

362  
№ 1

Январь 1929

Управление Водного Хозяйства Средней Азии.

# ВЕСТНИК ИРРИГАЦИИ

Издательский Отдел И. В. Х.

Ташкент

1929



# ВЕСТНИК ИРРИГАЦИИ

Ежемесячный журнал  
Управления Водного Хозяйства Средней Азии.

№ 1

Январь 1929 г.

7-й ГОД ИЗДАНИЯ



БИБЛИОТЕКА  
Средне-Азиатск. Оп.-Исслед.  
Института Водн. Хозяйства.

№ 3362  
г. Ташкент.

Издательский Отдел Оп.-Исслед. Инет. Водн. Хоз.  
г. ТАШКЕНТ.





## Памяти Г. С. Зайцева.

17-го января в Москве 41 года от роду скончался первый директор и основатель Туркестанской Селекционной станции, Гавриил Семенович Зайцев.

Смерть неожиданно вырвала из среды ср.-азиатских работников полного сил, ценнейшего селекционера Союза и создала трудно восставимую брешь в этой отрасли научно-исследовательской работы.

Г. С. Зайцев родился в Москве в 1887 году в бедной мещанской семье; первоначальное образование получил в Городском училище, затем перешел в Московскую Земледельческую Школу, которую окончил в 1908 году и в 1913 году завершил свое образование в Московском Сел.-Хоз. Институте, ныне Тимирязевской С.-Х. Академии. По окончании Академии, он непрерывно работал по селекции хлопчатника, сначала в Голодно-степской и Наманганской станциях и затем под Ташкентом, в Туркестанской Селекционной станции.

Покойный провел ряд талантливых и высокоценных научных работ по селекции. Им организована Селекционная станция, собрана мировая коллекция хлопчатника и выведен ряд новых сортов хлопчатника,



получивших в настоящее время широкое распространение не только в Ср. Азии, но и в Закавказье, и даже на юге Европейской части Союза. Его перу принадлежит свыше 40 работ по вопросам, связанным, главным образом, с хлопчатником, с его селекцией и физиологией. К сожалению, большая часть работ еще не опубликована. Из опубликованных работ, получивших широкую известность у нас в Союзе и за границей, следует отметить: «Влияние температуры на рост хлопчатника», «Хлопчатник», «К вопросу о новых хлопковых районах» и др.

Г. С. Зайцев имел близкое соприкосновение и со ср.-азиатской ирригацией, принимая активное участие в установлении поливных и оросительных норм под хлопчатник и в разработке планового водопользования.

В ряде траурных заседаний, прошедших в Москве, Ташкенте и других центрах Союза, приняты пожелания:

1. Опубликовать все работы Г. С. Зайцева особым выпуском.
2. Присвоить Туркестанской Селекционной станции имя ее основателя и первого директора.
3. Установить при Ср. Аз. Государств. Университете ряд стипендий имени покойного.
4. ходатайствовать перед Союзным правительством о назначении семье покойного персональной пенсии.

Полностью присоединяясь к этим пожеланиям, редакция «Вестника Ирригации» отмечает прискорбную утрату в рядах средне-азиатских научных деятелей.

*Редакция.*



Г. С. Зайцев.

Директор Туркестанской  
Селекционной станции.

## Орошение хлопчатника на основе его биологических особенностей.

Искусственное орошение является в руках сельского хозяина одним из самых сильных орудий для постановки выращиваемого растения в условия, наиболее благоприятствующие получению от него возможно большего урожая. Так как орошение не только определяет для растения тот или иной *водный* режим, но (что, может быть, важнее) устанавливает в связи с ним и общий режим *питания*, то искусственное орошение, управляемое человеком, дает возможность во многом управлять и самим ходом развития растения. Для того, чтобы сознательно управлять жизнью растения, необходимо знать те изменения в ходе развития растения, какие происходят в нем под действием орошения.

Задачею орошения является увлажнение почвы до пределов полезных для ведения культуры того или иного растения. Так как вода на поле поступает с поверхности, то обычно после орошения увлажнение верхних слоев почвы больше, а более нижних—меньше; через некоторое же время, когда верхние слои почвы просыхают, относительная увлажненность верхних слоев почвы будет меньше, наоборот, нижние слои почвы будут увлажнены относительно больше<sup>1)</sup>. Корневая система хлопчатника, в развитии своих мелких разветвлений, следует за лучшей влажностью (и лучшим притоком воздуха). После посева (которому обычно предшествует орошение) по мере постепенного просыхания верхних слоев почвы развивающиеся корни хлопчатника постепенно отходят в более пониженные слои почвы с более благоприятной влажностью и там сосредоточивают свою работу. Но этот отход вглубь корневая система проводит как бы с боем: ее мелкие разветвления стараются предварительно зайти во все мелкие участки, где можно было бы, хотя временно, задержаться и достать влагу, а с нею и пищу, для отдачи их надземной части растения. В силу этого корни, страдающие от недостатка влаги, стараются как бы преодолеть поставленные им препятствия в работе и для увеличения этой работы развивают более густую сеть разветвлений. Однако, с наступлением большего иссушения почвы за известными пределами работа корней постепенно приостанавливается и они замирают, но стоит только дать новое орошение, которое значительно увлажнит верхние слои почвы, сейчас же здесь начинается и работа по усвоению питательных веществ и развитие новых мелких корневых разветвлений; эта работа и развитие корней с новым последующим усыха-

<sup>1)</sup> Влажность нижних слоев почвы является более постоянной. В особенности значительной будет влажность нижних слоев при непосредственной близости грунтовых вод.



нием почвы опять задерживается или приостанавливается. Соответственно большему или меньшему увлажнению отдельных слоев почвы и развитию в них мелких корневых разветвлений, усваивающих питательные вещества, меняется и самая работа корней в том или ином слое почвы. При определенном понижении (от усыхания) влажности в верхних слоях почвы, работа корней в этих слоях значительно подавляется и потребности растения в питательных веществах и в воде удовлетворяются по преимуществу или исключительно за счет работы корней, находящихся в более лучших условиях влажности в нижних слоях почвы (грунта). Так как нижние слои почвы имеют значительно меньшее количество питательных веществ, по сравнению с верхним пахотным и прилежащим к нему слоем, то в указанном случае значительного понижения влажности верхних слоев приток питательных веществ в надземную часть растения будет также значительно ослаблен и в результате получится ослабленный, сдержанный прирост надземной части растения; наоборот, мы можем видеть очень буйное развитие надземной части растения, если, при помощи увлажнения верхних более питательных слоев почвы, мы в этих слоях сосредоточим основную работу корней. Таким образом, искусственное орошение дает возможность управлять работой корней хлопчатника, а вместе с этим управлять и развитием его надземной части.

Сельский хозяин, имеющий целью получение возможно большего урожая, должен для достижения этой цели направить работу корней (в то или иное время) и соответственно этому установить режим орошения.

В условиях Средней Азии урожай какого-либо сорта хлопчатника определяется его: 1) скороспелостью, 2) крупностью коробочки и 3) плодоношением. Так как все три указанные признака под действием орошения могут изменяться, то необходимо выяснить возможность и размер этих изменений.

*Скороспелость*, определяемая преимущественно временем начала раскрытия первых зрелых коробочек, стоит в полной связи с временем появления первых бутонов и раскрытия первых цветов. Опыты показывают, что ни время появления бутонов, ни время цветения не изменяются от большего или меньшего увлажнения почвы, почему до времени начала цветения хлопчатника хлопковод мог бы провести любое орошение (слабое или сильное), не боясь нарушить нормального времени начала цветения своего хлопкового поля, если бы к этому не встречалось серьезных препятствий с другой стороны (см. ниже).

Так как раскрытие зрелых коробочек частью связано с их усыханием, то орошение, осуществляемое за время от цветения до раскрытия коробочки, в значительной мере изменяет продолжительность времени от цветения до раскрытия для каждой коробочки: недостаток влаги в почве ускоряет раскрытие коробочек и, наоборот, ее избыток задерживает раскрытие; как пример, можно указать, что различие в 1—2 полива за время от цветения до раскрытия коробочек в наших опытах с орошением давало различие в начале их раскрытия для одного и того же сорта около 10 дней; но оно может быть и больше при более прохладной погоде, т. е. возможные изменения скороспелости под влиянием орошения могут значительно превышать различия, существующие между разными сортами. Учитывая это обстоятельство и зная, что более раннее раскрытие хлопчатника ведет к большему накоплению сырца, к первым сборам хлопковод мог бы направить свои действия в сторону возможно большего сокращения орошения за время после начала цветения, если-бы это не приводило к другим уже нежелательным последствиям (см. ниже). Во всяком случае, хлопко-



вод не должен злоупотреблять излишними поливами за время после начала цветения (и особенно после начала раскрытия коробочек), так как задержка в начале раскрытия коробочек влечет за собою передвигу созревания всех образовавшихся коробочек на более прохладное и влажное осеннее время, задерживающее и помимо орошения; созревание коробочек в связи с пониженной температурой. Таким образом, устанавливая тот или иной режим орошения в период цветения—созревания, хлопковод может до некоторой степени управлять ходом раскрытия коробочек.

*Крупность коробочки*, определяемая весом сырца, получающегося от нее, как показывают опыты, изменяется сравнительно незначительно<sup>1)</sup>, если нет слишком резких различий в орошении; поэтому, устанавливая тот или иной режим орошения, хлопковод с этой стороны может в значительной мере быть спокойным.

*Плодоношение хлопчатника* определяется общим числом образовавшихся на растении коробочек. При определенном плодоношении урожай будет зависеть от скороспелости и от той возможности, какая предоставляется хлопчатнику во времени, необходимом для раскрытия коробочек. Можно иметь и очень хорошее плодоношение, но очень плохой урожай, если имеющиеся коробочки не успеют в значительном числе вызреть. При определенной скороспелости урожай хлопчатника будет зависеть от плодоношения: чем меньше будет опадение завязей и чем, следовательно, больше образуется коробочек, тем больше будет и урожай. Так как опадение завязей у хлопчатника связывается, с одной стороны, с недостатком воды в растении и, с другой стороны, с недостатком питательных веществ, то для обеспечения лучшего плодобразования у хлопчатника хлопковод должен поставить свое хлопковое поле во время плодобразования, т. е. во время цветения, в условия, по возможности исключающие у растений недостаток воды и питательных веществ. Надо, однако, иметь в виду, что увеличение опадения завязей может быть вызвано и излишним увлажнением почвы. Недостаток воды в растениях может быть вызван как недостаточным орошением, так и усиленным испарением воды самим растением и слабой подачей ее корнями, что бывает, когда надземная часть растения развита несоразмерно своей несколько ограниченной корневой системы; эта несоразмерность особенно дает себя чувствовать в жаркое летнее время (июль, август), на которое обычно и падает цветение хлопчатника. Недостаток питательных веществ для растений во время цветения может последовать от недостаточного увлажнения в это время пахотного наиболее плодородного слоя почвы, когда, в силу значительной потери влаги этим слоем, в нем прекращается или сильно сокращается работа корней; с другой стороны, даже при полной работе корней в этом слое при достаточном увлажнении может все же последовать ослабление подачи питательных веществ, если еще до начала цветения они были в значительной мере израсходованы. Из сказанного вытекает, что необходимо подготовить хлопчатник ко времени начала цветения и завязывания плодов на меньшее страдание от недостатка влаги, которое может иметь место в связи с жарой и сильным испарением в летние месяцы; до этого же времени необходимо сохранить в запасе те питательные вещества, какие имеются в почве, и держать их наготове, чтобы отдать растению в то время, когда это будет особенно необходимо. Таким образом, первое, что необходимо установить, это то, что время до начала цветения хлопчатника является подготовительным, когда хлопковод свои действия должен направить к тому,

<sup>1)</sup> Для одного и того же сорта.



чтобы хлопчатник развил возможно более разветвленную и углубленную корневую систему, которая в последующее время должна быть использована на более широкое снабжение растения и водой, и питательными веществами. Помимо того, хлопковод должен направить свои действия и в ту сторону, чтобы не дать преждевременно усиленно развиваться надземным частям растения и тем самым преждевременно не истощить питательных веществ, находящихся в верхних горизонтах почвы.

И то, и другое достигается тем, что за время от посева до начала цветения увлажнение хлопкового поля делается, сколько возможно, наименьшим, допуская орошение лишь один раз (в начале образования бутонов или немного позднее). От задержки с орошением в этот период корневая система получает большее развитие и в то же время работа ее в верхних горизонтах ослабляется, почему питательные вещества расходуются лишь частично, а в связи с этим и развитие надземной части ограничивается, но не в ущерб общей стройке растения.

Время от начала цветения до начала созревания необходимо считать наиболее важным, в это время должно быть использовано все, чтобы вызвать наибольший приток питательных веществ в надземную часть растения; это достигается достаточным увлажнением верхних более плодородных слоев почвы; в этот период производится несколько поливов хлопкового поля. Число поливов будет определяться, с одной стороны, количеством воды, даваемой за один раз, а с другой стороны, свойствами почвы и условиями погоды. Чем меньше поливные нормы, тем больше число поливов и тем через меньшие промежутки времени они повторяются; число поливов будет больше при меньшей влагоемкости почвы, а также при более жаркой иссушающей погоде.

Помимо указанного, большее обильное орошение во время цветения требуется для более крупнолистных (крупнокоробочных) сортов хлопчатника, при более грузной листве, теряющих влагу на испарение более сильно и к тому же отличающихся вообще несколько сниженной способностью к хорошему плодоношению.

Для сортов, отличающихся пониженным плодоношением, как, например, крупнокоробочные и особенно длиноволокнистые упланды, особенно строго должна проводиться подготовка, путем выдержки в орошении до цветения, с тем, чтобы дать большую силу притока питательных веществ во время цветения. Необходимо иметь в виду, что лучшее завязывание плодов всегда одновременно сопровождается хорошим приростом надземных частей, поэтому хороший рост, идущий во время цветения, не должен тревожить хлопководов, и сдерживание роста в это время путем задержки орошения применяться не должно, так как иначе можно вызвать значительное опадение завязей, а вместе с этим и уменьшение урожая.

В наших опытах общее плодоношение показывало, в среднем, снижение, в связи с неправильностями в орошении, до 25%. Но это снижение может быть и больше. Снижение плодоношения в той же мере сказывается на урожае сырца. Неправильности орошения, нарушающие питание хлопчатника, вызывают не только падение урожая, но и снижение качества его волокна, т. е. уменьшают длину волокна и понижают его крепость.

Из всего, что было сказано, явствует, что правильное *распределение* поливов по отдельным периодам жизни хлопчатника имеет большое значение для получения хорошего урожая. В соответствии с особенностями и состоянием почвы, погоды, сорта хлопчатника и способа посева



(джояки, разбросной или рядовой посев) изменяется и количество воды, даваемое за один полив, а также меняется и число поливов за время от начала цветения до начала раскрытия коробочек.

В общем, можно считать, что потребность хлопчатника в воде определяется, примерно, около 800 м/м. водяного слоя, поступающего на поле (вместе с дождевыми осадками), т. е.  $\approx$  8.000 куб. метров на гектар. Количество осадков, выпадающее в различных районах Средней Азии, составляет от 150 м/м. (Туркмения) до 350 м/м. (Ташкентский район). Количество оросительной воды, необходимой для хлопкового поля, по разным районам будет колебаться, примерно, от 450 до 650 м/м. или от 4.500 до 6.500 куб. метр. на гектар.

При условии наличия близко-стоящих грунтовых вод, возможна культура хлопчатника при меньших оросительных нормах и даже без орошения <sup>1)</sup>. Средней поливной нормой при поливе по бороздам можно считать 100 м/м., т. е. 1.000 куб. метр. на 1 гектар с колебанием в обе стороны—в сторону увеличения для первых поливов и в сторону уменьшения для последних. Размеры поливных норм зависят от способа посева, состояния почвы, условий погоды и пр.

В связи с этим изменяются поливные, межполивные периоды и число поливов. Нормальные промежутки времени между отдельными поливами во время цветения, в среднем, должны считаться  $\approx$  15—20 дней.

---

<sup>1)</sup> В последнем случае отпадают соображения, выше изложенные.



Е. Замарин.

Сотр. Оп. Иссл. Ин. В. Х.

## Определение коэффициента фильтрации откачкой.

Одним из наиболее простых и надежных приемов определения коэффициента фильтрации в полевой обстановке является прием пробной откачки из колодца или шурфа. По данным откачки коэффициента фильтрации, в случае колодца, доходящего до подстилающего водопроницаемого слоя грунта, находится из формулы

$$Q = \pi \frac{H^2 - h^2}{\ln \frac{R}{r}} k = 1,36 \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{r}} k \dots \dots (1)$$

где  $Q$ —расход воды при откачке из колодца;

$H$ —глубина водоносного слоя от естественного уровня грунтовых вод;

$h$ —глубина воды в колодце;

$R$ —радиус влияния колодца;

$r$ —радиус колодца;

$k$ —коэффициент фильтрации грунта.

При этом предполагается, что грунт однороден по всей толще проницаемого слоя и что поверхность грунтовых вод (до откачки) и подстилающего слоя горизонтальны.

В практике чаще бывает тот случай, когда при значительной мощности проницаемого слоя грунта не представляется возможным опустить пробный колодец на всю глубину  $H$ ; в таком колодце, принимающем воду и через дно и через стенки, расход определяется по формуле проф. Ф. Форхгаймера:

$$\frac{q}{Q} = \sqrt{\frac{2h-t}{h}} \cdot \sqrt{\frac{t+0,5r}{h}} \dots \dots (2)$$

где  $q$ —расход пробного колодца, не доходящего до подстилающего слоя;

$t$ —глубина воды в таком колодце;

$r$ —его радиус;

$h$ —расстояние от уровня воды в колодце до подстилающего слоя;

$Q$ —расход колодца, опущенного до подстилающего слоя и имеющего то же понижение горизонта грунтовых вод  $S$ , как и для предыдущего колодца, и те же величины  $R$  и  $r$ .

Объединяя формулы (1)—(2) для расхода  $q$  «неполного» колодца, можно написать

$$q = 1,36 \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{r}} k^4 \sqrt{\frac{2h-t}{h}} \sqrt{\frac{t+0,5r}{h}} \dots \dots (3)$$



Обычно по этой формуле, зная из данных откачки  $q, R, r, t, s, H, h = H - s$  и находят коэффициент фильтрации  $k$ .

Однако, такое применение формулы Форхгаймера совершенно неправильно. В самом деле, заменяя неполный (не соизмеренный) колодец с расходом  $q$  полным (совершенным) колодцем с расходом  $Q$ , нельзя и в том и в другом случае рассматривать всю глубину проницаемого слоя, как активно действующую (т. е. питающую колодец).

Влияние откачки на область грунтовой воды, распространяясь вниз от дна колодца, быстро затухает и при значительных глубинах  $H$  не доходит до подстилающего слоя.

Паркер указывает величину распространения влияния откачки на область грунтовой воды равной около полуторной глубины колодца, т. е. считает активную глубину грунта, питающую колодец, около  $1,5(s+t)$ . Такое предложение, уточняющее вопрос определения коэффициента фильтрации, все же еще недостаточно, так как, несомненно, глубина активной зоны области грунтовых вод зависит не только от глубины откачки  $s$  и глубины воды в колодце  $t$ , но и от соотношения этих величин между собою.

Необходимое уточнение может быть получено применением второй формулы проф. Ф. Форхгаймера, устанавливающей, на основании подробных опытов, следующую зависимость между высотой горизонтов в неглубоких (неполных) колодцах и высотой горизонтов в полных колодцах, при условии одинакового забора воды как из тех, так и из других колодцев

$$\frac{H^2 - H_0^2}{H^2 - h^2} = \sqrt{\frac{2h - T}{h}} \sqrt{\frac{T}{h}} \dots \dots \dots (4)$$

Здесь  $T$ —расстояние от горизонта воды в полном колодце до дна неполного колодца;

$h$ —расстояние от горизонта воды в неполном колодце до горизонта активного слоя грунтовой воды  $O-O$  (см. рис.);

$H$ —полная глубина активного слоя;

$H_0$ —глубина воды в полном колодце (до активного слоя) эквивалентного по дебиту неполному колодцу.

При этом считаются одинаковыми для обоих колодцев их радиусы  $r$  и радиусы влияния  $R$ .

Очевидно, ур-ние (3) также даст правильный ответ, если в нем глубину  $H$  рассматривать, как глубину активного слоя грунтовой воды, а не как глубину всего водопроницаемого слоя грунта (т. е. до подстилающего слоя  $O_1O_1$ ).

Следовательно, для определения коэффициента фильтрации по данным пробной откачки из неполного колодца, необходимо совместно решить ур-ния 1, 2 и 4; так как решение этих ур-ний довольно затруднительно, то проще решение их вести подбором, задаваясь величиной  $H$ .

Задаваясь величиной  $H$  по ур. 1—2, находят величину  $k_1$  и строят кривую  $k_1 = f(H)$ , по крайней мере, вследствие большой кривизны линии  $k_1 = f(H)$ , по трем точкам (т. е. для трех значений  $H$ ).

Для тех же значений из ур-ния (4) подбором находят  $T$  и далее по ур-ниям (1) и (4) находят  $k_2$ , строя потом  $k_2 = F(H)$ ; очевидно, пересечение кривых  $k_1$  и  $k_2$  даст нужный ответ, т. е. величину  $k$  (и глубину активной зоны  $H$ ).

Описанный прием определения коэффициента фильтрации очень сложен, требует значительного подсчета, вычерчивания двух кривых; в це-



лях облегчения его, построена номограмма, позволяющая скорее (хотя и менее точно) находить коэффициент фильтрации  $k$ .

