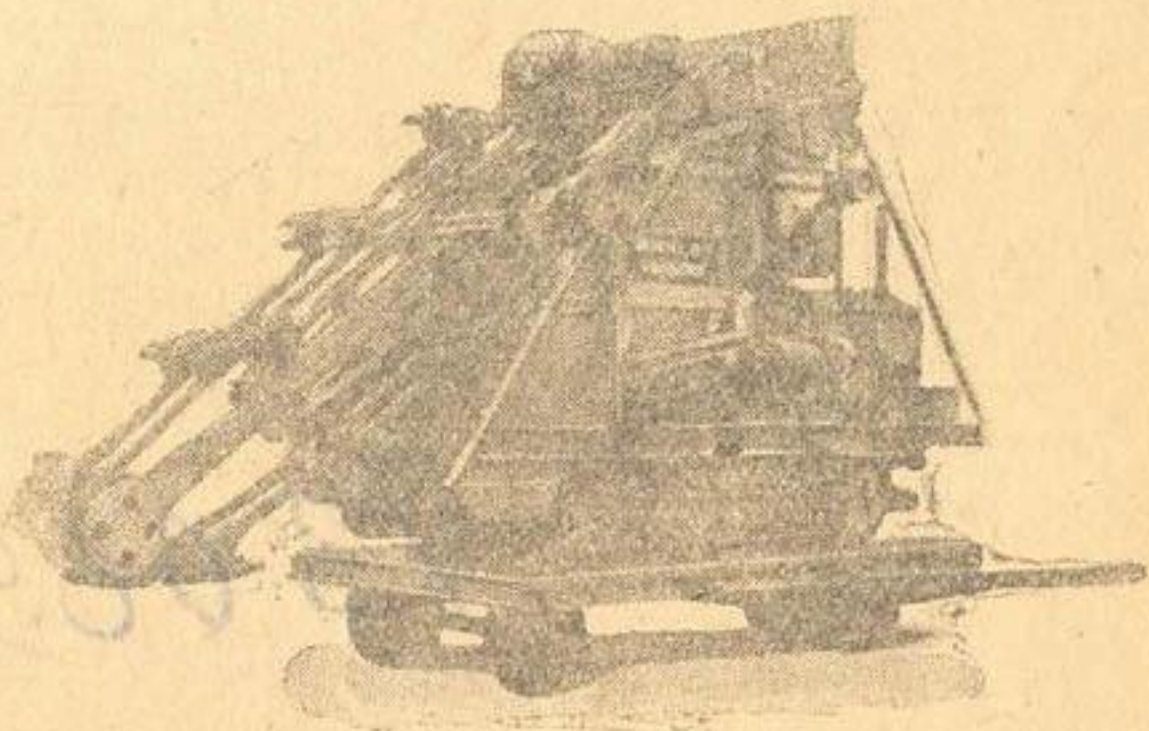


Рис. 10. Перевозка экскаватора по автогужевой дороге.

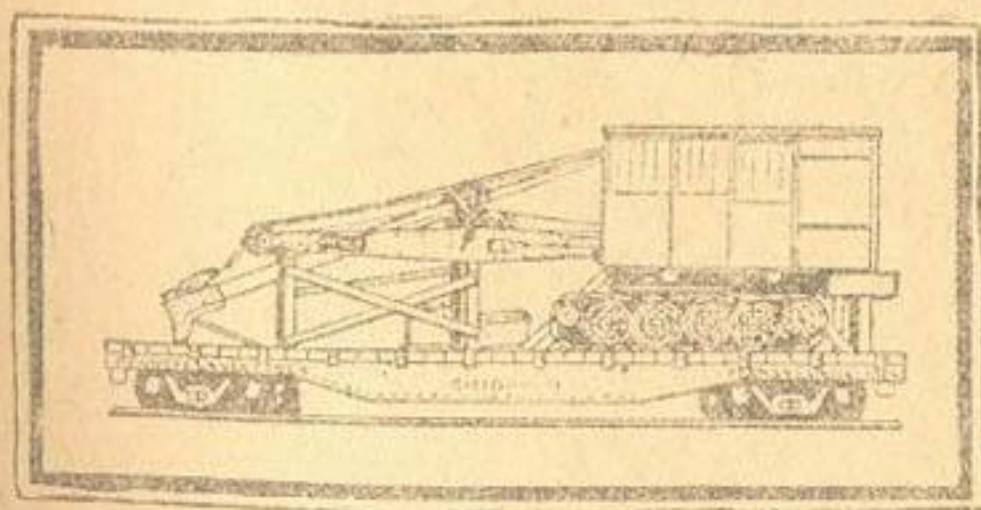


Рис. 11. Перевозка экскаватора по железной дороге.



Так, по калькуляциям строительных организаций переброска экскаватора обходится дороже стоимости нового экскаватора, разгрузка экскаватора с платформ — дороже сборки экскаватора (впрочем, последнее, получается, видимо, из-за отсутствия норм на подобного рода работы).

Чтобы облегчить маневрирование строительных машин необходимо предъявить требование к железной дороге приобрести погрузочно-разгрузочные приспособления для тяжелых грузов или специальные платформы для перевозок машин без разборки. Также и строительства должны иметь специальные, большой грузоподъемности повозки (рис. 10 и 11).

В задачу настоящей статьи не входил вопрос о требованиях механизации к строительным организациям. Один вопрос, который надо поставить теперь в порядок дня — это положение механизации и механизированного транспорта в системе строительных организаций.

Транспорт — основная операция строительного процесса, механизация и индустриализация — стиль работы во второй пятилетке; отделы механизации и механизированного транспорта перерастают в ведущие основные отделы; уже и сейчас можно и нужно говорить о едином строительном производстве, использующем полностью последние достижения техники.

Переходным типом строительной организации должна быть такая организация, в которой имеются „отделы немеханизированных работ“ и „отдел ручной доделки“, а не наоборот.