Из предыдущих ур-ний возможно получить следующие два

$$\frac{H^2 - H_0^2}{H^2 - h^2} = \sqrt{\frac{2h - t}{h}} \sqrt{\frac{t + 0,5r}{h}} = \sqrt{\frac{2h - T}{h}} \sqrt{\frac{T}{h}} \quad \dots (5)$$

Разделяя все члены этих ур-ний на  $h$  и вводя обозначения

$$H:h = B, \quad H_0:h = C, \quad t:h = z, \quad r:2h = u, \quad T:h = A$$

получаем

$$\frac{B^2 - C^2}{B^2 - 1} = \sqrt{2 - z} \sqrt{z + u} = \sqrt{2 - A} \sqrt{A} \quad \dots (6)$$

Последнее ур-ние номографировано на приводимой ниже номограмме.

Подбор по ур-ниям (1—4) заменяется подбором по ур. (6), который выполняется следующим образом: задаваясь величиной  $h$ , подсчитывают  $z = t:h$  и  $u = r:2h$ ; проводя на номограмме прямую через полученные точки  $z$  и  $u$ , находят на правой шкале величину  $A$ .

Далее, для принятой  $h$  находят  $C$  и  $B$ ; так как  $H_0 = h + T - t$  и  $H = h + s$ , то  $C = 1 + A - z$  и  $B = 1 + \frac{s}{h}$  ( $s$ —известна из условий откачки).

Проводя горизонталь через левую шкалу  $A$ , по полученной величине  $A$ , и вертикаль через  $B$ , в пересечении должны получить точку, лежащую на помеченной линии  $C$ , с отметкой равной выше подсчитанной  $C = 1 + A - z$ .

Если отметка линии  $C$  не совпадает с подсчитанной, то это указывает на неудачность выбора значения  $h$ ; следует задаться другим значением  $h$  и снова проверить выбор по номограмме <sup>1)</sup>.

Получив по некоторому выбранному значению совпадение отметки линии  $C$  с подсчетами, проводят горизонталь через  $A$  до левой шкалы  $D$ ,

$$\text{где получают отсчет } D = \sqrt{A} \sqrt{2 - A} = \sqrt{\frac{2h - T}{h}} \sqrt{\frac{T}{h}}.$$

Коэффициент фильтрации находят из формулы

$$k = \frac{q \lg \frac{R}{r}}{1,36 \times D(H^2 - h^2)} \quad \dots (7)$$

В виду высокой степени номографированных ур-ний, полезно величину  $k$  проверить по формулам (1—4), пользуясь полученными из номограмм числами и несколько уточнив их значение.

Рассмотрим применение номограмм на примерах.

1-й пример. Имеем следующие данные откачки:

$$q = 0,01 \text{ куб. м./сек.}; R = 200 \text{ мтр.}; r = 1 \text{ мтр.}$$

$t = 1 \text{ мтр.}; s = 2 \text{ мтр.};$  глубина проницаемого слоя от естественного горизонта грунтовой воды  $\eta = 30 \text{ метров.}$

<sup>1)</sup> Сравнение можно вести и по другой переменной, напр. по  $B$ , что и сделано ниже в примерах.



## 1-й подбор.

Задаемся  $h = 4$  м., подсчитываем

$$z = \frac{t}{h} = 0,25$$

$$u = \frac{r}{2h} = 0,125$$

Проводя на номограмме прямую через  $z = 0,25$  и  $u = 0,125$ , получаем

$$A = 0,39$$

$$C = 1 + A - z = 1,14$$

$$H = h + s = 6$$

$$B = \frac{H}{h} = 1,5.$$

По номограмме  $B = 1,43$ , т. е. не совпало с вычисленным  $B = 1,5$ ; следовательно, взятое  $h$  велико.

## 2-й подбор.

Задаемся  $h = 3$  м., подсчитываем

$$z = \frac{t}{h} = 0,33$$

$$u = \frac{r}{2h} = 0,17$$

$$A = 0,53 \text{ (по номограмме)}$$

$$C = 1,17$$

$$H = 5$$

$$B = 1,67$$

По номограмме  $B = 1,8$ , следовательно, взятое  $h$  мало.

## 3-й подбор.

$$h = 3,1 \text{ м.}, z = 0,32, u = 0,16.$$

$$A = 0,505 \approx 0,5.$$

$$C = 1,18; B = 1,64 \text{ (вычисленное как } H : h).$$

$$B = 1,68 \text{ (по номограмме).}$$

Полученные  $B$ ,  $B$  близки между собой; на этом можно будет остановиться, уточнив в дальнейшем величины  $h$  и  $T$ .

Так как по третьему подбору величина  $h$  все же несколько меньше требуемой, то для определения коэффициента фильтрации принимаем  $h = 3,15$  м. и  $A = 0,50$ ;

$$\text{тогда } z = 0,317, u = 0,159$$

$$H_0 = 1,183; h = 3,73 \text{ м.}; H = 5,15 \text{ м.}$$

Коэффициент фильтрации по 1-й и 4-й формулам при  $\lg \frac{R}{r} = 2,30$  и  $q = 10$  лит./ск. будет равен

$$k_1 = \frac{10 \times 2,30}{1,36 (5,15^2 - 3,73^2)} = 1,34 \text{ мм./ск.}$$

Коэффициент фильтрации по 1-й и 2-й формулам:

$$D = \sqrt{(z + u)} \sqrt{2 - z} = 0,785.$$

По левой шкале номограммы на горизонтали

$A = 0,5$ , имеем  $D = 0,79$  (что близко к вычисленному выше)

$$k_2 = \frac{10 \times 2,30}{1,36 \times 0,785 (5,15^2 - 3,15^2)} = 1,30 \text{ мм./ск.} \approx 1,34.$$



Интересно сопоставить величину коэффициента фильтрации, обычно получаемого по 3-й формуле без учета глубины активной зоны грунтовых вод, т. е. при  $H = 30$  м.  $h = 28 = H - s$

$$k = \frac{10 \times 2,3}{1,36 (30^2 - 28^2)} \sqrt[4]{2 - \frac{1}{28}} \sqrt[2]{\frac{1}{28} + \frac{1}{56}} = 0,53 \text{ мм./ск.}$$

Таким образом, неучет активной зоны дает величину коэффициента фильтрации преуменьшенной в  $2^{1/2}$  раза против действительной.

В рассмотренном примере глубина активной зоны  $H = 5,15$  м. равна 1,7 глубинам колодца, т. е.  $H = 1,7 (t + s)$ .

2-й пример. Дано:  $s = 1,0$  м.,  $t = 0,5$  м.,  $r = 0,4$  м.

$$q = 0,015 \text{ куб. м./ск.}; R = 110 \text{ м.}$$

Глубина от [горизонта грунтовых вод до подстилающего слоя равна 40 метрам.

Задаемся  $h = 1,3$  м.;  $z = \frac{t}{h} = 0,384$ ;  $u = \frac{r}{2h} = 0,154$ ; находим по номограмме  $A \approx 0,56$

$$C = 1 + A - z = 1,176; B = 1 + \frac{s}{h} = 1,77.$$

По номограмме при  $C = 1,176$  и  $A = 0,56$  получаем  $B = 1,76$ , что близко по подсчитанной выше.

Подсчитываем

$$D = \sqrt{A \sqrt{2-A}} = 0,820$$

$$D = \sqrt{(z + u) \sqrt{2-z}} = 0,826 \approx 0,820,$$

в среднем  $D = 0,823$ .

Находим

$$\frac{q \lg \frac{R}{r}}{1,36} = \frac{15 \times 2,44}{1,36} = 2,69$$

$$H_0 = 1,176 \times 1,3 = 1,53 \text{ м.}$$

$$H = 1 + 1,3 = 2,3 \text{ м.}$$

$$h = 1,3 \text{ м.}$$

Коэффициент фильтрации по 1-й формулам:

$$k_1 = \frac{2,69}{2,3^2 - 1,53^2} = \frac{2,69}{2,95} = 0,91 \text{ мм./ск.}$$

Коэффициент фильтрации по формулам 1-й и 2-й:

$$k_2 = \frac{2,69}{0,823 \times (2,3^2 - 1,3^2)} = \frac{2,69}{0,823 \times 3,6} = 0,91 \text{ мм./ск.}$$

Коэффициент фильтрации по формуле 3-й без учета активной зоны при  $H = 40$  м. и  $h = 39$  м.

$$k = \frac{2,69}{(40^2 - 39^2)} \sqrt[4]{2 - \frac{0,5}{39}} \sqrt[2]{\frac{0,5+0,2}{39}} = \frac{2,69}{79 \times 0,158} = 0,215 \text{ мм./ск.}$$



Таким образом, неучет активной зоны преуменьшает значение коэффициента фильтрации в  $\sim 4$  раза.

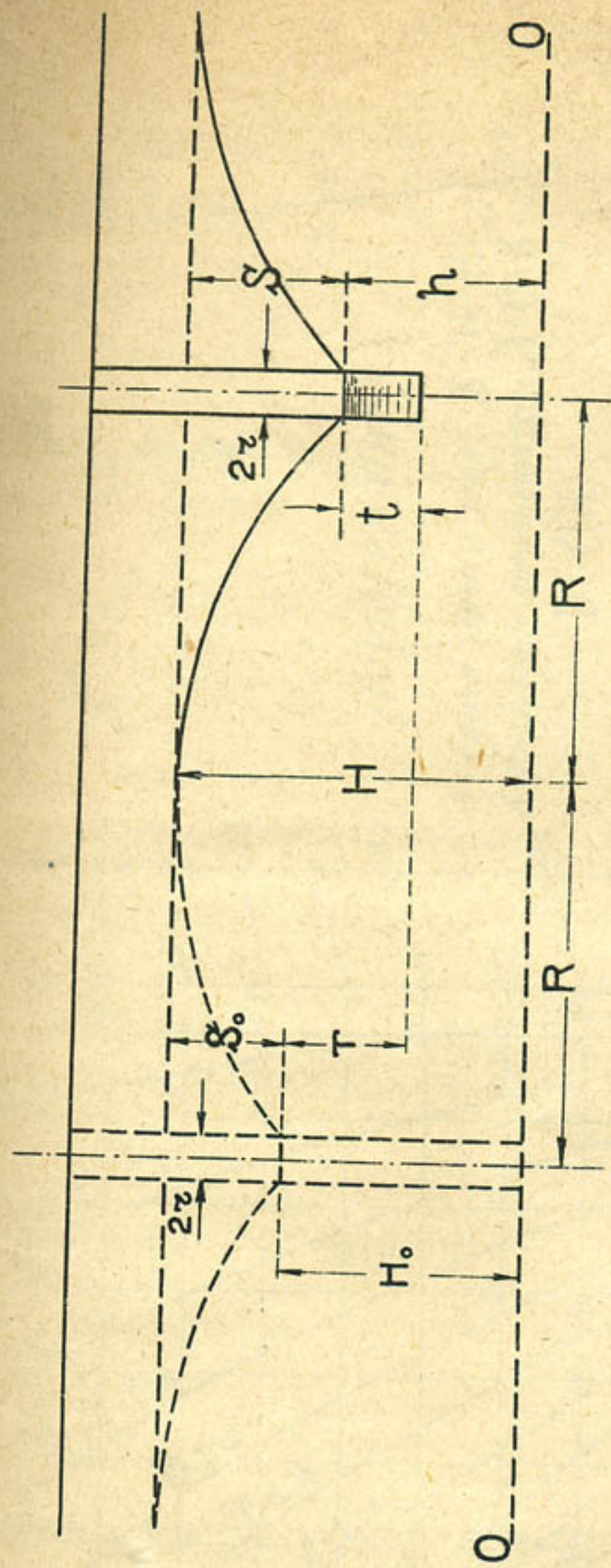
Глубина активной зоны во 2-м примере получилась равной 1,53 ( $t + s$ ) = 2, 3 м.

\* \* \*

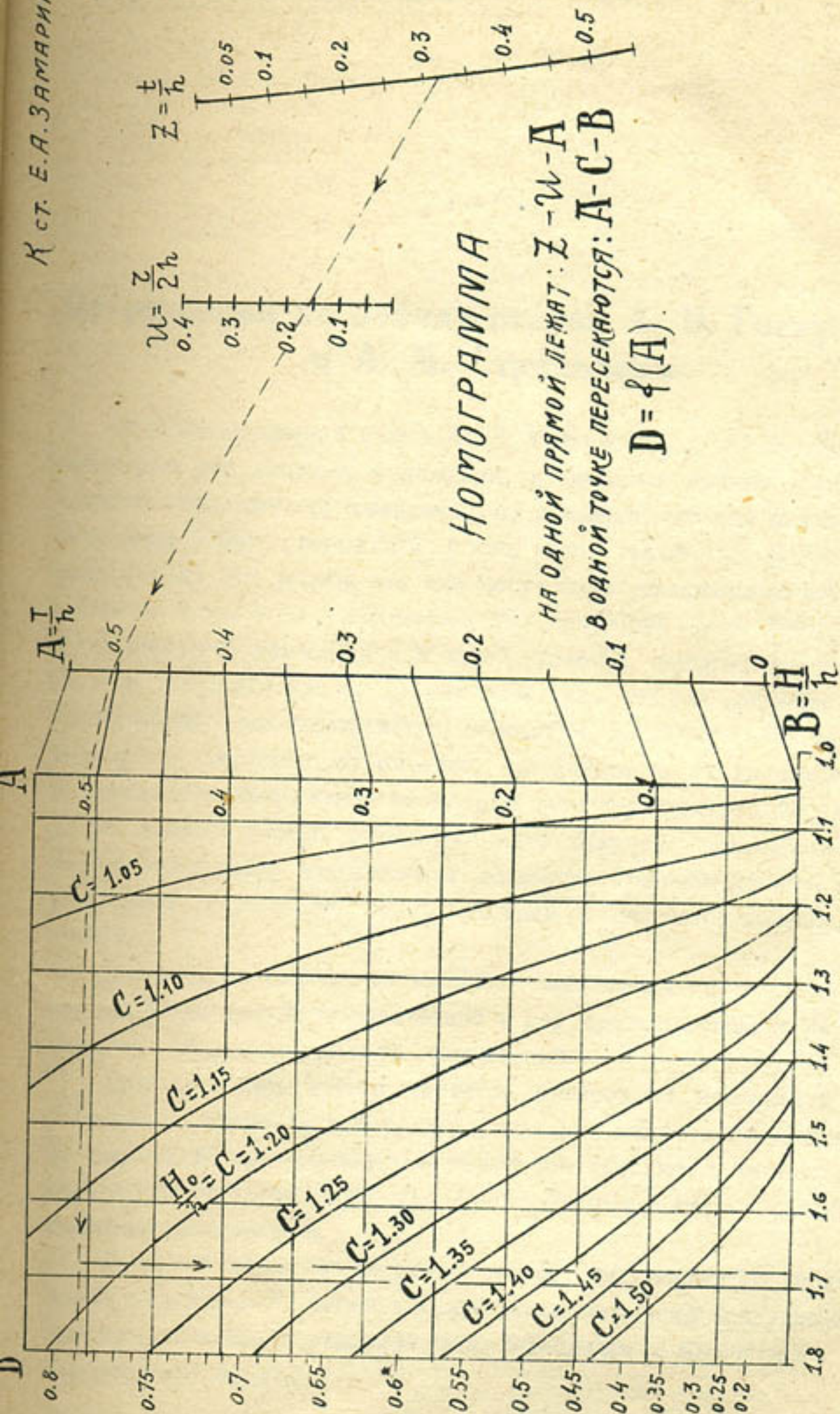
В данной заметке рассмотрено определение коэффициента фильтрации по теории Дюпюи, не касаясь позднейших воззрений на движение воды к колодцам. Изменение радиуса влияния колодца  $R$  в зависимости от продолжительности откачки (при постоянном расходе  $q$ ) в настоящей заметке также не рассматривается.

Необходимость определения активной зоны  $H$  области грунтовых вод достаточно иллюстрируется приведенными примерами, при чем критерий Паркера  $H = 1,5 (t + s)$ , повидимому, характеризует нижний предел для  $H$ ; верхний предел будет близок к  $2 (t + s)$ .











## От редакции по поводу статьи А. Н. Гостунского и А. М. Стрельцова.

В нижепомещаемой статье А. Н. Гостунского и А. М. Стрельцова содержится ряд спорных положений, из которых прежде всего нужно отметить следующее: 1) совершенно не доказано, что при затрате 5 куб. метр. воды можно разрыхлить 1 куб. метр. грунта до такой степени раздробления его частиц, что они могут быть увлекаемы во взвешенном состоянии и при этом в количестве 2% проточной воды (которая тоже будет содержать наносы) и при такой скорости, которая не размывала бы и не углубляла русла; 2) нет гарантии, что раз поднятые частицы грунта пройдут все пространство, доходящее до 27 клм., не оседая на дно, и не потребуют вторичного, третичного и т. д. взмучивания; 3) допускаемое напряжение на мокрый лесс значительно 0,25 клгр. см<sup>2</sup>; 4) не выяснен способ движения всего снаряда: предполагается ли двигать его судном, находящимся во вспомогательном канале, или имеется какой то двигатель на ближайшей к вспомогательному каналу тележке.

Расценки на работы, на машины и механизмы, кроме того, сильно преуменьшены против действительно у нас существующих и не введена стоимость перегораживающего сооружения.

При всем этом, статья является интересным исканием в области производства земляных работ гидравлическим способом; последний у нас не получил распространения, а между тем выгодность применения гидравлических способов работ, при благоприятных к тому условиях, представляется несомненной.

В виду этого, а также еще и потому, что спорностью своих положений статья должна вызвать критические замечания и другие статьи в этом же направлении, редакция сочла возможным ее напечатать *в порядке дискуссионной статьи.*

---



*А. Н. Гостунский и А. М. Стрельцов.*

## **К вопросу производства земляных работ в Голодной степи.**

Основная стоимость многих строительных работ, в особенности ирригационных, падает на земляные работы, составляющие обычно главную статью расхода. И в то время, как на рациональное проектирование и постройку гидротехнических сооружений уделяется много внимания и сил, ищутся методы, улучшающие и удешевляющие производство работ, которые в конечном итоге дают экономию в тысячах, а то и сотнях рублей,—главная масса, так сказать, центр тяжести всякой ирригационной проблемы—земляные работы, остаются в стороне.

И здесь обычно при определении стоимости работ основывают все сметные предположения на выработку вручную. Многие проблемы встречают затруднение к своему осуществлению даже и не из-за высокой стоимости, а просто за невозможностью организации работ при многотысячном количестве рабочих, требующей подыскания огромной армии соответствующей квалификации, доставки их на место работ, снабжения продовольствием, устройства жилищ, что бывает весьма затруднительно, а при развертывании работ в местностях, отдаленных от жилых центров, иногда и невозможно. Поэтому рационализация способов производства земляных работ, которая при их огромном подеме может дать не сотни и тысячи, а миллионы рублей экономии, заслуживает к себе большого внимания. В силу значительной дороговизны земляных работ обычным способом—вручную, зачастую, особенно в ирригационном деле, прибегают для уменьшения их объема к различным средствам, главным образом, к одежде канала (бетоном, камнем).

Примером такого стремления уменьшить объем земляных работ является проект орошения Голодной степи проф. Ризенкампа, где магистральный канал, для избежания прореза «земляного массива Кията на прямик», делает обходную петлю, сплошь бетонированную, удлиняющую его протяженность на 29 километров. Таким образом, видим, что в указанном примере автор, для избежания большого количества земляных работ, не стесняется удлинить трассу магистрального канала, что безусловно нерационально с ирригационной точки зрения. Этот пример еще раз ярко подтверждает, что изыскание способов, значительно удешевляющих производство земляных работ, является весьма необходимым.

В иностранной практике применяется ряд способов, служащих для удешевления земляных работ, как например: предварительная замочка, вспашка плугом, выработка скреперами, экскаваторами, но все эти приемы не дают значительной экономии, а потому и не разрешают целиком задачи об удешевлении земляных работ.

Ниже приводим для характеристики сводку стоимости выработки 1 м<sup>3</sup>, при применении различных способов, для условий Голодной степи. Подсчет производился по Госплановским нормам.



Рассмотрим работы по выработке выемки, с отвозкой земли на расстояние 40 мтр. в кавальер и дамбу.

Грунт предварительно смоченный, дальность возки 40 м.

Таблица 1.

| №№ по порядку | Способ работ.                                                                                   | Стоимость выемки (в кавальер) 1 м <sup>3</sup> . | Стоимость выемки (в дамбу) 1 м <sup>3</sup> . | Примечание.                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | Разработка вручную . . . . .                                                                    | 95,4 к.                                          | 1 р. 36,9 к.                                  | Цифры, приведенные в таблице, заимствованы из сводной ведомости и были определены в результате проработки вопроса стоимости указанными в таблице способами. Рассмотрение всех этих способов будет помещено ниже в соответствующих главах. |
|               | Разрыхление плугом с конной тягой. Остальные работы вручную . . . . .                           | 81,8 к.                                          | 1 р. 23,3 к.                                  |                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3             | Разрыхление плугом с трактором, остальные работы вручную . . . . .                              | 66,9 к.                                          | 1 р. 8,4 к.                                   |                                                                                                                                                                                                                                           |
| 4             | Разрыхление плугом с трактором, разработка скрепером волокушей (фресно № 3) емк. 0,34 . . . . . | 55 к.                                            | — 96,5 к.                                     |                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5             | Экскаватор Бьюсайрус, класс 14, емкость ковша 1,5 м <sup>3</sup> .                              | 51,0 к.                                          | — 92,5 к.                                     |                                                                                                                                                                                                                                           |
| 6             | Экскаватор Бьюсайрус, класс 24, емкость 3 м <sup>3</sup> . . . . .                              | 40,8 к.                                          | — 82,3 к.                                     |                                                                                                                                                                                                                                           |

Все разобранные способы, как видно и из таблицы 1-й, дают колебания стоимости, примерно, в 2 раза, т. е. нет значительного удешевления при механизации работ, а если учесть возможные остановки и задержки в работе для исправления и ремонта машин, которые имеют особо большое значение при малом количестве рабочих единиц, то в среднем колебания стоимости получим еще меньше. (В той же Голодной степи получалось, что, при некоторых условиях, экскаваторные работы оказывались дороже работ вручную).

Все приведенные способы удешевления земляных работ являются общими и не учитывающими особенности рельефа местности и некоторых других возможностей, связанных с наличием воды в местах производства работ. Умелое использование этих условий, в смысле производства работ размывом, дает сильное удешевление стоимости строительных работ.

Нижеприведенные расчеты определяют стоимость размыва для разных случаев от 5,5 коп. до 8,5 к.; сравнивая с ручной выработкой, мы видим, что удешевление в данном случае будет, примерно, в 20 раз, т. е. это есть как раз тот способ, который полностью может разрешить вопрос об удешевлении земляных работ, применением которого могут быть сравнительно легко претворены в жизнь многие проблемы, осуществить которые, при иных способах производства работ, затруднительно. Использование энергии текущей воды для размыва и переноса размытых грунтов за последнее двадцатипятилетие нашло себе широкое применение в различных областях техники, использующих как свободные потоки, так и прогоняемую по трубам и лоткам воду. Промывка золотоносных пород, их размыв, сортировка и транспортирование в горном деле;



размыв карьеров, намыв плотин и дамб, гидравлические способы разработки торфа и, наконец, землесосание—суть яркие примеры использования воды в разных областях техники.

В ирригационном деле тоже имеются случаи использования размывающих и транспортирующих свойств воды, например, кольматаж, под которым понимается явление наращивания почвы, вследствие отложения взвешенных наносов водою. Кольматаж происходит или в виде естественного процесса отложения наносов паводковых вод, или в виде искусственного насыщения воды потока мелкими частицами грунта в одной точке и отложением их в другом месте. Примером такого перемещения грунта является случай, приведенный в курсе проф. Ризенкампа «Основы ирригации», стр. 456, по кольматированию канала в Grand Valley.

При проведении каналов в полувыемке, в случае недостатка объема выемки на образование дамбы, практикуется способ переборов дна каналов, избегая при этом заложения резервов (внутренние резервы). Способ этот применяется при наличии мутной воды, в предположении, что внутренние резервы в последующем заполняются самим потоком за счет отложения взвешенных наносов.

Обращаясь к заграничной практике исполнения земляных работ, можно наблюдать все больший интерес, уделяемый гидравлическому способу; характерна в этом отношении цитата, заимствованная из «Earth work and its cost», Gillette, стр. 1004.

«Мы обязаны калифорнийским рудокопам золота и горным инженерам развитием главных способов для переноски земли.

Инженеры вообще, повидимому, незнакомы с большой экономией от гидравлических способов экскавации, или, если и знакомы с ее экономическими достоинствами, достигнутыми в Калифорнии, они не решаются применить эти способы в других местах».

Целый ряд примеров, приводимых Gillette и Schugler, на которых мы впоследствии остановимся, подтверждают то, что в Америке все больше и больше в различных областях строительного дела прибегают к размывающим и транспортирующим свойствам воды, при чем в некоторых случаях пользуются силой потока только для транспорта, в других и для транспорта, и для размыва.

Сам процесс может быть расчленен на два момента:

- 1) собственно размыв и
- 2) транспортирование.

В рассматриваемых нами условиях разработки каналов могут быть использованы оба указанные свойства воды.

Анализ возможности применения размывных работ для Голодной степи показывает, что в отношении работ по уширению существующего магистрального канала мы имеем возможность пропуска по нему больших расходов и сброса их в нижележащее русло р. Сыр-Дарьи, параллельно которой проходит магистральный канал, исключая, таким образом, последующие участки канала. Указанные обстоятельства обуславливают возможность допуска размыва (естественно или искусственно) некоторых участков канала без риска засорения системы наносами.

В отношении тракта, выпрямляющего петлю проектного магистрального канала, обращает на себя внимание большая разница в отметках между прилегающим к каналу берегом Кията, пойменной частью и Джетысуйским понижением. Означенные обстоятельства заставляют подойти с анализом к возможности использования этих условий рельефа и выясняют допустимость использования уклонов для транспортирования грунтов самим потоком. При производстве земляных работ



основным фактором, влияющим на их стоимость, является способ передвижения грунта из выемки, и благоприятное разрешение транспорта грунта будет иметь решающее значение в стоимости работ.

Что же касается операции по отделению земляных масс, то эта задача может быть разрешена тем или иным способом, в зависимости от принятого способа передвижения.

Естественно, что, используя для перемещения земляных масс взвешивающие свойства потока, мы найдем удобным применить гидравлические же способы и для их разрушения, тем более, что эти способы имеют за собой большую область применения и зарекомендовали себя, как способы, по дешевизне стоящие вне конкуренции.

Но прежде, чем перейти непосредственно к разбору схем размыва, необходимо остановиться на выборе норм размыва и транспортировки.

### Р а з м ы в.

Хотя в естественных условиях мы постоянно сталкиваемся с явлениями размыва водой грунта (образование оврагов, формирование речного русла, катастрофы на ирригационных сооружениях), однако, во всех этих случаях характерной чертой является отсутствие определенно выраженного направления действия потока. Можно сказать, что за самыми редкими исключениями, предоставленный сам себе поток образует русло крайне неправильного вида как в профилях продольном и поперечном, так и в плане.

Лишенный целесообразного управления поток, на пути своей работы, создает сам себе громадное количество сопротивлений, что весьма значительно отражается на его эффективности, с одной стороны, а с другой, не дает никаких гарантий ожидать от его работы определенных нужных результатов. Совершенно иное положение будет в случае управления размывом потока, когда может быть в значительно большей степени использована его живая сила, а также фиксация его работы в определенном, заранее намеченном участке.

Для производства расчетов по размыву, необходимо наметить отношение между объемом воды и размываемым грунтом. Каких либо опытных данных по этому вопросу нет, и в нижеприведенных расчетах это отношение принято в 20%, т. е. на одну часть земли требуется пять частей воды. Это соотношение выбрано по следующим соображениям.

Данные о работе землесосов на грунтах легких, поддающихся размыву, к каковым, безусловно, относится и лесс, не имеющий в мокром виде никакой связности, показывают, что производительность сосуна, работающего без разрыхлителя, доходит до 60% (Hütte, том III, стр. 632) и составляет в среднем 20% (Hütte, том II, стр. 630).

Рассматривая механизм воздействия на грунт скоростей, образующихся при входе в сосун, мы должны отметить, что это явление соответствует, примерно, тому, что наблюдается в насадке Борда, для кото-

рого, с одной стороны, коэффициент потерь в выражении  $\zeta = \frac{v^2}{2g}$  при входе от внутренних сопротивлений дает величину  $\zeta = 1$ , а с другой, наблюдается чрезвычайно быстрое убывание скоростей по мере удаления от сосуна; т. е. при самом незначительном отодвигании сосуна от грунта, воздействие скоростей на грунт прекращается.

В случае направления струй из насадки (конической или конoidalной) мы получим потери, характеризующиеся величиной  $\zeta > 0,1$ ; с другой стороны, угасание скоростей при удалении от насадки при работе под водой будет значительно более медленное.



Таким образом, сравнивая размывающее действие на грунт при работе сосуна и при работе, размывающей насадки, мы имеем в 10 раз больший коэффициент полезного действия самой конструкции и значительное преимущество для использования работы той и другой в пользу насадки. Поэтому, принимая для работы насадки (в одинаковых грунтах) средние нормы, приводимые для сосуна, мы имеем весьма значительный запас, который должен пойти в обеспечение наиболее полного разрушения грунта, необходимого для взвешивания в потоке.

Обращаясь к цифрам из американской практики, каковые заимствуем из ранее указанного труда Gillette, получаем следующие данные.

При размыве песка на озере Providence Reach оказалось, что отношение объема размытого грунта к количеству поданной воды было 1:1.

В другом случае, при размыве берега высотой от 12 до 17 фут. при расходе струи 230—260 галлон/мин. (16 метр. сек.), размыв производился с интенсивностью от 35 до 40 ярдов час ( $0,008 \text{ м}^3/\text{с.}$ ), что составляет отношение поданной воды к размытому грунту  $\frac{2}{1}$ .

Диаметр насадки  $d = 2,5''$  и площадь отверстия  $0,003 \text{ м.}^2$ , что дает скорость

$$V = \frac{0,016}{0,003} = 5,3 \text{ м/с.}$$

Интересны также данные о работах, производившихся в 1882 году, где размыв применялся для берега, состоявшего из песка, глины и плотной глины.

Размыв производился насадкой диаметра  $d = 1\frac{3}{4}''$  при скорости 30 м/сек. (из насадки), при чем продукция размыва составила около  $1.000 \text{ м}^3$  грунта в день.

Полная производительность насоса за 10 часов работы, при расходе его в 2.000 галлонов в минуту или  $7,5 \text{ м}^3/\text{мин.}$ , определяется, если считать, что насос работает непрерывно

$$7,5 \cdot 60 \cdot 10 = 4\,500 \text{ м}^3.$$

Отсюда получаем отношение количества воды к размытому грунту

$$\frac{4500}{1000} = \frac{4,5}{1}$$

или обратное отношение  $\frac{1}{4,5}$ .

При разработке берега на реке Кан в Канзасе, земляной массив сначала взрывался. Полученные в результате взрывов глыбы земли смывались пожарными насосами, с насадкой  $1\frac{1}{8}''$ , при чем давление в насадке было 80 фунт. на 1 кв. дюйм, т. е. около 5 атмосфер. Размытые куски грунта уносились потоком, имевшим скорость 8—10 фут. в сек. Общая выработка в два дня была около 15.000 куб. ярд.

В указанных примерах видим, что отношение размывающей воды к выработанному грунту колеблется в пределах 1:1 — 2:1 — 4,5:1.

Отсюда заключаем, что и опытные наблюдения над размывом показывают, что принятое нами отношение  $\frac{5}{1}$  не является преуменьшенным, скорее наоборот, если принять во внимание, что рассматриваемые нами в дальнейшем условия постановки размывных работ в Голодной степи, с однородным составом грунтов,—а именно лесса, легко поддающегося действию воды,—находятся, по сравнению с приведенными примерами, в более выгодных условиях.



# Транспортирование.

В дальнейшем перейдем к выбору расчетного процентного отношения взвешенных частиц лессового грунта при транспортировании результатов размыва.

Основное положение о влиянии крупности частиц на количество их, которое может взвесить данный поток, на основании опытов Кеннеди и теоретических исследований других авторов (напр. проф. Жуковского), формулируются так: «чем наносы мельче, тем большее количество их будет поднято одним и тем же объемом воды при данной скорости восходящих струй и наоборот».

Для определения отношения объема взвешенных частиц к объему воды, заключающих их, воспользуемся преобразованием формулы Кеннеди (С. П. Тромбачев «Орошение и осушение», стр. 35).

Формула Кеннеди дает возможность вычислить количество осевших наносов.

Преобразовываем следующие уравнения:

$$V_{кр} = K \cdot h^m \dots \dots \dots (1)$$

где  $V_{кр}$  — критическая скорость при полном расходе канала;

$h$  — средняя глубина;

$K$  — коэффициент, зависящий от качества наносов.

Перепишем формулу (1) в виде

$$\left. \begin{aligned} V_0 &= \left( \frac{P_0}{A_0} \cdot h \right)^m & \left( \frac{P_0}{A_0} \right)^m &= K_0 \\ V &= \left( \frac{P}{A} \cdot h \right)^m & \left( \frac{P}{A} \right)^m &= K \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

где  $P$  — содержание наносов на единицу объема;  $A$  — коэффициент, зависящий от крупности частиц.

Деля уравнения друг на друга, получаем

$$\begin{aligned} \left( \frac{P}{P_0} \right)^m \cdot \left( \frac{A}{A_0} \right)^m &= \frac{K}{K_0}; \\ \frac{P}{P_0} \cdot \frac{A}{A_0} &= \left( \frac{K}{K_0} \right)^{\frac{1}{m}}, \end{aligned}$$

откуда

$$P = \frac{A}{A_0} \cdot P_0 \cdot \left( \frac{K}{K_0} \right)^{\frac{1}{m}} \dots \dots \dots (3)$$

Выбираем для сравнения условий реку Сетледж, для которой количество содержащихся в воде взвешенных наносов в ‰ от объема  $P = 1,77\%$  (С. П. Тромбачев. «Орошение и осушение», стр. 294) и  $K_0 \approx 1,07$ ;  $V = 1,9$  мт./сек. и  $h = 2,37$  мт.

Для условий нашего размываемого участка имеем значение

$$\begin{aligned} \text{в начале } K_{\max.} &= 1,78, \\ \text{в конце } K_{\min.} &= 0,83, \end{aligned}$$

$$\text{среднее } K_{\text{ср.}} = \frac{1,78 + 0,83}{2} = 1,27.$$



Подставляя полученные величины в уравнен. (3), имеем

$$P = \frac{A}{A_0} \cdot 1,77 \cdot K^{\frac{1}{m}} = \frac{A}{A_0} \cdot 1,77 \cdot 1,27^{\frac{3}{2}} = \frac{A}{A_0} \cdot 1,77 \cdot 1,43 = 2,53 \frac{A}{A_0}$$

отношение  $\frac{A}{A_0} > 1$ , так как  $A_0 < A$  (наши наносы мельче). Следовательно, по сравнению с р. Сетледж, можем ожидать среднее содержание  $P > 2,53\%$ .

Далее произведем сравнение с Сыр-Дарьей, где имеются следующие данные:

$$K_0 = 0,485,$$

$$P_0 = 0,5\% \text{ (наибольш. мутность Сыр-Дарьи),}$$

тогда имеем

$$P = \frac{A}{A_0} \cdot 0,5 \left( \frac{1,27}{0,485} \right)^{\frac{3}{2}} = \frac{A}{A_0} \cdot 0,5 \cdot 2,62^{\frac{3}{2}} = \frac{A}{A_0} \cdot 0,5 \cdot 4,25 = 2,12 \frac{A}{A_0}$$

$$\text{Так как } A_0 < A \quad \frac{A}{A_0} > 1 \text{ и } P > 2,12\%.$$

По отношению к Голодностепскому каналу имеем  $K_0 \approx 0,38$  (среднее значение),  $P_0 = 0,26\%$  (средняя величина мутности Сыр-Дарьи за вегетационный период)

$$P = \frac{A}{A_0} \cdot 0,26 \cdot \left( \frac{1,27}{0,38} \right)^{\frac{3}{2}} = \frac{A}{A_0} \cdot 0,26 \cdot (3,34)^{\frac{3}{2}} = 0,26 \times \\ \times 6,10 \frac{A}{A_0} = 1,59 \frac{A}{A_0} \\ P > 1,59\%.$$

Из рассмотрения полученных величин для  $P$ , видно, что среднее значение для  $P$  может быть принято в  $2\%$ , каковое мы в дальнейшем вводим в расчет.

Кроме того, в курсе С. П. Тромбачева «Орошение и осушение», стр. 37, приведено установленное индийской практикой условие: «что только фракции наносов гидравлической крупности, имеющие скорость выпадения 30 м.м./сек. и крупнее, опасны с точки зрения заиливания каналов, и все мелкие наносы гидравлической крупности менее 25 м.м./сек. могут быть отнесены к группе безвредных наносов».

Обращаясь к Голодностепским условиям, имеем, что главная в местах размывов масса грунта (по данным проф. Н. А. Димо) до  $65\%$  состоит из фракций с диаметром частиц 0,001—0,005 (тонкая пыль) и не встречается фракций крупнее 0,10—0,25, которых имеется до  $0,5\%$ , таким образом, размываемые частицы грунта вполне могут быть отнесены к группе безвредных для ирригации наносов и, следовательно, свободно проноситься потоком вниз без всякой опасности возможного их оседания, принимая во внимание среднее значение  $K = 1,27$ .

Возвращаясь к приведенному выше примеру кольматажа канала Grand Valley, видим, что, при значении « $K$ » около 0,55, осаждения взвешенных в воде для кольматажа частиц грунта (глина) не получалось, при чем выпадение их начиналось при значении  $K \approx 0,35$ . На основании вышеизложенных рассуждений, нами приняты в дальнейшем расчете нормы размыва в  $20\%$ , нормы транспорта в  $2\%$ .

Точное определение величин указанных норм, применительно к Голодностепским грунтам, может быть, конечно, выявлено только постановкой соответствующих опытных работ.



Примеры из американской практики у Schuyler'a и Gillette относятся преимущественно к транспортированию в лотках с большими уклонами (от 3 до 14%) тяжелых грунтов—глины, песка, гравия и камней (до 1 тонны весом) и не позволяют делать выводов для рассматриваемых нами условий.

**Величина скорости размывающей грунт струи для рационального выбора размывающих снарядов и предварительного расчета их стоимости.**

Необходимо прежде всего задаться теми скоростями или напорами, которые должны давать размывающие снаряды. Для подхода к той скорости, которую должна иметь струя при встрече с грунтом, исходим из того предельного давления, которое вызывает деформацию мокрого грунта, каковым, несомненно, будет грунт в том месте, куда бьет струя. Мы видим, что человек, стоящий на мокром грунте, оставляет в нем отпечаток ног. Принимая его вес в 80 кгр. (5 пудов) и опорную площадь обоих ног  $2.25.10 = 500$  кв. см. получим давление на грунт

$$p = \frac{80}{500} = 0,16 \text{ кг./см.}^2$$

и при этом давлении грунт уже деформируется, что и требуется для условий размыва. За исходное давление принимаем несколько большую величину, а именно, считаем, что давление струи на грунт  $p = 0,25 \text{ кг./см.}^2$  или  $2,5 \text{ тн/м}^2$  будет достаточно для его деформации.

Отсюда находим величину скорости на грунт, достаточной для процесса размывания, по формуле.

$$V = \sqrt{g \cdot p} = \sqrt{9,81 \times 2,5} = 4,94 \text{ м/сек.} \approx 5 \text{ м/сек.}$$

Полученная скорость не меньше скорости в сосуне землесоса и должна обеспечить достаточно интенсивный размыв грунта. В большинстве примеров из американской практики мы встречаем обычно значительно большие скорости в насадке и соответственно большие давления, что объясняется преимущественным употреблением поршневых насосов и зачастую использованием старых пожарных, дающих большие давления в нагнетательной трубе, а также размывом значительно более тяжелых грунтов—глин, гравелистых грунтов и даже каменистых пород.

Так, у Schuyler'a при описании плотины сказано следующее: «Публике доставляло удовольствие наблюдать за струями  $V = 60—90$  м/сек., сносившими горы, раскалывавшими слои известняка и ворочавшими огромные камни, как простой булыжник» (цитируется по экземпляру перевода, хранящемуся в Гидротехническом кабинете инж. мельфака САГУ).

Если струя со скоростью  $60—90$  м/сек., т. е. с давлением на грунт  $p = \frac{V^2}{g} = 367—825 \text{ тон./м.}^2$ , или  $36,7—82,5 \text{ клг./см.}^2$ , разрушает известняк, временное сопротивление которого в  $80—200$  раз более, нежели для смоченного лесса (считая отношение временных сопротивлений равным отношению допускаемых нагрузок на грунт) принимая последнее для смоченного леса  $0,25 \text{ клг./см.}^2$  и для твердых пород  $20—50 \text{ клг./см.}^2$ , то

получим соответствующие необходимые для лесса скорости  $V = V_0 \sqrt{\frac{p}{p_0}}$   
т. е. от  $60 \cdot \sqrt{\frac{1}{80}}$  до  $90 \cdot \sqrt{\frac{1}{200}}$ , или от  $6,7 \text{ м/сек.}$  до  $6,37 \text{ м/сек.}$ ,  
т. е. близкие к принятым выше.



В другом случае из американской практики (Gillette), при размыве берега высотой от 12 до 17 фут. скорость в насадке была 5,30 м/с., так что скорость на грунт должна быть еще меньше; таким образом, видим, что и опытные данные подтверждают правильность выбранной величины скорости  $V = 5$  м/с.

Нужно сказать, что для грунтов слабых в пределах одной и той же мощности установки выгоднее иметь больший расход при небольших скоростях, лишь бы только происходило наилучшее перемешивание частиц грунта со струей воды. Таким образом, на основании всего вышеизложенного, были определены следующие величины расчетных норм размыва.

| № по порядку | Н о р м ы                                                                                    | Величина            | Примечание             |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|
| 1            | Норма размыва (отношения об'ема размытого грунта к об'ему размывающей воды) . . . . .        | $\frac{1}{5}$ (20%) | Материал размыва—лесс. |
| 2            | Норма транспортировки (отношение об'ема перенесенного грунта к об'ему транспортирующей воды) | $\frac{1}{50}$ (2%) |                        |
| 3            | Скорость на грунт при размыве $V =$                                                          | 5 м/с.              |                        |

### Схемы размыва.

Переходя к рассмотрению возможных схем размыва, обратимся к имеющимся материалам как в горном, так и строительном деле. Мы видим из примеров, приведенных Gillette и Schuyler, что применяются различные схемы разработки, которые вообще могут быть разделены на 3 группы, или по классификации Gillette: 1) ground—шлюз; 2) boom и 3) гидравлический гидрант (монитор).

1. При системе ground—шлюза, который применяется при неглубоких берегах, земля сталкивается или сбрасывается в поток, стремящийся в шлюз. При таком способе вода используется только для перемещения; примером такого рода работ может быть плотина Упалуа, где грунт—выветрившаяся лава, разрабатывался скреперами, подвозился и сбрасывался в лоток, по которому вода транспортировала его к месту работ.

2. «Boom» состоит из временной запруды, за которой собирается вода, пока ее не накопится нужное количество. Тогда вода выпускается сильной струей, направляемой к подошве берега, который надо смыть; этот способ применяется в Колорадо.

3. Гидравлический монитор, который представляет собой металлическую трубу, с насадкой, которая так укреплена на трубе подвижными соединениями, чтобы была полная возможность передвижения в горизонтальном и вертикальном направлениях. Конический наконечник бывает разного размера—от 1 дюйма до 10 дюймов на конце, и снабжен дефлектором (приспособление для отвода струи), прикрепленным к концу, чтобы направлять струю к месту размыва.

Таким образом, из приведенных схем видно, что в американской практике размывных работ пользуются или действием большой массы воды, когда она подводится самотеком, или размыв производится посредством особых приспособлений (мониторов). В наших условиях разработки



каналов наиболее приемлемым будет способ размыва с помощью различных комбинаций принципов мониторов. Выбор того или другого способа работ обуславливается высотой взаимного отношения размываемого горизонта и горизонта воды, идущей для размыва. В случаях, если размываемые горизонты расположены выше пстока (берега рек, глубокие выемки существующих каналов), единственно возможным способом является мониторинг, при чем сам монитор располагается на плаву.

При расположении питающей воды выше размываемого горизонта, целесообразно располагать снаряд на горизонте питающей воды, чтобы, с одной стороны, избежать затраты работы по подаче воды кверху, а с другой стороны, использовать разность горизонтов между питающей водой и местом размыва для создания намывающей скорости. Ниже приводится расчет для обеих комбинаций.

1. Размыв производится с судна, помещенного в размываемом русле. Вода для размыва нагнетается центробежным насосом.

2. Размыв производится особым шлангом, передвигающимся по мосту. Отсутствует судно в разрабатываемой выемке. Вода для размыва подводится сифоном из идущего по верху канала. Для подсчета стоимости разработки размывом 1 куб. метра, мы в дальнейшем рассматриваем конкретный пример, а именно — разработку начального участка Центрального канала от главного узла до 23 килом. в Голодной степи, по схеме инж. Гостунского. В этом случае требуется произвести земляные работы по прорытию 23 километрового участка канала в толще Кията, при чем глубина выемки достигает 20 метров. В месте отхода Центрального канала от магистрального Голодостепского предположено устройство силовой насосной станции, которая подает воду для канала машинного орошения; этой водой можно воспользоваться для размывных работ. Проектируемая трасса идет 12 километров вдоль трассы машинного канала, в расстоянии 500 мет. от последней. Первые 7—8 клм. трасса проходит параллельно обрыву Кията и подходит близко к последнему на 3-й и 8-й килом., что позволяет в этих местах выбрасывать продукты размыва в низину между Киятом и существующим Голодостепским каналом. Продукты размыва последнего участка выбрасываются на 23 километре, по 4-х километровому сбросу в Джитысуйское понижение. Для производства размыва, вода подается отводами из машинного канала в первоначальный небольшой канал, исполненный вручную по трассе размываемого канала. В зависимости от того или иного способа производства размыва, прокладываются дополнительные каналы, о которых будет сказано при описании способов размыва.

Сам процесс разработки выемки может вестись по двум схемам — или разработка идет по всему поперечному профилю канала, при чем земля снимается параллельными слоями и таким образом получается постепенное (уступное) понижение дна канала; этот способ имеет то преимущество, что при нем мы можем иметь выгодные, с точки зрения транспорта, уклоны, зато воду для размыва и переноса земли приходится подавать силовой станцией, так что расход воды является величиной ограниченной; при второй схеме, когда сразу прорезается вдоль всей трассы канала первоначальный каньон до горизонтов, позволяющих поступление в него и самотечной воды, после чего приступают к расширению профиля до проектного, имеем обратное явление — уклон транспортирующего потока получается значительно меньше, зато вода подается самотеком в количестве, ограниченном только мощностью источника питания. Техно-экономический анализ этих схем не входит в задачу, поставленной данной статьей, а потому в дальнейших рассуждениях нами принята только вторая схема для обоих способов размыва.



### А. Размыв пловучим монитором.

Рассмотрим первый из указанных способов, а именно—разработку русла с помощью гидромониторов.

В данном случае по оси будущего канала прорывается небольшой канал для подвода воды на тракт, в котором помещается пловучая гидромониторная установка, при чем используется рельеф местности с тем, чтобы дать свободный ток воде с размытым грунтом.

В начале предполагается прорезка узкого каньона для того, чтобы опуститься с дном канала до отметки, где возможно уже самотечное поступление воды, затем уже переходят к расширению сечения канала до проектного профиля.

Таким образом, в начале разворачивание работ ограничено количеством транспортирующей воды, подаваемой силовой станцией в количестве 14 м.<sup>3</sup>/ск. Из этого расхода будем исходить при расчете размыва.

Выше нами была установлена средняя норма транспортирования в 20%, отсюда может быть получена возможная производительность процесса

$$0,02 \cdot 14 = 0,28 \text{ м.}^3/\text{с.}$$

$$\text{или в час} \quad 0,28 \cdot 60 \cdot 60 \approx 1.000 \text{ м.}^3/\text{час.}$$

Таким образом, при пропуске расхода 14 м.<sup>3</sup>/с. по каналу, может размываться в час 1.000 м.<sup>3</sup> грунта в среднем. Принимая во внимание, что для размыва грунта, согласно принятой нормы размыва в 20%, потребуется на каждый 1 м.<sup>3</sup> грунта—5 м.<sup>3</sup> воды, получим потребное количество размывающей воды

$$1.000 \times 5 = 5.000 \text{ м.}^3/\text{час.}$$

Теперь можно перейти и к определению мощности силовой установки гидромониторов.

При среднем положении центра тяжести выемки над горизонтом воды  $H_{\text{ср}} = 10,5$  м. и скорости подводимой воды на грунт  $V = 5$  м./с., имеем величину необходимого напора

$$H_0 = H + \frac{V^2}{2g} = 10,5 + \frac{5^2}{2 \cdot 9,81} = 11,8 \approx 12 \text{ м.}$$

Мощность силовой установки гидромониторов, принимая ее коэффициент полезного действия  $\eta = 0,70$ , получится

$$N_p = \frac{5000}{60 \cdot 60} \cdot \frac{12 \cdot 1000}{75 \cdot 0,70} \approx 300 \text{ лощ. сил.}$$

Полагая, что каждая рабочая единица может быть около 100 лощ. сил, получаем, что одновременно на работу могут быть намечены три снаряда.

*Определение стоимости собственно размыва* (без учета расходов на доставку воды). Обозначим стоимость размыва грунта —  $K_p$  и цену 1 л. с./час. —  $\theta_p$  коп., тогда будем иметь:

$$K_p = \frac{300 \cdot \theta_p}{1000} = 0,3\theta_p \text{ (коп).}$$

Потребная мощность силовой установки  $N = 300$  л. сил, примем, что будут 4 единицы, по 100 л. сил каждая, из каковых одна запасная. Для двигателя выбирается паровая турбина Лавалля, соединенная на одном валу с центробежным насосом и обеспечивающая подачу воды с проектной скоростью  $V = 5$  м./с (на грунт), на среднюю высоту  $H_{\text{ср}} = 10,5$  метр. При конструировании могут быть сделаны машины



разного давления, соответственно различным условиям размыга (в смысле высоты подачи). Далее переходим к определению стоимости одной установки. За двигатель, как указывалось ранее, выбрана турбина Лавала, имеющая целый ряд преимуществ в подобных устройствах. Стоимость турбины мощностью  $N = 100-120$  л. с. намечается по данным Брилинга («Расчет стоимости постройки водопровода», стр. 57) примерно, в 8.200 р. Необходимое количество пара, получаемого от парового котла для приведения в движение турбины, берем по Hütte (том II, стр. 276), где указывается, что гарантированный заводом расход пара при 12 атмосферах давления с конденсацией (90% вакуума) и перегреве на  $250^{\circ}$  выражается:  $8,1 \cdot (1 - 0,01 \frac{250}{10}) = 8,1 \cdot 0,75 = 6,06$  кил. на силу час. Всего потребно пара  $6,06 \cdot 100 = 606$  кил. Зная нужное количество пара (606 кил.), определяем величину парового котла, учитывая, что 15 кил. пара получаются с  $1 \text{ м.}^2$  площади нагрева, откуда последнее

$$F = \frac{606}{15} = 40,4 \text{ м.}^2.$$

Считая по Брилингу стоимость  $1 \text{ м.}^2$  площади нагрева по 50 р., получаем стоимость котла—2.020 р. Стоимость центробежного насоса в 100 лш. сил вычисляем, принимая по цене 20 р. за силу, следовательно, цена насоса  $20 \cdot 100 = 2.000$  руб.

Суммируя все полученные цены, получаем общую стоимость механической установки монитора

$$S = 8.200 + 2.020 + 2.000 = 12.220 \text{ руб.}$$

принимая установку в 100% = 12.220 »

Итого . . . . 24.440 руб.

Таким образом, нами получена стоимость одной единицы установки—гидромонитора 100 л. с. в 24.440 руб., а стоимость 4 мониторов, принятых нами, выразится  $24.440 \cdot 4 = 97.760$  руб.

### Стоимость эксплуатации.

1. *Топливо* принимаем жидкое—нефть.

Расход нефти на силу-час учитываем по отношению теплопроизводительности нефти к каменному углю, равному  $\frac{10}{7}$ .

Потребное количество угля на 1 силу-час—0,75 кил.

$$\text{»} \quad \text{»} \quad \text{нефти} \quad \frac{0,75}{\frac{10}{7}} = 0,525 \text{ кил.}$$

Стоимость 1 кил. нефти берем в 6 коп. Тогда, учитывая расходы на смазку и обтирку в 2% от стоимости топлива, получаем стоимость топлива на 1 силу-час

$$1,02 \cdot 0,525 \cdot 6 = 3,21 \text{ коп./сил-час.}$$

2. *Амортизацию* принимаем в 10 лет.

3. *Ремонт* в 5% от стоимости установки, итого 15%, получаем:

$$\frac{97.760 \cdot 0,15 \cdot 100}{10 \cdot 24 \cdot 20 \cdot 305} \approx 1 \text{ коп./сил-час.}$$



## 4. Обслуживающий персонал на 1 машину в 3 смены.

Таблица 3.

| №№ | Наименование должностей                                                                    | Количество    | Цена в меся-<br>сяц по<br>госнормир. | Сумма<br>в рублях |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------|-------------------|
| 1  | Начальник работ инженер. . . . .                                                           | $\frac{1}{3}$ | 450                                  | 150               |
| 2  | Помощник начальника работ . . . .                                                          | $\frac{2}{3}$ | 360                                  | 240               |
| 3  | Механик . . . . .                                                                          | 1             | 250                                  | 250               |
| 4  | Помощник механика . . . . .                                                                | 2             | 200                                  | 400               |
| 5  | Масленщик . . . . .                                                                        | 3             | 105                                  | 315               |
| 6  | Кочегар старший . . . . .                                                                  | 1             | 105                                  | 105               |
| 7  | Кочегар младший . . . . .                                                                  | 2             | 90                                   | 180               |
| 8  | Рабочие на насадках (4 насадки по<br>1 рабоч. на насадку—4 р. и в 3<br>смены 12) . . . . . | 12            | 90                                   | 1.080             |
| 9  | Рабочих простых . . . . .                                                                  | 3             | 80                                   | 240               |
| 10 | Повар . . . . .                                                                            | 1             | 105                                  | 105               |
| 11 | Помощник повара . . . . .                                                                  | 1             | 90                                   | 90                |
|    | Итого . . . . .                                                                            | —             | —                                    | 3.155             |
|    | Социальные расходы 27% . . . . .                                                           | —             | —                                    | 855               |
|    | Всего . . . . .                                                                            | —             | —                                    | 4.010             |

Или на 1 силу-час приходится (на три снаряда) при 20 часовой работе в сутки, и 24 рабочих дня в месяц

$$\frac{4.010 \cdot 100 \cdot 3}{300 \cdot 20 \cdot 24} = \dots\dots\dots 8,21 \text{ коп.}$$

Итого на 1 силу-час всех расходов составляется:

$$\theta_p = 3,21 + 1,0 + 8,21 = \dots\dots\dots 12,42 \text{ коп.}$$

и на 1 м<sup>3</sup>. грунта

$$K_p = 0,300 \quad \theta_p = 0,300 \cdot 12,42 = \dots\dots\dots 3,72 \text{ коп.}$$

и учитывая непредвиденные расходы в 10% —  $1,10 \cdot 3 \approx 4$  коп.

Для характеристики и сравнения полученной нами стоимости 1 силы-час, приводим данные относительно работы стационарных установок Хлопкома на машинном орошении.

Всего было установлено на 7-ми станциях 21 мотор с общей мощностью в 1.829 л. с., при них 23 насоса со средней производительностью 7.625 лит./сек. Высота подачи от 4 до 11,5 м. Средний коэффициент использования станций  $\varphi = 0,527$  и средний коэффициент загрузки  $\xi = 0,446$ . При этом средняя стоимость лошадиной силы-час обходилась около 4 коп., а на производстве работ временными установками тракто-



ров стоимость силы-час выразилась около 10 коп., при чем работу станции Главхлопком считает неудовлетворительной и резолюция совещания по этому вопросу гласит: «рассматривая стоимость машинного орошения семхозов Семхлопка, нужно признать ее довольно высокой и может быть значительно понижена при надлежащей постановке оросительного дела». (Труды совещания Завед. Семхозов Главхлопка Средней Азии, декабря 1927 г., стр. 96—109 и 221).

Таким образом, видим, что полученная нами выше величина  $\theta_p = 12,42$  коп. является не только не преуменьшенной сравнительно с опытными данными, а даже наоборот.

### Стоимость подачи воды.

Вода для производства работ по размыву, как это указывалось ранее, подается насосной станцией, предназначенной для машинного орошения. В первый период работ используется целиком весь расход, подаваемый станцией, т. е.  $14 \text{ м}^3/\text{с.}$ , после прорытия первоначального каньона вода будет поступать самотеком и надобность в использовании станции отпадает, следовательно, отпадает и этот дополнительный расход.

Силовая станция устанавливается на пик. № 147 + 39 для машинного орошения. В этом месте магистрального Голодностепского канала имеется перепад  $P = 4,23 \text{ м.}$ , учитывая расход перепада  $Q = 89 \text{ м}^3/\text{с.}$  получаем мощность брутто

$$N_{\text{бр}} = \frac{4,23 \cdot 89 \cdot 1000}{75} = 5.000 \text{ л. с.}$$

Для машинного орошения требуется подавать силовой станцией расход  $Q = 13,95 \text{ м}^3/\text{с}$  на высоту  $H = 17,80 \text{ метр.}$ ; следовательно, требующаяся мощность нетто будет

$$N_{\text{н}} = \frac{13,95 \cdot 17,80 \cdot 1000}{75} = 3.300 \text{ л. с.}$$

Таким образом, получаем допускаемый коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{N_{\text{н}}}{N_{\text{бр}}} = \frac{3.300}{5.000} = 0,66.$$

На основании полученного коэффициента полезного действия назначаем машинную установку станции из турбины Френсиса (фактически предполагается установка из гидропульсоров, как более экономной и дешевой) коэфф. полезн. действ., который может быть принят  $\eta_1 = 0,83$  (среднее значение) и центробежного насоса с  $\eta_2 = 0,80$ . Общий коэффициент полезного действия  $\eta_0 = 0,83 \cdot 0,80 = 0,66$ .

Таким образом, мощность трубонасосной установки определяется

$$N_{\text{ст}} = \frac{3.300}{0,80} = 4.125 \sim 4.150 \text{ л. с.}$$

Обозначая стоимость 1 л. силы-час —  $\theta_t$ , получаем стоимость подачи воды на  $1 \text{ м}^3$  переносимого грунта  $K_t$

$$K_t = \frac{4.150 \times \theta_t}{1000} = 4,15 \theta_t.$$

Далее переходим к определению величины  $\theta_t$ .

Определение стоимости 1 силы-час станции. Мощность силовой установки была выше определена в 4.150 л. с. Двигателем насосной стан-



ции намечается турбина Френсиса. По данным Брилинга, стоимость всей силовой установки определяется (стр. 66):

1. Двигатель 1 сила . . . . . 20 р.  
2. Насос 1 » . . . . . 20 »

Итого . . . . . 40 р. сил.

Общая стоимость  $4150 \cdot 40 = . . . . . 166.000$  р.  
На установку  $100\%$  . . . . . 166.000 »

Итого . . . . . 332.000 р.

1. Амортизация и ремонт, считая  $10\%$  от общей стоимости

$$\frac{332000 \cdot 0,10 \cdot 100}{10 \cdot 24 \cdot 20 \cdot 4150} = . . . . . 0,166 \text{ коп.}$$

2. Обслуживающий персонал.

Таблица 4.

| №№ | Наименование должностей            | Количество | Оклад<br>в месяц | Сумма<br>в рублях |
|----|------------------------------------|------------|------------------|-------------------|
| 1  | Начальник станции . . . . .        | 1          | 300              | 300               |
| 2  | Механик . . . . .                  |            |                  |                   |
| 3  | Помощник механика . . . . .        | 2          | 200              | 400               |
| 4  | Сторожа . . . . .                  | 3          | 90               | 270               |
|    | Итого . . . . .                    | —          | —                | 970               |
|    | Накладные расходы $27\%$ . . . . . | —          | —                | 262               |
|    | Всего . . . . .                    | —          | —                | 1.232             |

На силу-час приходится

$$\frac{1232 \cdot 100}{4150 \cdot 20 \cdot 24} = . . . . . 0,062 \text{ коп.}$$

Всего на силу-час, включая и расходы на смазку в размере 0,022 коп., получаем.

$$\theta_r = 0,166 + 0,062 + 0,022 . . . . . 0,25 \text{ коп.}$$

Учитывая и установку запасного агрегата, имеем

$$0,25 + 0,083 = 0,333 \text{ или с округлением . . . . . 0,35 коп.}$$

Тогда стоимость подачи воды:

$$K_r = 4,15 \cdot \theta_r = 4,15 \cdot 0,35 = . . . . . 1,45 \text{ коп.}$$

Таким образом, имеем, что стоимость выработки  $1 \text{ м}^3$  грунта обходится:

1. При самотечной доставке воды = . . . . . 4 коп.

2. При машинной подаче воды

$$4 + 1,45 = 5,45 \text{ или с округлением . . . . . 5,5 коп.}$$



Переходя теперь непосредственно к нашему случаю, мы имеем, что при прорытии первоначального каньона, для размыва необходима подача воды со станции, т. е. стоимость 1 м.<sup>3</sup> грунта будет 5,5 коп., остальной об'ем работ обойдется по 4 коп.

Определяя кубатуру первоначальных работ в  $\frac{1}{3}$  от всего об'ема, получаем среднюю стоимость для всех работ

$$K_{\text{ср}} = 4 \cdot \frac{2}{3} + 5,5 \cdot \frac{1}{3} = 2,67 + 1,83 = 4,50 \text{ коп.}$$

Исчисленная стоимость собственно размыва, приходящаяся на 1 м.<sup>3</sup> грунта, 4 коп. складывается из следующих цифр:

- |                                   |          |             |
|-----------------------------------|----------|-------------|
| 1. Топливо . . . . .              | — 26,4%  | — 1,06 коп. |
| 2. Амортизация и ремонт . . . . . | — 6,2 »  | — 0,24 »    |
| 3. Рабсила . . . . .              | — 67,4 » | — 2,70 »    |

Итого 100% — 4,00 коп.

Кроме вычисленных расходов, нужно еще учесть единовременный расход по прорытию первоначального прокопа для возможности пуска мониторов, как об этом было указано выше. Согласно произведенных подсчетов об'ема работ, в рассматриваемом случае, это количество земляных работ выражается в цифре 355.000 куб. метров и, принимая по госплановским нормам, дающим несколько большую стоимость, сравнительно с урочным положением, стоимость выработки 1 м.<sup>3</sup> грунта вручную в 91,3, получаем, что вся работа обойдется в  $91,3 \cdot 355.000 = 324.000$  руб., учитывая 10% на вспомогательные работы  $1,10 \cdot 324.000 = 355.000$  общая кубатура всей выработки —  $26 \cdot 10^6$  м.<sup>3</sup> и первоочередных —  $12 \cdot 10^6$  м.<sup>3</sup>. Таким образом, относим стоимость единовремен-

ных затрат к общей кубатуре, имеем  $\frac{355.000 \cdot 100}{26.000.000} = 1,35$  коп.

и к первоочередной  $\frac{350.000 \cdot 100}{12.000.000} = 2,92$  коп.

Сводя все полученные цифры в таблицу, получаем, что для условий размыва участка Центрального канала имеем следующие стоимости 1 м.<sup>3</sup> грунта.

Таблица 5.

| №№ | Способ подачи воды                                                                        | Общая кубатура работ м. <sup>3</sup> | Стоимость собствен. размыва на 1 м. <sup>3</sup> грунт. | Стоимость подачи воды на 1 м. <sup>3</sup> грунта | Стоимость прокопа на 1 м. <sup>3</sup> грунта | Общая стоимость 1 м. <sup>3</sup> грунта |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1  | Самотечная подача воды . .                                                                | 12.10 <sup>6</sup>                   | 4 коп.                                                  | —                                                 | 2,92 коп.                                     | 6,92 коп.                                |
|    |                                                                                           | 26.10 <sup>6</sup>                   | 4 »                                                     | —                                                 | 1,35 »                                        | 5,35 »                                   |
| 2  | Машинная подача воды . .                                                                  | 12.10 <sup>6</sup>                   | 4 »                                                     | 1,5 коп.                                          | 2,92 »                                        | 8,42 »                                   |
|    |                                                                                           | 26.10 <sup>6</sup>                   | 4 »                                                     | 1,5 »                                             | 1,35 »                                        | 6,85 »                                   |
| 3  | Машинная подача воды для разработки первоначального каньона, а затем самотечная . . . . . | 12.10 <sup>6</sup>                   | 2,67                                                    | 1,83 »                                            | 2,92 »                                        | 7,42 »                                   |
|    |                                                                                           | 26.10 <sup>6</sup>                   | 2,67                                                    | 1,83 »                                            | 1,35 »                                        | 5,85 »                                   |

Из таблицы видим, что стоимость размыва 1 м.<sup>3</sup> грунта колеблется в зависимости от условий работ от 5,35 коп.—до 8,42 коп.

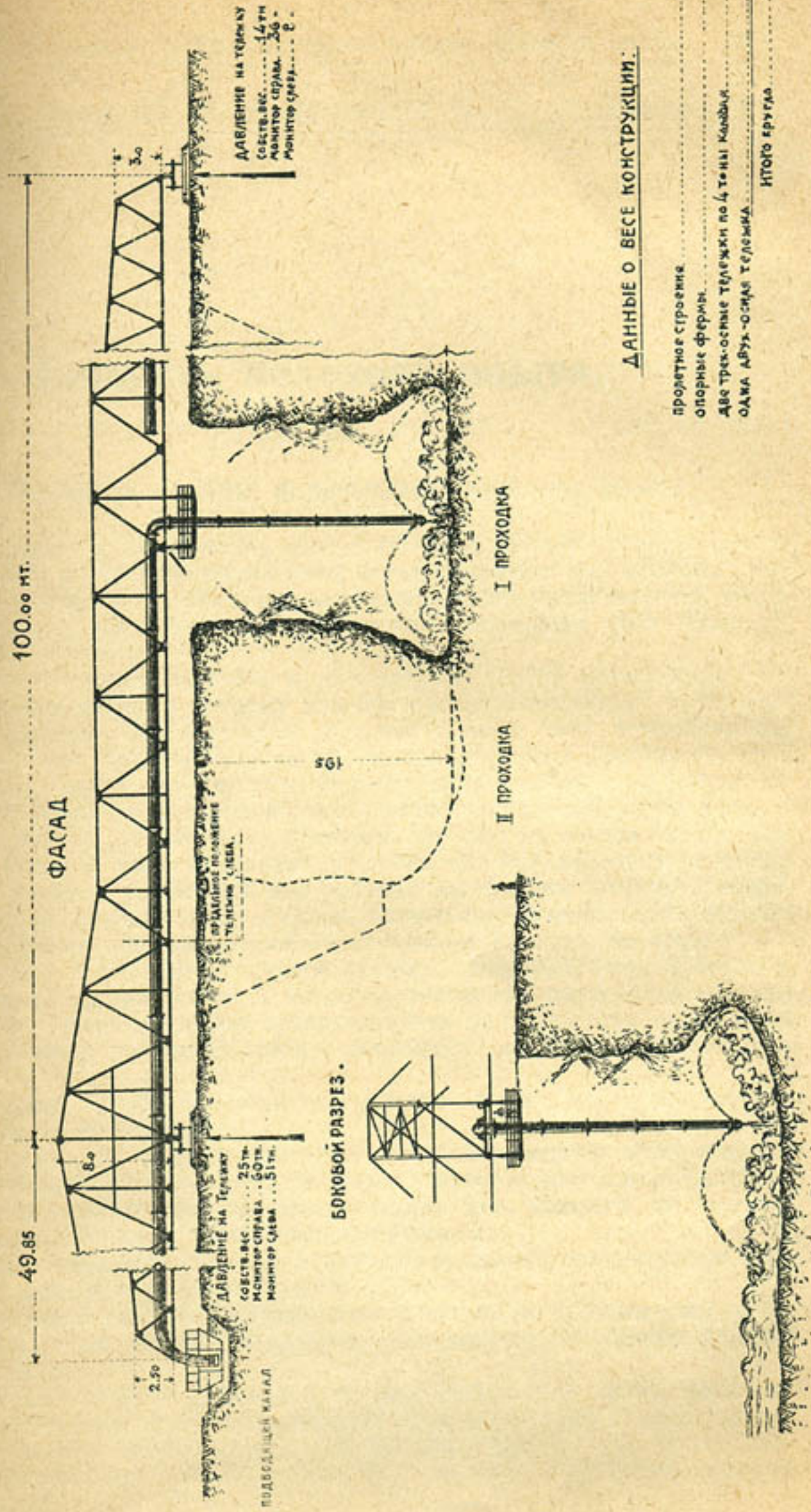
(Окончание следует).



инженера А.Н.Гостунского  
и инженера А.М.Стрельцова

# МОСТОВОЙ КРАН

ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НАЧАЛЬНОГО УЧАСТКА ЦЕНТРАЛЬНОГО ГОЛОДНО-СТЕПСКОГО КАНАЛА





Проф. В. И. Романовский и Н. Ф. Деревницкий.

## Точность полевого опыта.

(Продолжение<sup>1)</sup>).

### 3. Основные приемы определения точности опыта.

1. *Точность и типичность опыта.* Почти в каждом руководстве или наставлении к постановке каких-либо полевых опытов как аксиома выставляется следующее положение: «все условия для сравниваемых вариантов опыта должны быть тождественны, за исключением того фактора, который мы изучаем».

Если мы сравниваем урожайность разных сортов какого-либо растения, то сравниваемые делянки должны различаться только сортом засеваемого растения; все остальные условия должны быть тождественны. Если мы изучаем действие удобрений, то сравниваемые делянки должны отличаться только родом или количеством удобрения и т. д. Несмотря на всю категоричность приведенного выше положения, вдумываясь в сущность опытной работы, надо отметить, что оно не совсем верно или точнее оно *совсем не верно*. Мы ставим наши опыты в определенных условиях климата и почвы и только эти два условия мы должны сохранить тождественными для сравниваемых делянок. Остальные условия для сравниваемых вариантов (не говоря уже об изучаемом факторе) не только могут быть, но в большинстве случаев должны быть различны. Положим, мы сравнивали урожай зеленой массы вико-овсяной смеси и кукурузы. Никому и в голову не придет сравнивать эти культуры при одинаковой густоте и времени посева. В связи с последним изменится и обработка почвы.

Сравнивая те же растения по урожаю зерна, мы будем вести и разный уход за растениями.

Как видим, в нашем опыте нет и следа равенства всех условий, кроме изучаемого фактора—рода растения. Наоборот, изучаемый фактор—род растения, требует для проведения опыта для каждого из сравниваемых вариантов своих специфических условий.

Мы взяли крайний пример, в котором в опыте сравниваются два различных растения. Возьмем другой.

Мы изучаем действие удобрения на хлопчатник. Положим, мы имеем одну неудобренную делянку и другую, унавоженную по расчету 30 тонн навоза на гектар.

На первой делянке у нас получится сравнительно слабое развитие растений, испарение будет незначительно, и неудобренная делянка потребует менее мощные поливы, нежели удобренная. Кроме того, густота посева на неудобренной делянке должна быть несколько большей, нежели на удобренной.

<sup>1)</sup> См. «Вестник Иригац.» № 6 за 1928 г.



Мы опять видим, что изучаемый фактор—в нашем случае удобрение, требует для каждого варианта опыта изменение сопутствующих условий.

Особенно строго на тождестве всех сопутствующих опыту условий для всех вариантов требуют при опытах с сортами. О необходимости высевать сравниваемые сорта по расчету равного числа зерен на единицу площади существует обширная литература. Высев сортоиспытаний в один день считается строго обязательным. Между тем, каждый сорт требует своей густоты посева и имеет свой оптимальный срок посева.

Положим, мы сравниваем два сорта пшеницы, один из них имеет слабую кустистость, но твердую, хорошо сопротивляющуюся полеганию солому. Другой сорт сильно кустится, но имеет более нежную солому. При густом посеве мы дали в нашем опыте явное преимущество первому сорту, при редком второму. Только посеяв сорта с различной густотой мы ставим конкурс между ними в правильные условия.

Мы могли бы число приводимых примеров увеличить до бесконечности. Во всех них мы можем проследить, что при введении в опыт нового фактора (изучаемого) или изменении его дозировки мы должны для получения правильного ответа из опыта для каждого варианта его дать свои специфические сопутствующие условия.

Каковы должны быть эти условия? Пользуясь термином Б. Н. Рождественского, ответим—они должны быть *типичны*. Ставя опыт, мы должны каждому варианту дать такие условия, которые даются, или должны быть даны данному варианту в условиях промышленного хозяйства.

Только создавая типичные условия для каждого варианта опыта, мы можем из результатов опыта делать жизненные выводы. Наоборот, отступление от типичности может привести к полному искажению результатов опыта.

В виду этого при постановке опыта исследователь всегда должен строго продумать вопрос, какие условия и как он должен создать их для каждого варианта.

На практике достижение типичности опыта значительно облегчается, если мы примем во внимание то обстоятельство, что все наши опыты носят сравнительный характер. В виду этого мы должны стремиться по существу не к полной типичности опыта, а лишь к таким условиям для каждого варианта, чтобы сравнение вариантов давало те же результаты, как при вполне типичных условиях. Короче, мы должны стремиться не к типичности опыта, а *типичности сравнения*. Цифры, получающиеся в результате опыта, обычно не позволяют нам судить, насколько типично в нем сравнение. Условия типичности сравнения устанавливаются путем изучения культуры в промышленном хозяйстве или путем соответствующих методологических исследований. По результатам же поставленного опыта нельзя установить, искажены ли и в какой мере его результаты не типичностью сравнения. Тем более затруднительно, а в большинстве случаев невозможно, ввести в результаты опыта какие либо поправки и тем привести его к типичным условиям.

Следуя Б. Н. Рождественскому, мы понятию типичности опыта противопоставляем «точность» его.

Принимая во внимание ошибочность всех наших манипуляций при проведении опыта, мы при вполне типичной постановке опыта получаем не абсолютно верные результаты сравнения, вычисленные по урожаям сравниваемых делянок, а лишь приближенные. Чем меньше величина ошибки сравнения в опыт, тем точнее мы его считаем. Необходимо совершенно ясно отдать себе отчет в различиях типичности и точности опыта. Нарушение типичности приведет к искажению результатов опыта,



к большей или меньшей ошибке в заключениях и выводах. Корни этой ошибки лежат в неправильной организации опыта, в неправильном подходе к разрешению поставленного вопроса.

Ошибки, обуславливающие неточность опыта, лежат не в организации опыта, а в методах его постановки и проведения.

Опыт может быть не типичен, но точен. Из него мы будем получать вполне точные, но неправильные по существу данные. Наоборот, опыт может быть вполне типичен, но не точен. Из него мы получим с некоторым приближением правильные данные, по которым мы можем делать и правильные выводы, если примем во внимание погрешность в полученных цифрах. Наконец, может быть и идеальный случай—типичный и точный опыт.

В настоящей работе мы не будем касаться более вопроса о типичности опыта, предполагая, что каждый из разбираемых нами частных случаев вполне типичен. Наша задача ограничивается выявлением причин, нарушающих точность типичного опыта, и методов определения величины и источников ошибок, связанных с постановкой и проведением опыта.

2. *Причины, нарушающие точность опыта.* Наше рассмотрение приемов нахождения точности опыта мы начнем с рассмотрения причин, нарушающих точность.

Для этого прежде всего заметим, что все наши полевые опыты носят сравнительный характер. В виду этого нам несколько не интересна точность цифр урожаев или рядов их каждого варианта опыта отдельно, что собственно обычно и называют точностью опыта. Нам интересна точность разностей в урожаях сравниваемых вариантов. В дальнейшем изложении мы всюду под термином «точность полевого опыта» будем разумеать *точность сравнения*.

Положим, мы имеем две делянки А и В. Первая из них засеяна сортом хлопчатника х, вторая—у. Как для того, так и другого сорта, соблюдены все условия типичности и с равновеликих делянок мы получили урожаи  $X=100$  и  $Y=80$  К. сырца. Разность между урожаями  $d=x-y=100-80=20$ . По сути поставленного нами опыта, эта разность в урожаях должна быть отнесена на счет изучаемого нами фактора, т. е. сорта. Посмотрим, какие причины могут повлиять на точность этой цифры.

Мы считаем, что делянки А и В имеют одинаковую площадь. Мы установили это путем измерения их. Однако, измерения наши были произведены не абсолютно точно, а связаны с техническими ошибками и, быть может,  $A > B$  или  $A < B$ . В таком случае, при перечислении урожаев обоих делянок на одинаковую площадь, разность между урожаями  $d=x-y$  получится больше или меньше 20.

При учете урожая мы взвешивали его с определенной точностью. Ошибка в определении веса сырца как той, так и другой делянки, делает еще более ошибочной цифру разности урожаев. Как бы тщательно не размещали мы растения при посеве, всегда это размещение не вполне равномерно и степень равномерности неодинакова на обеих делянках. То же можно сказать про глубину заделки, манипуляции при уходе и т. д.

При культуре хлопчатника мы пользуемся искусственным орошением. Положим, для каждой из сравниваемых делянок мы, руководясь условиями типичности, установили определенные сроки и нормы полива. Положим, что сроки мы соблюдаем вполне точно. Однако, измерение количества воды при помощи водомерных приборов производится весьма приближенно. Точно также не вполне равномерно и распределение воды



по площади делянки. Эти ошибки в отмеривании количества воды, так и в ее распределении по делянке, отзываются на урожаях, которые при идеально точных нормах воды и ее распределении были бы иные, чем те, которые мы получили в опыте.

Все эти технические манипуляции, прямо или косвенно нарушающие правильность учета урожая или изменяющие в ту или другую сторону самый урожай, приводят к тому, что наблюдаемый в опыте урожай каждой делянки является не истинным урожаем, который получился бы при идеальном соблюдении всех условий техники опыта, а ошибочным. Точно также ошибочна и величина разности урожаев.

В большинстве случаев, при оценке результатов опыта, мы не можем выявить величину ошибки от каждого рода технических манипуляций, а выявляем величину ошибки от всех них в совокупности. Эту группу ошибок мы называем *ошибкой техники*.

Из рассмотрения всех причин, обуславливающих ошибку техники, мы видим: 1) все эти ошибки являются случайными; 2) каждая ошибка по отдельности и все они вместе могут с одинаковыми шансами изменить истинную разность как в ту, так и другую сторону; 3) вероятность крупных отдельных ошибок, а равно и крупной ошибки техники, меньше, чем ошибок мелких.

Кроме ошибок в технике проведения опыта, истинная разность между урожаями сравниваемых сортов хлопчатника может быть нарушена другими причинами, а именно—разницей в климате или почве сравниваемых делянок.

Что касается климата, то при расположении делянок рядом друг с другом, мы в громадном большинстве случаев можем считать, что климат у нас одинаков на всей площади, занимаемой опытом. Быть может, некоторым читателям даже покажется несколько смешным поднятый вопрос. Таковым он действительно и является для всех районов Средней и Южной СССР. Однако, в условиях Средней Азии получается несколько другая картина. При холодных течениях воздуха отдельные места поля сильнее страдают от осенних первых заморозков и размещение делянок в тождественные климатические условия представляет хотя и легко выполнимую, но ответственную задачу при постановке опыта.

Никаких сомнений не возбуждает возможность ошибки в наблюдаемой разности урожаев вследствие неоднородного плодородия поля.

При постановке опыта мы выбираем под обе сравниваемые делянки возможно однородный в почвенном отношении участок. Однако, не только при поверхностном осмотре участка, но и путем физического и химического анализа почвы мы не можем установить идентичность или различие плодородия почвы на сравниваемых делянках. Растение является совершенно своеобразным и более чувствительным реагентом на плодородие почвы, нежели все наши методы исследования. В результате нашей неправильной оценки при выборе участка, делянка А может оказаться плодороднее, нежели делянка В, или наоборот, и наблюдаемая в опыте разница в урожаях сравниваемых сортов будет обусловлена не только сортовыми различиями, но и различиями в плодородии, и будет отличаться от истинной разности на большую или меньшую величину. Ошибку разности, которая при этом получается, мы называем *ошибкой плодородия*.

Поскольку мы принимали все находящиеся в нашем распоряжении меры, чтобы плодородие почвы на обоих делянках было одинаково, поскольку и различие в плодородии может быть лишь вследствие несовершенства наших методов, и ошибку плодородия мы можем рассматривать, как *ошибку измерения*. Как таковая, эта ошибка: 1) случайна, 2) может



быть с одинаковыми шансами как положительной, так и отрицательной, 3) большая величина ошибки менее вероятна, нежели малая. Одним словом, эта ошибка имеет такой же характер, как и ошибка техники.

Рядом с этими чертами сходства между ошибками техники и плодородия имеется одно существенное различие. Величина, форма и взаимное положение сравниваемых делянок по существу не оказывают никакого влияния на величину ошибки техники. От делянки требуется лишь, чтобы она была удобна для производства типичных для нее приемов по обработке почвы и уходу за растениями. Обычно, лишь относительная величина ошибки техники растет с уменьшением делянки. По отношению к ошибке плодородия мы имеем другое положение. Величина, форма и взаимное положение делянок оказывают на нее весьма сильное влияние. Взаимоотношения здесь довольно сложны и будут освещены нами в специальной главе.

Наблюдаемая в опыте разность в урожаях сравниваемых делянок может отличаться от истинной разности еще по одной причине. Почти каждый наш полевой опыт бывает в той или иной мере поврежден вредителями растительного или животного мира. Повреждения эти и связанные с ними понижения урожая могут неравномерно поразить сравниваемые делянки. Неравномерность эта может быть обусловлена двумя различными причинами. Сравнимые сорта могут оказаться неодинаково повреждаемыми каким-либо вредителем. В результате разность сдвинется в пользу менее повреждаемого сорта. Это сдвижение разности не является ошибкой опыта. Поскольку в опыте мы изучаем разные сорта, постолько при учете урожая должна быть учтена и различная повреждаемость их. Но рядом с этим изменением величины разности, как следствие специфической особенности сорта, может произойти и отклонение наблюдаемой в опыте разности от истинной благодаря тому, что одна делянка случайно будет повреждена сильнее другой. Эту ошибку мы называем *ошибкой повреждений*.

Если мы исключим в нашем опыте различие в повреждаемости сортов, то мы должны считать, что шансы на повреждение у обоих делянок одинаковы, и вредители будут одинаково понижать урожай обоих делянок, не изменяя их разности в урожае. Но так как отклонение от этого положения случайно, мы должны принять, что получающаяся от повреждений ошибка с одинаковым правом может быть как положительна, так и отрицательна, и большая ошибка менее вероятна, чем малая.

Ошибка повреждений занимает по своим свойствам промежуточное положение между ошибкой техники и ошибкой плодородия.

Она хотя и зависит от величины, формы и взаимного расположения делянок, но в меньшей степени, нежели ошибка плодородия. Ошибка техники, которую мы будем называть  $\sigma_1$ , ошибка плодородия— $\sigma_{II}$  и ошибка повреждений— $\sigma_{III}$ , исчерпывают все ошибки, из которых складывается конечная ошибка нашего опыта, которую мы будем называть  $\sigma_d$  ( $\sigma$  разности).

В виду того, что все слагающие ошибки, как мы убедились, случайны и при слабом колебании условий для обоих делянок мы можем считать их независимыми друг от друга, то и сложение их происходит по общему правилу сложения случайных ошибок, а именно по формуле

$$\sigma_d^2 = \sigma_1^2 + \sigma^2 + \sigma_{III}^2 \dots \dots \dots (1)$$

В большинстве случаев нас интересует лишь конечная ошибка нашего опыта— $\sigma_d$ . Раздельное определение  $\sigma_1$ ,  $\sigma_{II}$  и  $\sigma_{III}$  далеко не всегда возможно. К отдельным случаям, когда это в той или иной степени доступно, мы вернемся ниже. Сейчас же мы остановимся лишь на способе нахождения  $\sigma_d$ .



Если в опыте участвуют только две делянки, как в разобранным примере, то прямое определение  $\sigma_d$  невозможно. Величину ошибки в этом случае мы можем определить лишь косвенно по другим, ранее или одновременно поставленным опытам.

Повторяя опыт несколько раз в близких условиях, мы в каждом повторении его должны получить совершенно одинаковые результаты, т. е. все получаемые величины  $d$  должны быть равны между собой

$$d_1 = d_2 = d_3 \dots = d_n.$$

В действительности, благодаря перечисленным выше случайным причинам, мы при повторении опыта никогда не получаем точного совпадения результатов и величины  $d_1, d_2, \dots, d_n$  получаются не равновеликими.

Чем меньше колебания ряда  $d$ , тем, очевидно, менее ошибочны величины отдельных разностей и наоборот. Таким образом, степень постоянства ряда  $d$  может служить мерою ошибочности отдельных сравнений. Приемы для определения степени колебаний ряда  $d$  могут быть весьма разнообразны. Мы воспользуемся для этой цели принятым в математической статистике приемом, по которому средняя ошибка отдельного варианта ряда (в нашем случае отдельной разности) вычисляется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1}} \dots (2) \dots \text{или} \sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n}} \sqrt{\frac{n}{n-1}},$$

где  $\sigma$  — ошибка отдельного наблюдения,  $\sum x^2$  сумма квадратов отклонений отдельных вариантов от средне-арифметической их ( $M$ ) и  $n$  — число повторений. В нашем случае мы можем написать нашу формулу

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum x_d^2}{n-1}} \text{ или } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (d - M_d)^2}{n-1}}.$$

Повторяя опыт сравнения пар делянок несколько раз, мы не только получаем возможность вычислить величину  $\sigma_d$ , но и уточняем результаты нашего опыта, выводя среднюю из нескольких наблюдений. Эта средняя величина ( $M$ ) более точно характеризует нам истинную безошибочную разность урожаев сравниваемых вариантов, нежели разность каждой отдельной пары делянок, ибо положительные и отрицательные ошибки отдельных  $d$  при выведении средней до известной степени взаимно уравниваются.

Ошибка средней  $m$  определяется при этом по формуле

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots (3) \text{ или } m = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n(n-1)}} \dots (3).$$

Вместо разностей между величинами урожаев сравниваемых делянок мы можем взять отношения между ними или связать их какой-либо другой зависимостью.

Как бы мы не подошли к сравнению отдельных пар делянок, мы всегда можем оценить точность сравнения в опыте по постоянству ряда результатов отдельных сравнений, характеризуя это постоянство через  $\sigma$  и  $m$ .

В особой главе мы остановимся на значении  $\sigma$  и  $m_d$  для определения достоверности нашего опыта с вероятностной точки зрения. Теперь же мы примем без доказательств, что  $\sigma_d$  и  $m_d$  являются мерами точности опыта и способы вычисления их разберем на ряде конкретных примеров в последующих главах.



#### 4. О стохастических оценках в полевом опыте.

1. Оценка результатов полевого опыта представляет проблему, не только весьма важную, но и весьма сложную: в нее входят вопросы агрономические, биологические, химические, геофизические, математические, статистические и даже политические. Не умаляя несколько важности всех этих точек зрения на полевой опыт, мы в настоящей главе остановимся на одной специальной стороне нашей проблемы—на вероятностной, или, как принято теперь говорить, на стохастической<sup>1)</sup> оценке результатов полевого опыта<sup>2)</sup>. Несмотря на кажущуюся узость, вопрос о стохастической оценке играет в полевом опыте несколько не меньшую роль, чем другие вопросы, ибо без статистики в полевом опыте невозможно обойтись, а статистические методы основаны на теории вероятностей.

Теория вероятностей имеет дело с объектами случайными, т. е. более или менее вероятными. Одним из важнейших таких объектов ее является «случайная величина». Такой величиной, следуя А. А. Чупрову, мы называем величину  $x$ , которая различные свои возможные значения, напр.

$$x_1, x_2, \dots, x_n$$

принимает в опытах или наблюдениях не навсего, а лишь с некоторыми определенными вероятностями

$$p_1, p_2, \dots, p_n.$$

Чтобы иметь возможность применить теоремы теории вероятностей, относящиеся к случайным величинам, к результатам полевого опыта, например урожаям, мы, очевидно, должны быть уверены в том, что эти результаты можно рассматривать как случайные величины или отдельные значения случайных величин. Удовлетворить этому условию далеко не легко и не просто. Для этого нужно исключить из рассмотрения все причины, которые влияют на изучаемую величину в определенном, постоянном направлении, учтя их влияние и внося соответственные поправки, чтобы после поправок остающиеся значения изучаемой величины можно было рассматривать как случайные. В дальнейшем мы будем считать эту операцию выполненной, т. е. будем считать, что мы имеем дело с случайными величинами, и изложим наиболее важные применения теории вероятностей к оценке средних и к сравнению средних, что представляет наиболее частые случаи применения статистического метода к полемому опыту.

2. Не следует думать, что случайная величина  $x$  может принимать только конечное число отдельных определенных значений, напр.  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Существуют случайные величины, имеющие бесконечное число возможных значений, которые часто заполняют некоторые границы, конечные или бесконечные, непрерывным образом. Однако, для простоты, мы остановимся на том случае, когда случайная величина  $x$  имеет конечное число возможных значений  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , которым соответствуют определенные вероятности  $p_1, p_2, \dots, p_n$  так, что  $p_i$  представляет вероятность, с которой мы можем ожидать, что  $x$  примет значение  $x_i$  в какомнибудь опыте или наблюдении, при чем мы будем рассматривать только такие опыты, в которых и возможные значения  $x$ , и их вероятности остаются без изменения.

<sup>1)</sup> Термин «стохастический» однозначный с словом «вероятностный», был впервые употреблен Я. Бернулли в его *Ars Conjectandi* (1713) и, забытый, вновь введен к жизни Вл. Бортковичем. (*Die Iterationen*, Berlin 1917, стр. IX и 3).

<sup>2)</sup> Здесь будут изложены теоретические основания этих оценок. Примеры применения их к действительному опыту будут даны в следующих главах.



Одной из наиболее важных характеристик случайной величины  $x$  является ее математическое ожидание, которое мы будем обозначать через  $E_x$  или  $x_0$  и которое определяется равенством

$$E_x = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n.$$

Для нас важность  $E_x$  обуславливается, главным образом, следующим обстоятельством. Пусть в  $s$  опытах значения  $x_1, x_2, \dots, x_s$  величины  $x$  наблюдались соответственно  $m_1, m_2, \dots, m_n$  раз, при чем  $m_1 + m_2 + \dots + m_n = s$ . Тогда средней арифметической наблюдаемых значений  $x$  будет:

$$\bar{x} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots + m_n x_n}{s}$$

и можно показать, что при достаточно большом числе наблюдений, можно утверждать с вероятностью, сколь угодно близкой к достоверности, что  $\bar{x}$  будет отличаться сколько угодно мало от  $x_0$ .

На основании этого предложения мы будем называть  $E_x$  теоретической или стохастической средней величины  $x$ .

Среднюю же  $\bar{x}$  часто называют эмпирической средней. Теоретическая средняя  $x_0 = E_x$  представляет, при наших предположениях о значениях  $x$  и их вероятностях, вполне определенную величину, а эмпирическая средняя  $\bar{x}$  — только более или менее вероятное приближение к ней. Когда  $s$  (число опытов) очень велико, тогда с большой вероятностью и малой погрешностью, можно положить  $\bar{x} = x_0$ . Когда же  $s$  не велико, вероятность значительных погрешностей в приближенном равенстве  $\bar{x} = x_0$  увеличивается. В обоих случаях, чтобы оценить надежность равенства  $\bar{x} = x_0$ , важно уметь находить вероятность тех или иных возможных отклонений  $\bar{x}$  от  $x_0$ , ибо, очевидно, тем более надежно наше приравнивание эмпирической средней теоретической средней, чем больше вероятность лишь незначительных случайных отклонений их друг от друга.

3. Мы приходим, таким образом, к задаче о разыскании вероятностей различных возможных значений разности  $\bar{x} - x_0$ , представляющей отклонение эмпирической средней  $\bar{x}$  от теоретической средней  $x_0$ .

Для этой цели служит, в известной мере, математическое ожидание,  $E(\bar{x} - x_0)^2$  квадрата разности  $\bar{x} - x_0$ . Корень квадратный из нее мы обозначим через  $\sigma(\bar{x})$  и назовем теоретическим средним (или средним квадратическим) отклонением  $\bar{x}$  от  $x_0$ . Оно называется также теоретической средней ошибкой средней  $\bar{x}$ . Можно доказать, что практически для всякого закона распределения значений  $x$  и их вероятностей<sup>1)</sup> закон распределения вероятностей разности  $(\bar{x} - x_0)$  будет очень близок к Гауссову или нормальному закону, если число опытов  $s$  будет более или менее значительно<sup>2)</sup>, и тогда вероятность, что разность  $\bar{x} - x_0$  не выйдет из пределов  $-\alpha\sigma(\bar{x})$  и  $\alpha\sigma(\bar{x})$ , равна приближенно известному интегралу

$$\frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\alpha} e^{-\frac{1}{2}t^2} dt.$$

<sup>1)</sup> По теореме А. Ляпунова для этого достаточно существование конечных математических ожиданий  $E_x$ ,  $E(x - x_0)^2$  и  $E|x - x_0|^3$ , где  $|x - x_0|$  обозначает числовое значение разности  $x - x_0$  и  $\delta$  некоторое положительное число, например  $\delta = 1$ .

Эти условия в практических случаях можно считать всегда выполняющимися.

<sup>2)</sup> Не менее нескольких десятков.



Иначе говоря, обозначив через  $P(-\alpha\sigma(\bar{x}) < (\bar{x} - x_0) < \alpha\sigma(\bar{x}))$  вероятность неравенств  $-\alpha\sigma(\bar{x}) < (\bar{x} - x_0) < \alpha\sigma(\bar{x})$ , мы можем для больших  $z$  писать

$$P(-\alpha\sigma(\bar{x}) < (\bar{x} - x_0) < \alpha\sigma(\bar{x})) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{\alpha}{\sqrt{2}}} e^{-\frac{1}{2}t^2} dt. \quad (1)$$

Часто приводятся таблицы интеграла

$$\Theta(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{1}{2}t^2} dt$$

несколько отличного от того, который стоит в правой части равенства (1). При вычислениях по таблицам этого интеграла надо пользоваться формулой

$$P(-\alpha\sigma(\bar{x}) < (\bar{x} - x_0) < \alpha\sigma(\bar{x})) = \Theta\left(\frac{\alpha}{\sqrt{2}}\right) \quad (2)$$

Таблица А дает значения вероятности  $p$  для некоторых простых значений  $\alpha$ , которых достаточно для многих практических целей.

Таблица А.

| $\alpha$ | $P$     | $Q$     |
|----------|---------|---------|
| 0,5      | 0,38292 | 0,61708 |
| 1,0      | 0,68269 | 0,31731 |
| 1,5      | 0,86639 | 1,13361 |
| 2,0      | 0,95450 | 0,04550 |
| 2,5      | 0,98758 | 0,01242 |
| 3,0      | 0,99730 | 0,00270 |
| 3,5      | 0,99953 | 0,00047 |
| 4,0      | 0,99994 | 0,00006 |

Обратим теперь внимание на то обстоятельство, что в огромном большинстве случаев нам неизвестно распределение вероятностей значений величины  $x$  и что поэтому мы не можем вычислить средней ошибки  $\sigma(\bar{x})$ , ибо она, как можно показать, равна

$$\sigma(\bar{x}) = \frac{\sigma(x)}{\sqrt{s}}$$

где

$$\sigma(x) = \sqrt{E(x - x_0)^2}$$

представляет теоретическое среднее квадратическое отклонение  $x$  и может быть найдено лишь в том случае, когда нам известны и возможные значения  $x$ , и их вероятности. Однако, если число опытов  $z$  велико, тогда



с большой вероятностью незначительной ошибки можно приближенно вычислять  $\sigma(\bar{x})$  по равенству.

$$\sigma(\bar{x}) = \sqrt{\frac{m_1 \delta x_1^2 + m_2 \delta x_2^2 + \dots + m_n \delta x_n^2}{s-1}} \dots \dots \dots (3)$$

где  $\delta x_1 = x_1 - \bar{x}$ ,  $\delta x_2 = x_2 - \bar{x}$ , ...,  $\delta x_n = x_n - \bar{x}$ ,  
 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  — наблюдаемые значения  $x$ ,  
 $m_1, m_2, \dots, m$  — частоты этих значений.

Воспользовавшись равенством (3), мы можем, следовательно, в случае большого  $s$ , писать приближенно

$$\sigma(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum m_i \delta x_i^2}{s(s-1)}} \dots \dots \dots (4)$$

при чем будет очень мала вероятность значительных ошибок в этом равенстве. Таким образом, является возможность вычислять  $\sigma(\bar{x})$  по данным опыта и, следовательно, по равенству (1), вероятности различных отклонений  $\bar{x}$  от  $x_0$ , когда  $s$  велико.

Часто бывает выгоднее рассматривать не вероятность того, что разность  $\bar{x} - x_0$  не выйдет из известных границ, а вероятность того, что она выйдет за эти границы, оставаясь случайной. Эту вероятность мы обозначим через  $Q$ . В таблице А приведены ее значения, для указанных в таблице значений  $\alpha$ . Мы видим, что случайные отклонения  $\bar{x} - x_0$ , которые численно более  $3\sigma(\bar{x})$ , имеют незначительную вероятность 0,00270. Поэтому практически такие отклонения уже не принимаются как случайные, а считаются за существенные, вызванные не случайными причинами, а постоянными, оставшимися неизвестными и неучтенными, когда мы исключали влияния постоянных причин, чтобы получить случайную величину.

4. Все изложенное только что приложимо лишь к случаю большого числа наблюдений. Когда  $s$  — число наблюдений, невелико, тогда нельзя применять ни равенства (1), ни равенства (III), и перед нами встают проблемы, вся важность которых осознана лишь с недавнего времени и которые разрешены далеко не все и не в том объеме, как того требуют практические задачи, ибо разрешение их — дело, сопряженное с большими математическими трудностями, которых чаще всего мы еще не можем преодолеть.

Одним из важнейших достижений в области проблем, связанных с небольшим числом наблюдений, является результат, полученный в 1908 г.<sup>1)</sup> английским ученым, скрывающимся под псевдонимом Стьюдент (Student). Результат этот заключается в следующем.

Предположим, что распределение вероятностей значений величин  $x$  следует закону Гаусса, при чем теоретическая средняя значений  $x$  равна, как прежде  $x_0$  и их среднее квадратическое отклонение равно  $\sigma$ . Пусть затем  $s$  наблюдений дадут нам значения  $x_1, x_2, \dots, x_s$  со средней

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_s}{s}$$

и средним квадратическим отклонением

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_s - \bar{x})^2}{s}}$$

<sup>1)</sup> Student. The probable error of a mean. Biometrika, V. VI, стр. 1—25.



Составим теперь величину

$$t = \sqrt{s-1} \frac{\bar{x} - x_0}{\sigma} \dots \dots \dots (5).$$

Стъюдент показал, что законом распределения вероятностей различных значений этой величины будет для всякого  $s$

$$\psi = C \left( 1 + \frac{t^2}{s-1} \right)^{-\frac{s}{2}},$$

где  $C$  есть некоторое постоянное число.

Основываясь на этом результате, легко вывести, что вероятность случайных значений  $t$ , не выходящих из пределов  $-\alpha$  и  $\alpha$  ( $\alpha$ —некоторое заданное положительное число) будет равна

$$P = C \int_{-\alpha}^{\alpha} \left( 1 + \frac{t^2}{s-1} \right)^{-\frac{s}{2}} dt.$$

Иначе говоря

$$P = P(-\alpha < t < \alpha) = C \int_{-\alpha}^{\alpha} \left( 1 + \frac{t^2}{s-1} \right)^{-\frac{s}{2}} dt. \dots \dots \dots (6).$$

Отсюда нетрудно видеть, что вероятность значений  $t$ , выходящих за границы  $-\alpha$ ,  $\alpha$  равна  $1-P$

$$P(t \leq -\alpha \text{ или } t \geq \alpha) = 1 - P, \dots \dots \dots (7).$$

а вероятность значений  $t$ , которые не менее  $\alpha$ , равна  $\frac{1}{2} (1 - P)$

$$P(t \geq \alpha) = \frac{1}{2} (1 - P).$$

(Окончание следует).



Инж. п. с. О. В. Вяземский.

Сотрудн. Оп. Иссл. Ин-та В. Х.

## К вопросу исследования гранулометрического состава инертных материалов бетона.

Из текущих работ ОИИВХ.

### 1. Вывод основных зависимостей.

Цель настоящего небольшого очерка—подвести некоторые итоги в области механического анализа грунтов, а также поставить для обсуждения некоторые вопросы, по нашему мнению, представляющие интерес в области расчета состава инертных материалов бетона, а также оптимального состава гравийных дорог и проч.

Инженеру и исследователю часто приходилось и приходится сталкиваться с вопросом об оценке гранулометрического состава грунтов (понимая слово «грунт» как смесь частиц различных диаметров) с точки зрения наиболее благоприятного распределения фракций для различных надобностей, а также для нахождения пропорций смесей различных компонентов, удовлетворяющих заданным условиям.

В дальнейшем будем рассматривать вопрос, главным образом, с точки зрения требований, предъявляемых к инертным материалам бетона, но, как будет показано далее, полученные результаты хорошо увязываются с данными об оптимальном составе смесей для гравийных дорог.

Попытки подойти к этому в прошлом заключались в подыскании зависимостей между средним диаметром фракции ( $d$ ) грунта и относительным содержанием ее в смеси. Иными словами, искалась некоторая теоретически-оптимальная форма кривой участия фракций в смеси.

В 1907 году американским инженером Фуллером дана формул вида

$$p = 100 \sqrt{\frac{d}{D}} \dots \dots \dots (1)$$

$p$  (в %/о), часть смеси с диаметром частиц менее  $d$ .  $D$ —максимальный диаметр частиц. Эта формула является частным случаем формулы более общего вида, предложенной в дальнейшем американским профессором Тальботом:

$$p = 100 \left( \frac{d}{D} \right)^m \dots \dots \dots (2)$$

Значения  $m$  заключаются в пределах, для которых американская практика назначила неширокие пределы от 0,46 до 0,52, теоретически, впрочем, ничем не доказанные.



Вид кривой Тальбота не имеет теоретических разногласий с физическими условиями, предъявляемыми к подобного рода смесям, а именно выражает закон сбега фракций с различной интенсивностью в зависимости от показателя  $m$ . Закон этот на протяжении всех фракций смеси не меняется, что, очевидно, согласуется с условиями однородности смеси во всех ее частях. Пограничные условия ( $p=1; Z=1$  и  $p=0; Z=0$ ) соблюдены.

Условимся, что при удовлетворении некоторым грунтом поставленного условия, формула (2), при некотором определенном диапазоне фракций, количественное участие отдельных фракций его наиболее благоприятно для заданных условий при этом диапазоне. Под «диапазоном фракций» будем понимать то предельное значение

$$Z_m = \frac{d_m}{D} \dots \dots \dots (3)$$

при котором достигается заданное минимальное содержание  $p_m$  фракции мельче  $d_m$ .

Во всех случаях, когда необходимо найти соотношение фракций, обеспечивающее соблюдение условий минимального содержания пустот или максимальной плотности, например, для подбора инертных материалов бетона, в дорожном строительстве и т. п., ф-ла Тальбота, как показал опыт, дает хороший критерий для суждения о качестве этих материалов.

Вид формулы позволяет строить семейство линий, характеризующихся различными величинами параметра  $m$ , и поэтому пользование ею одинаково пригодно для грунтов с различным диапазоном фракций (различной крупности в известных пределах).

Для наглядного оперирования зависимостью вида

$$p = Z^m \dots \dots \dots (2^{bis})$$

где  $Z = \frac{d}{D}$  в графической интерпретации необходимо поставить условие, чтобы, по мере уменьшения диаметров фракций, точность графика не падала. Такому условию лучше всего удовлетворяет прямоугольная логарифмическая координатная сетка. При этом линии, согласно уравнению ( $2^{bis}$ ), будут лучами, исходящими из точки ( $p=1, Z=1$ ).

Градация ступеней средн. диаметров фракций при механическом анализе, устанавливающая для последовательных крупностей зависимость:

$$Z = a^{-x} \dots \dots \dots (4)$$

$a$  — постоянная,  $x$  — порядковый номер последовательных сит в ставке (крупностей), будет давать в этой координатной сетке для значений  $x$  арифметическую шкалу (в дальнейшем это будет пояснено). Например, для ставки Тайлера, принятую с небольшими изменениями проектом «Технических условий и норм проектирования и возведения бетонных сооружений», Бюро Нормирования Стройпроизводства 1928 г., для которой  $a=2$  и  $x$  меняется через единицу, расстояния между ординатами, соответствующими последовательным №№ сит (при модуле шкалы = 1) будет  $0,30103 = Zg2$ .

<sup>1)</sup> Во всех дальнейших выкладках (не оговоренных особо)  $p$  принимается в виде правильной дроби.



Элементы нормальной ставки сит Бюро Нормирования Стройпроизводства.

Таблица 1.

| №№ сит                     | 1       | 2       | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|----------------------------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Диам. от-<br>верст. в м/м. | 40      | 20      | 10    | 5     | 2,5   | 1,25  | 0,60  | 0,30  | 0,15  |
| $Z_m = \frac{0,15}{D}$     | 0,00375 | 0,00750 | 0,015 | 0,030 | 0,060 | 0,120 | 0,250 | 0,500 | 1,000 |

Ниже помещена таблица 2 значение функций  $p = Z^m$ , а графическое ее изображение в приложении чер. 2.

Значения  $p = Z^m$ .

Таблица 2.

| $\begin{matrix} m \\ Z \end{matrix}$ | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,8   | 1,0   | 1,2   | 1,4   |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1                                    | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 0,9                                  | 0,959 | 0,949 | 0,939 | 0,919 | 0,900 | 0,881 | 0,863 |
| 0,8                                  | 0,915 | 0,894 | 0,875 | 0,837 | 0,800 | 0,765 | 0,732 |
| 0,7                                  | 0,867 | 0,837 | 0,807 | 0,752 | 0,700 | 0,652 | 0,607 |
| 0,6                                  | 0,815 | 0,775 | 0,736 | 0,665 | 0,600 | 0,542 | 0,489 |
| 0,5                                  | 0,758 | 0,707 | 0,660 | 0,574 | 0,500 | 0,435 | 0,379 |
| 0,4                                  | 0,693 | 0,632 | 0,577 | 0,480 | 0,400 | 0,333 | 0,277 |
| 0,3                                  | 0,618 | 0,548 | 0,486 | 0,382 | 0,300 | 0,236 | 0,185 |
| 0,2                                  | 0,525 | 0,447 | 0,381 | 0,276 | 0,200 | 0,145 | 0,105 |
| 0,1                                  | 0,398 | 0,316 | 0,251 | 0,158 | 0,100 | 0,063 | 0,040 |
| 0,09                                 | 0,382 | 0,300 | 0,236 | 0,146 | 0,090 | 0,056 | 0,034 |
| 0,08                                 | 0,364 | 0,283 | 0,220 | 0,133 | 0,080 | 0,048 | 0,029 |
| 0,07                                 | 0,345 | 0,265 | 0,203 | 0,119 | 0,070 | 0,041 | 0,024 |
| 0,06                                 | 0,325 | 0,245 | 0,185 | 0,105 | 0,060 | 0,034 | 0,019 |
| 0,05                                 | 0,302 | 0,224 | 0,166 | 0,091 | 0,050 | 0,027 | 0,015 |
| 0,04                                 | 0,276 | 0,200 | 0,145 | 0,076 | 0,040 | 0,021 | 0,011 |
| 0,03                                 | 0,246 | 0,173 | 0,122 | 0,060 | 0,030 | 0,015 | 0,007 |
| 0,02                                 | 0,209 | 0,141 | 0,096 | 0,044 | 0,020 | 0,009 | 0,004 |
| 0,01                                 | 0,158 | 0,100 | 0,063 | 0,025 | 0,010 | 0,004 | 0,002 |
| 0,009                                | 0,152 | 0,095 | 0,059 | 0,023 | 0,009 | 0,004 | 0,001 |
| 0,008                                | 0,145 | 0,089 | 0,055 | 0,021 | 0,008 | 0,003 | —     |
| 0,007                                | 0,137 | 0,084 | 0,051 | 0,019 | 0,007 | 0,003 | —     |
| 0,006                                | 0,129 | 0,078 | 0,046 | 0,017 | 0,006 | 0,002 | —     |
| 0,005                                | 0,120 | 0,071 | 0,042 | 0,014 | 0,005 | 0,002 | —     |
| 0,004                                | 0,110 | 0,063 | 0,036 | 0,012 | 0,004 | 0,001 | —     |
| 0,003                                | 0,098 | 0,055 | 0,031 | 0,010 | 0,003 | —     | —     |
| 0,002                                | 0,083 | 0,045 | 0,024 | 0,007 | 0,002 | —     | —     |
| 0,001                                | 0,063 | 0,032 | 0,016 | 0,004 | 0,001 | —     | —     |

Установив, таким образом, исходные положения и принцип графического построения, нетрудно перейти к определению понятия и установлению размеров *гранулометрического модуля*—величины, имеющей большое значение в практических приложениях.

Базируясь на определении гранулометрического модуля по проф. Д. Абрамсу, как на величине площади, заключенной между кривой весового участия фракций по Тальботу (в логарифмических координатах только для значений  $Z$ ) со стороны вогнутости, осью абсцисс и предельной ординатой ставки (для упомянутой ставки  $d_m = 0,15$  м.м., заштрихована на чер. 1), получим для этой площади выражение



$$F = \int_0^x (1 - a^{-mx}) dx = x - \frac{1 - a^{-mx}}{m \ln a} = - \frac{\lg Z_m}{\lg a} - \frac{1 - Z_m^m}{m \ln a} \dots (5)$$

(см ф-лу (4)).

Ниже помещена таблица № 3 значений  $F$  при  $a=2$  (для той же ставки) и различных значениях  $m$ , а соответственный график — в приложении черт. 3.

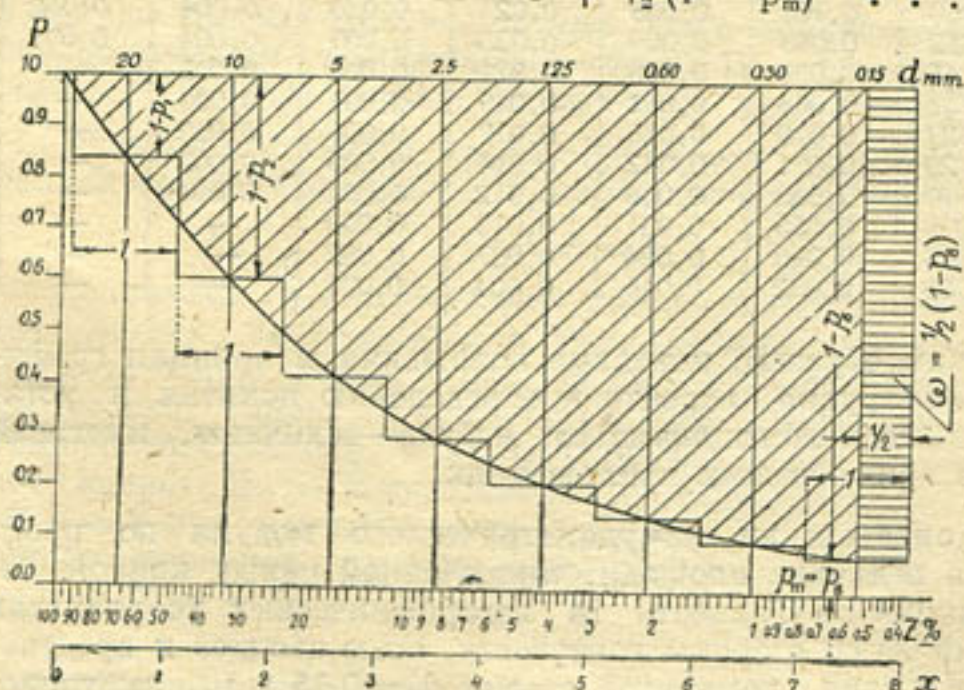
$$\text{Значения } F = - \frac{\lg Z_m}{\lg 2} - \frac{1 - Z_m^m}{m \ln 2}$$

Таблица 3.

| m                      |      | 0,40  | 0,50  | 0,60  | 0,80  | 1,00  | 1,20  | 1,40  |
|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Z_m = \frac{0,15}{D}$ | D    |       |       |       |       |       |       |       |
| %                      | м.м. |       |       |       |       |       |       |       |
| 7,5                    | 2    | 1,410 | 1,642 | 1,841 | 2,161 | 2,402 | 2,588 | 2,734 |
| 3,0                    | 5    | 2,339 | 2,673 | 2,948 | 3,365 | 3,659 | 3,875 | 4,036 |
| 1,5                    | 10   | 3,124 | 3,527 | 3,848 | 4,318 | 4,638 | 4,864 | 5,031 |
| 0,75                   | 20   | 3,962 | 4,423 | 4,782 | 5,292 | 5,627 | 5,860 | 6,030 |
| 0,50                   | 30   | 4,470 | 4,962 | 5,339 | 5,866 | 6,208 | 6,444 | 6,614 |
| 0,375                  | 40   | 4,838 | 5,350 | 5,739 | 6,276 | 6,622 | 6,858 | 7,029 |
| 0,250                  | 60   | 5,365 | 5,903 | 6,305 | 6,855 | 7,205 | 7,443 | 7,614 |
| 0,1875                 | 80   | 5,745 | 6,298 | 6,710 | 7,267 | 7,619 | 7,857 | 8,029 |

При вычислении модуля  $M$ , как суммы полных остатков на ситах, что обычно практикуется на практике, приходится вводить коррекцию

$$M = F + \frac{1}{2} (1 - p_m) \dots \dots \dots (6)$$



Черт. 1.

Сказанное явствует из черт. 1, где площадь, ограниченная ступенчатой линией  $M = 1 \times \sum 1 - p$  (сумма полных остатков на ситах) и избыточная площадь  $\omega = \frac{1}{2} (1 - p_m)$ .

Введя эту поправку, получим значения  $M$ , данные в таблице № 4 и графике (прилож. черт. 4).



$$\text{Значения } M = F + \frac{1 - Z_m}{2}$$

Таблица 4.

| m                      |      | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $Z_m = \frac{0,15}{D}$ | D    |      |      |      |      |      |      |      |
| %                      | м.м. |      |      |      |      |      |      |      |
| 7,5                    | 2    | 1,73 | 2,00 | 2,23 | 2,60 | 2,86 | 3,07 | 3,20 |
| 3,0                    | 5    | 2,72 | 3,09 | 3,39 | 3,83 | 4,14 | 4,37 | 4,53 |
| 1,5                    | 10   | 3,53 | 3,97 | 4,31 | 4,80 | 5,13 | 5,36 | 5,53 |
| 0,75                   | 20   | 4,39 | 4,88 | 5,25 | 5,78 | 6,12 | 6,36 | 6,53 |
| 0,50                   | 30   | 4,91 | 5,43 | 5,82 | 6,36 | 6,70 | 6,94 | 7,11 |
| 0,375                  | 40   | 5,28 | 5,82 | 6,22 | 6,77 | 7,12 | 7,36 | 7,53 |
| 0,250                  | 60   | 5,82 | 6,38 | 6,79 | 7,35 | 7,70 | 7,94 | 8,11 |
| 0,1875                 | 80   | 6,20 | 6,78 | 7,20 | 7,76 | 8,12 | 8,36 | 8,53 |

Вычисление модуля по формуле (5) и соответственным таблицам и графикам не всегда удобно, т. к. параметр  $m$  обычно явно не бывает задан. На практике этот параметр (вполне однозначно) определяется совокупностью значений диапазона фракций  $Z_m$  и остатка, прошедшего через последнее сито в ставке  $p_m$ . Величина  $Z_m$  известна, она определяется формулой (3), а  $p_m$  — непосредственным взвешиванием остатка, прошедшего через последнее сито в ставке.

Беря за независимую переменную  $p$  и выражая  $m$  через  $p$  и  $Z$ , согласно формулы (2<sup>bis</sup>), получим для площади  $F$  выражение:

$$F = - \frac{\text{Lg } Z_m}{\text{Lg } a} - \frac{(1 - p_m) \text{Lg } Z_m}{\text{Lg } p_m \ln a} \dots \dots \dots (7)$$

В прилагаемой таблице № 5 даны значения  $F$  для различных  $Z$ , ( $D$ ) при  $a = 2$ . Введя корректив на вычисление модуля в конечных разностях по ф-ле (6) получим значения  $M$  в виде следующей табл. № 6.

$$\text{Значения } F = - \frac{\text{Lg } p}{\text{Lg } 2} - \frac{1 - p_m}{\ln 2 / \text{Lg } Z \text{Lg } p_m} \dots \dots \dots (7)$$

Таблица 5.

| $p_m$ %                |      | 0,0   | 0,5   | 1,0   | 2,0   | 4,0   | 6,0   | 8,0   | 10,0  |
|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Z_m = \frac{0,15}{D}$ | D    |       |       |       |       |       |       |       |       |
| %                      | м.м. |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7,5                    | 2    | 3,737 | 3,035 | 2,934 | 2,801 | 2,622 | 2,488 | 2,376 | 2,276 |
| 3,0                    | 5    | 5,059 | 4,109 | 3,971 | 3,791 | 3,550 | 3,368 | 3,216 | 3,081 |
| 1,5                    | 10   | 6,059 | 4,921 | 4,756 | 4,541 | 4,252 | 4,034 | 3,852 | 3,691 |
| 0,75                   | 20   | 7,059 | 5,733 | 5,541 | 5,291 | 4,954 | 4,700 | 4,488 | 4,300 |
| 0,50                   | 30   | 7,644 | 6,208 | 6,001 | 5,729 | 5,364 | 5,090 | 4,859 | 4,656 |
| 0,375                  | 40   | 8,059 | 6,545 | 6,326 | 6,040 | 5,655 | 5,366 | 5,123 | 4,909 |
| 0,250                  | 60   | 8,644 | 7,021 | 6,786 | 6,479 | 6,066 | 5,756 | 5,495 | 5,266 |
| 0,1875                 | 80   | 9,059 | 7,358 | 7,111 | 6,789 | 6,357 | 6,032 | 5,759 | 5,518 |



$$\text{Значения } M = F + \frac{1 - P_m}{2}$$

Таблица 6

| $Z_m = \frac{0,15}{D}$ |     | $P_m \%$ | 0,0  | 0,5  | 1,0  | 2,0  | 4,0  | 6,0  | 8,0  | 10,0 |
|------------------------|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\%$                   | мм. | D        |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7,5                    | 2   |          | 4,24 | 3,53 | 3,43 | 3,29 | 3,10 | 2,96 | 2,84 | 2,73 |
| 3,0                    | 5   |          | 5,56 | 4,61 | 4,47 | 4,28 | 4,03 | 3,84 | 3,68 | 3,53 |
| 1,5                    | 10  |          | 6,56 | 5,42 | 5,25 | 5,03 | 4,73 | 4,50 | 4,31 | 4,14 |
| 0,75                   | 20  |          | 7,56 | 6,23 | 6,04 | 5,78 | 5,43 | 5,17 | 4,95 | 4,75 |
| 0,50                   | 30  |          | 8,14 | 6,70 | 6,50 | 6,22 | 5,84 | 5,56 | 5,32 | 5,11 |
| 0,375                  | 40  |          | 8,56 | 7,04 | 6,82 | 6,53 | 6,13 | 5,84 | 5,58 | 5,36 |
| 0,250                  | 60  |          | 9,14 | 7,52 | 7,28 | 6,97 | 6,55 | 6,23 | 5,95 | 5,72 |
| 0,1875                 | 80  |          | 9,56 | 7,85 | 7,61 | 7,28 | 6,84 | 6,50 | 6,22 | 5,97 |

В приложениях, черт. 5 и 6, даны графики  $F$  и  $M$  в функции  $P_m$  при различных значениях  $Z$ , выбранных по наиболее употребительным на практике максимальным диаметрам  $D$ .

Практическое пользование выведенными зависимостями может быть в нескольких направлениях. Приведем несколько из возможных. Наглядывая данные механического анализа какого-либо грунта на график (черт. 2), можно наглядно судить об удовлетворительном или обратном распределении его фракций, а, следовательно, и способах улучшения грунта путем добавления недостающих фракций или удаления избыточных. Эта же цель достигается, с несколько меньшей точностью, вычислением гранулометрического модуля грунта и сравнением с теоретическим.

Если при данном диапазоне фракций исследуемый грунт дает модуль  $M_f$ , а при том же диапазоне теоретический модуль равен  $M_m$ , то отношение

$$\frac{M_f}{M_m} = \beta \dots \dots \dots (8)$$

можно назвать *гранулометрическим индексом* исследуемого грунта. Чем ближе этот индекс приближается к 1-це, тем удовлетворительнее, вообще говоря, распределение его фракций.

Этот индекс, наряду с гранулометрическим модулем Абрамса, достаточно для практики однозначно определяет свойства грунта со стороны распределения в нем фракций различной крупности.

Здесь необходимо отметить, что для искусственных смесей вычисление  $\beta$  может иметь только второстепенное значение, ибо фактический модуль  $M_f$  в этом случае равен тому, который был принят при определении состава смеси. Главное значение  $\beta$  только при оценке смесей естественных, для которых  $M_f$  зависит только от свойств самой смеси (Ср. результаты вычисления  $\beta$  в примерах 1 и 2).

Наконец, можно подобрать, на основании ф-лы (2<sup>bis</sup>) и соответствующего графика (черт. 8), соотношения фракций искусственных смесей, удовлетворяющих заданным требованиям.



## II. Практические приложения.

Данные ф-лы ( $2^{bis}$ ), представленные в таблице № 2 и черт. 2, следующих, главным образом, цель установления надлежащего состава инертных материалов бетона, хорошо согласуются, например, с данными Научно-Исследовательского Дорожного Бюро в Ленинграде (в труде инж. Пашкова по оптимальным смесям для гравийных дорог). При даваемых инж. Пашковым значениях последовательных крупностей фракций и коэффициентах сбега, значения  $r$  весьма близко подходят к ур-нию Тальбота при значениях  $m$  в пределах от 0,6 до 0,3. Таким образом, данные таблицы № 2 и соотв. графика 8 вполне приложимы к определению оптимального состава смеси для гравийных дорог.

В дальнейшем же наше внимание будет сосредоточено исключительно на оценке качеств инертных материалов бетона. Дальнейшему необходимо предпослать замечание следующего рода. Предполагается, что все исследуемые грунты будут удовлетворять условию непрерывного изменения диаметра частиц от максимального ( $D$ ) до 0.

Случай грунта, у которого отсутствует часть мелких фракций (например, отгрохоченный гравий), будет рассмотрен особо. Итак, предполагаем, что исследуемый грунт удовлетворяет поставленному выше условию.

Один из основных факторов, определяющих пригодность и качество материала—это количество мельчайших частиц (прошедших через сито в 0,15 мм.).

Как было показано выше, эта величина  $r_m$ , вместе с диапазоном фракций  $Z_m$ , определяет теоретический гранулометрический модуль  $M$ . Вместе с тем  $r_m$  ограничено практическими требованиями техники бетоностроения о предельном содержании мельчайших частиц.

В приложении приведен график черт. 7, в котором даны верхние пределы значений  $r_m$ , в зависимости от реального состава бетона ( $1:n$ ), т. е. объема инертных материалов в стандартно-уплотненном состоянии на 1-цу объема цемента.

Данные графика увязаны как с требованиями практики, так и с существующими в СССР техническими условиями и нормами <sup>1)</sup>. При этом крайние значения  $m$  в ур-нии ( $2^{bis}$ ) колеблются в пределах:

для  $D = 5$  мм.—от 0,75 до 1,00

»  $D = 80$  » — » 0,47 » 0,61

придерживаясь данных американской практики. Для остальных случаев имеют место промежуточные значения. В дальнейшем эти данные должны быть уточнены на основании опыта.

Для удобства практического пользования (в смысле оценки распределения фракций в исследуемом грунте) график прил. черт. 2 удобно превратить в номографический вид (см. прил. черт. 8). Сущность преобразования заключается в том, что построена особая шкала для значений  $m$  (вместо проведения отдельных лучей по вычисленным точкам). Таким образом, проводя луч из точки ( $Z=1; r=1$ ), мы на этой шкале непосредственно читаем значение  $m$  для этого луча.

Шкала  $Z$  дополнена шкалой  $D$ , согласно ур-нию (3) при  $d_m = 0,15$  мм. Шкала  $r$  дополнена шкалой ( $1-r$ ), т. к. эта последняя величина обычно определяется непосредственным измерением. На той же масштабной сетке нанесены линии на расстояниях, соответствующих отдельным №№ нормальной ставки сит.

<sup>1)</sup> «Временные технические условия и нормы проектирования и возведения железобетонных сооружений». Изд. 1926 г.



Данные механического анализа наносятся на кусок прозрачной бумаги, пользуясь последними линиями, при чем на ординатах откладываются непосредственно значения  $(1-p)$ —полные остатки на ситах—по соответствующей шкале. На этом же куске бумаги проводится верхняя направляющая абсцисса. Соединяя между собой смежные точки прямыми, получим ломаную линию, характеризующую распределение фракций в рассматриваемой смеси. Чем ближе эта ломаная приближается к прямой, тем ближе распределение фракций приближается к желательному по ур-нию (2<sup>bis</sup>). Проведя на глаз прямую линию, проходящую через точку  $p_m$  (для заданной смеси), наиболее приближающуюся к данной ломаной, мы сможем сразу определить для этой прямой величину  $m$  в ф-ле (2<sup>bis</sup>) и расчетный максимальный диаметр  $D$ . Для этого накладываем прозрачную бумагу на график таким образом, чтобы направляющая абсцисса совпадала с абсциссой на чертеже и проведенная прямая линия прошла через точку  $(Z=1; p=1)$ . При этом можно будет по соответствующим шкалам отсчитать  $m$  и  $D$ : первую величину—в месте пересечения шкалы  $m$  с проведенным лучом; вторую—в месте пересечения ординаты, соответствующей  $d_m = 0,15$  мм. со шкалой  $D$ . Количество недостающих или избыточных фракций по отношению к теоретическому (при соответствующем  $m$ , для которого проведен луч) получается следующим образом: берем непосредственно на графике величины  $p$  (или  $1-p$ ), соответствующие последовательным №№ ставки сит по проведенной «распределительной линии», и вычисляем по ним теоретические остатки на каждом из сит:

$$\Delta p_x = p_{x-1} - p_x \dots \dots \dots (9)$$

$x$ —порядковый номер сита в ставке.

Сравнивая полученные теоретические значения  $\Delta p$  с фактическими, определим количество недостающих или избыточных фракций для каждого из сит. Приведем два примера анализа инертных материалов в практике ОИИВХ.

**Пример 1.** Этот материал представляет из себя смесь гравия и песка для бетона, составленную искусственно. Механический анализ ее следующий:

| $d_{мм}$     | 40 | 20  | 10  | 5   | 2,50 | 1,25 | 0,60 | 0,30 | 0,15 | <0,15 | $M_f$ |
|--------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|-------|
| $\Delta p\%$ | 13 | 224 | 363 | 84  | 24   | 83   | 135  | 54   | 7    | 13    | —     |
| $1-p\%$      | 13 | 237 | 600 | 684 | 708  | 791  | 926  | 980  | 987  | —     | 5,93  |

Построение, относящееся к данной смеси, показано в приложении на чер. 9.

а) Замечаем, что максимальная крупность  $D$  нашей смеси близка к 40 мм. Допустим, что бетон должен обладать реальным составом  $p=7$ . Из графика чер. 7 усматриваем, что желательное  $p_m$ , для данной крупности и состава, близко к 4,6% и проводим через полученные точки указанным выше образом прямую.

б) Находим по шкале  $m$  соответствующее проведенной линии значение ( $m=0,55$ ), а по шкале  $D$  расчетный максимальный диаметр ( $D=40$  мм.)

в) Находим непосредственно по сетке (отсчитывая в местах пересечения распределительной линии с ординатами ставки сит) теоретические значения  $p$  и составляем следующую табличку.



| $d_{\text{мм.}}$                      | 40   | 20  | 10  | 5   | 2,5 | 1,25 | 0,60 | 0,30 | 0,15 | <0,15 |
|---------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------|
| $p^{\circ}_{\infty}$                  | 1000 | 680 | 460 | 310 | 210 | 148  | 100  | 67   | 46   | —     |
| $\Delta p^{\circ}_{\infty}$           | 0    | 320 | 220 | 150 | 100 | 62   | 48   | 33   | 21   | 46    |
| $\Delta p^{\circ}_{\text{факт. } \%}$ | 13   | 224 | 363 | 84  | 24  | 83   | 135  | 54   | 7    | 13    |
| Недостат. (—)                         | —    | 96  | —   | 66  | 76  | —    | —    | —    | 14   | 33    |
| Избыток (+) $\%$                      | 13   | —   | 143 | —   | —   | 21   | 87   | 21   | —    | —     |

Очевидно, сумма избытков по всем фракциям (285 $\%$ ) должна равняться сумме недостатков (285 $\%$ ), это равенство служит контролем вычислений.

Для вычисления гранулометрического индекса, необходимо определить теоретический модуль, соответствующий  $D = 40$  мм. и  $p_m = 4,6\%$ . Согласно графика чер. 6, или таблицы № 6, этот последний равен

$$M_m = 6,00, \text{ откуда } \beta = \frac{5,93}{6,00} = 0,99, \text{ см. ф-лу (8).}$$

*Пример II.* Этот материал представляет из себя естественную смесь песка и гравия, примененную в качестве инертного материала бетона. Механический ее анализ представлен ниже.

| $d_{\text{мм.}}$            | 40 | 20 | 10  | 5   | 2,5 | 1,25 | 0,60 | 0,30 | 0,15 | <0,15 | $M_f$ |
|-----------------------------|----|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------|-------|
| $\Delta p^{\circ}_{\infty}$ | —  | 65 | 193 | 178 | 90  | 142  | 102  | 145  | 59   | 26    | —     |
| $1 - p^{\circ}_{\infty}$    | —  | 65 | 258 | 436 | 526 | 668  | 770  | 915  | 974  | —     | 4,61  |

Соответственное построение показано в приложении на чер. 10. Задаваясь реальным составом  $n = 6,5$  (каков в данном случае и был применен), определим по чер. 7 соответственное  $p_m = 4,8$  (задавшись по графику приближенно  $D = 20$ ) и, проведя аналогично луч, находим по графику интересующие нас величины:

$$m = 0,61; \quad D = 22 \text{ мм.}$$

Прodelав вычисление, подобно описанному выше, находим недоста-точные и избыточные фракции в нашей смеси.

| $d_{\text{мм.}}$ | 40—20 | 20—10 | 10—5 | 5—2,5 | 2,5—1,25 | 1,25—0,60 | 0,60—0,30 | 0,30—0,15 | <0,15 | $\Sigma$ |
|------------------|-------|-------|------|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|----------|
| Недост. (—) $\%$ | 0     | 118   | 43   | 40    | —        | —         | —         | —         | 22    | 224      |
| Избыток (+) $\%$ | —     | —     | —    | —     | 40       | 42        | 109       | 33        | —     | 224      |

<sup>1)</sup> Эти цифры взяты из предыдущей таблички.



Теоретический модуль, соответствующий найденным  $D$  и  $p_m$  по чер. 6 равен  $M = 5,37$ , откуда  $\beta = \frac{4,61}{5,37} = 0,86$ .

Здесь мы уже видим несколько меньшее значение  $\beta$ , что вполне понятно, принимая сделанные пояснения к ф-ле (8).

Особый случай применения ф-лы (2<sup>bis</sup>) представляют грунты, у которых отсутствует часть мелких фракций (обычно искусственно удаленные, например, отгрохоченный гравий).

Предположим, что оставшиеся фракции удовлетворяют ур-ию Талбота. Максимальный диаметр частиц  $D$  и минимальный  $d_0$ , а соответствующий диапазон фракций— $Z_0$ . Очевидно, в этом случае должны быть соблюдены пограничные условия:  $Z = 1, p = 1$ ;  $Z = Z_0, p = 0$ .

Нетрудно усмотреть, что этому условию удовлетворяет равенство

$$p = \frac{Z^m - Z_0^m}{1 - Z_0^m} \dots \dots \dots (10)$$

или 
$$1 - p = \frac{1 - Z^m}{1 - Z_0^m} \dots \dots \dots (10^{bis})$$

Последнее выражение известно в американской литературе под именем уравнения Kitts—Peugh.

Если задаться, исходя из тех или иных соображений, величиной  $p$ , т. е. тем фиктивным количеством частиц, мельче  $d_0$ , или  $m$ , то для этого случая применимы все формулы и построения, выведенные ранее для грунтов с изменением фракций от  $D$  до 0.

Например, желая проверить распределение фракций некоторого грунта, достаточно найти на графике чер. 8 точку с координатами  $Z_0, p_0$  и соединить с точкой ( $Z = 1; p = 1$ ), чтобы получить требуемую распределительную линию и тем самым показатель  $m$ . В случае, если  $m$  задано непосредственно, построение распределительной линии сводится к соединению прямой точки ( $Z = 1; p = 1$ ) с точкой на шкале  $m$ , соответствующей заданному значению этой величины. При этом величина  $p_0$  может быть отсчитана против ординаты с абсциссой  $Z_0$ . Для нанесения данных механического анализа на график, необходимо будет относить полученные остатки на ситах к фиктивной навеске, равной

$$A = A_0 \frac{1}{1 - p_0} \dots \dots \dots (11)$$

где  $A_0$  — действительная навеска, и уже в таком виде наносить на график.

Например, если  $p_0 = 33\%$ ,  $A_0 = 1000$  гр., то

$$A = \frac{1000}{1 - 0,33} \approx 1500 \text{ гр.}$$

**Пример 3.** Возьмем в качестве примера гравий, примененный для смеси, разобранный в примере 1-м. Механический анализ его дан ниже.

| $d_{\text{мм.}}$                              | 40 | 20  | 10  | 5    | $M_f$ |
|-----------------------------------------------|----|-----|-----|------|-------|
| $\Delta p^{\circ}_{\infty} \dots \dots \dots$ | 20 | 335 | 542 | 103  | —     |
| $1 - p^{\circ}_{\infty} \dots \dots \dots$    | 20 | 355 | 897 | 1000 | 7,27  |



Смесь состояла из 0,33 частей песка и 0,67 частей гравия. В данном случае  $p_0=0,33$  фиктивная навеска  $A=1.500$  и соотв. проценты.

| $d_{mm}$              | 40 | 20  | 10  | 5   |
|-----------------------|----|-----|-----|-----|
| $1-p_0/100$ . . . . . | 13 | 237 | 600 | 670 |

Если сравнить эти результаты с приведенными в примере 1-м, то мы заметим полное совпадение данных первых колонн, до  $d=5$  мм., где уже начинает сказываться примесь песка. Таким образом, очевидно, задача сводится к ранее рассмотренной.

Переход к желательному модулю для грунтов с отсутствием мелких фракций на основании изложенного выводится очень просто. Если диапазон фракций для данного грунта при наименьшем диаметре  $d_m$  будет  $Z_m$ , а при фактическом наименьшем диаметре  $d_0$ —соответствующий диапазон фракций  $Z_0$  и фиктивный остаток  $p_0$ , то имеем

$$\left. \begin{aligned} M &= X_m - \frac{Lg Z_0}{Lg p_0 \ln a} + \frac{p_0 X_0}{1-p_0} + \frac{1}{2} \\ X_m &= - \frac{lg Z_m}{Lga} ; X_0 = - \frac{Lg Z_0}{Lga} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (12)$$

{Выводится по аналогии с ф-лой (7)}

Так как эта задача представляет больше академический интерес, подробно останавливаться на ней не станем; очевидно, к ней применены соответственно приспособленные выводы части I настоящей работы.

В заключение в приложении чер. 11 дан график, составленный на основании данных Чикагской лаборатории, помещенных также в труде проф. Н. М. Беляева «Метод подбора состава бетона», 1927 г., дающий для различных реальных составов ( $n$ ) и максимальных диаметров ( $D$ )—желательные значения гранулометрического модуля для инертных материалов бетона.

Приведенные значения гранулометрического модуля относятся к случаю применения песка и гравия, т. е. материалов, частицы коих имеют, примерно, шарообразную форму.

Для остальных случаев надо внести поправки.

1. Для щебня—необходимо из значений модуля вычесть 0,25.
2. То же при применении гравия с плоскими частицами.
3. То же при применении высевок вместо песка.
4. Если щебень прибавлен к песку и гравия в количестве не более 30%—уменьшение модуля не делается.
5. Для конструкций, у которых наименьший размер, по крайней мере, в 10 раз больше наибольшего размера щебенки, к величинам по графику надо прибавить:

для  $D = 20$  мм. . . . . 0,10  
 »  $D = 40$  « . . . . . 0,20  
 »  $D = 80$  « . . . . . 0,30



Если механические анализы производятся ставкой сит, отличной от нормальной, то вычисление гранулометрического модуля, как суммы полных остатков на ситах, очевидно, делается невозможным. Для этого необходимо предварительно вычислить те фиктивные остатки, которые получились бы для данного грунта на ситах нормальной ставки. Проще всего это делается графически следующим образом:

На координатную сетку для нормальной ставки сит (фиг. 8) накладывается сетка для новой ставки таким образом, чтобы соответственные диаметры фракций совпадали. Тогда, нанося данные механического анализа в виде ломаной линии по второй сетке, соответствующие фиктивные остатки могут быть непосредственно отсчитаны по ординатам первой сетки.

Если задача ограничивается только нахождением распределения фракций (фиг. 8), без вычисления гранулометрического модуля, то все построения могут быть произведены в координатах новой сетки точно так же, как было описано выше для ставки нормальной.

Изложенная работа в области расчета инертных материалов бетона отнюдь не исчерпывается. Ближайшие задачи в связи с лабораторными работами и данными строительной практики следующие.

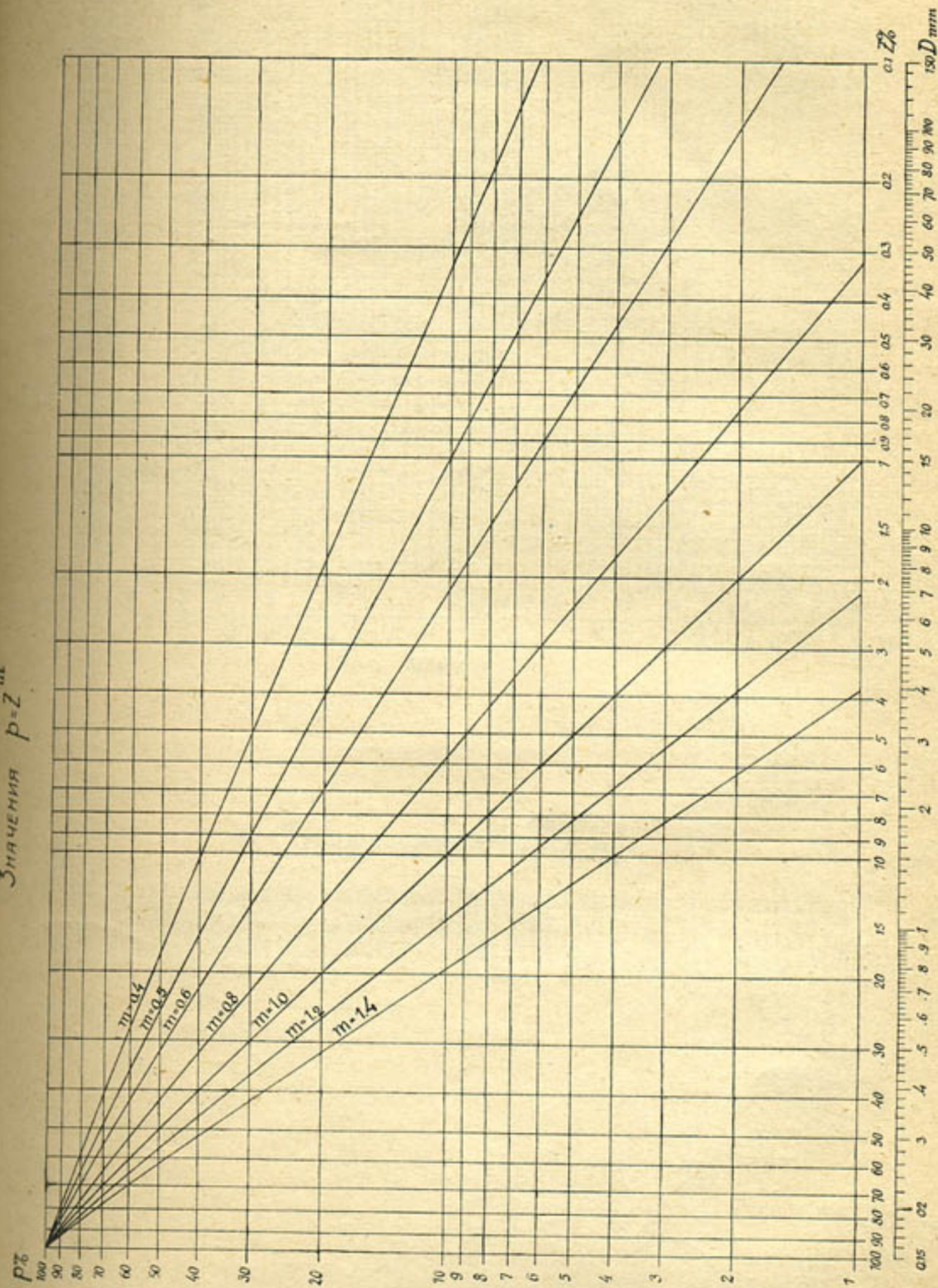
1. Более четкое выявление состава фракций и, главным образом, мельчайших в зависимости от количества цемента.
2. Уточнение предельных и желательных значений гранулометрического индекса  $\beta$  для разных случаев.
3. Назначение предельных и желательных значений  $m$  в формуле ( $2^{bis}$ ) для разных случаев.

Но ответ на заданные вопросы возможен только после длительной лабораторной проработки и накопления достаточного фактического материала.

---



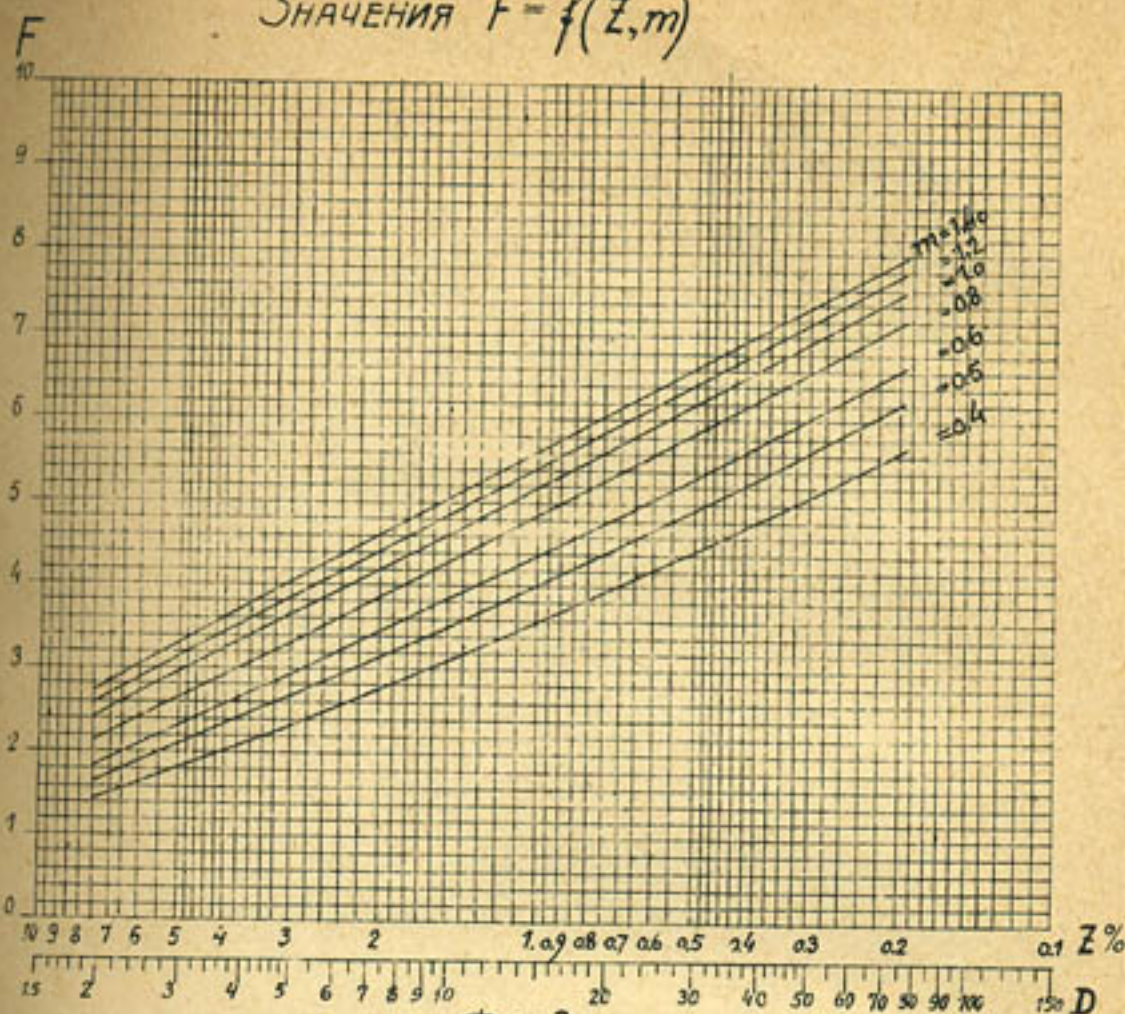
Значения  $p=Z^m$



Фиг. 2.

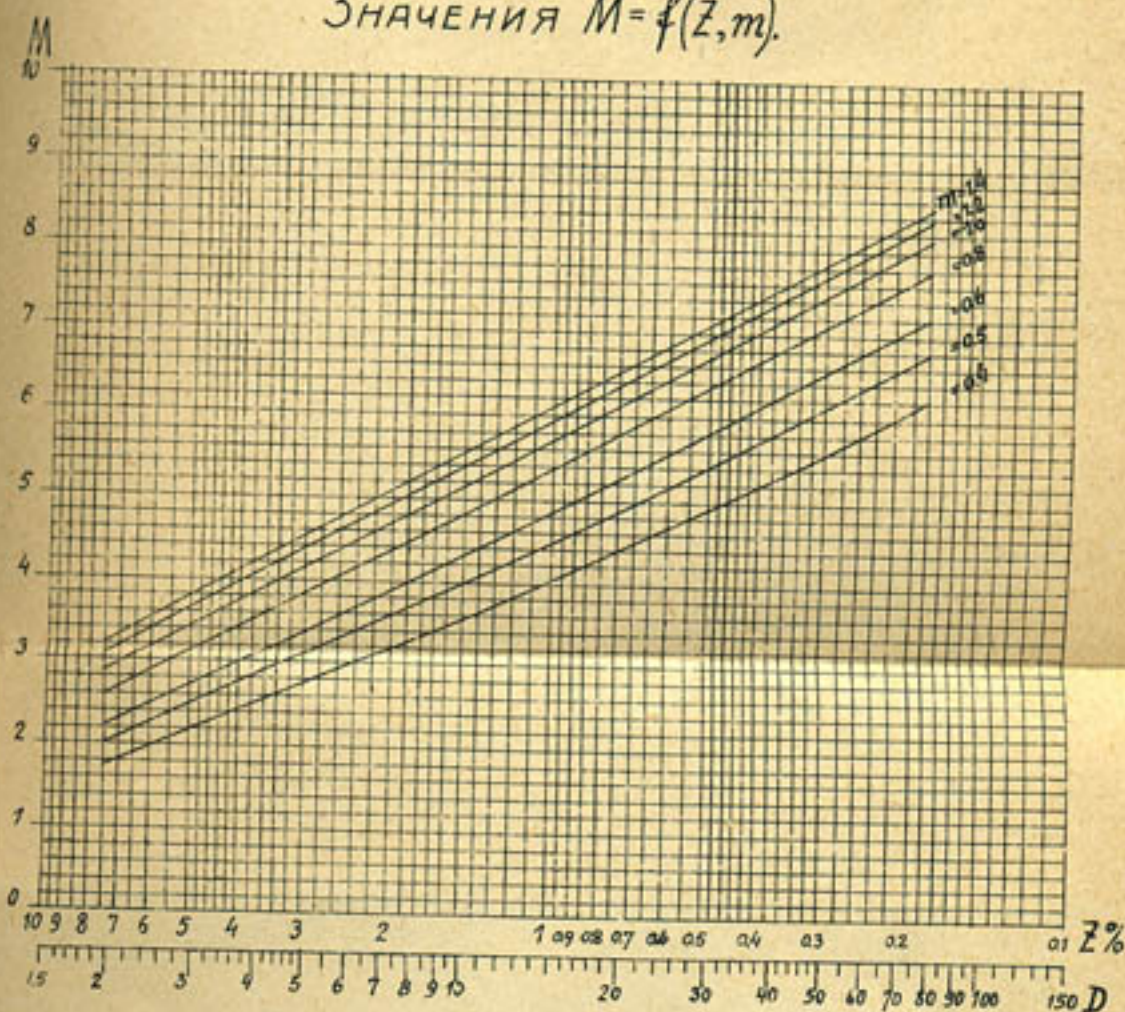


ЗНАЧЕНИЯ  $F = f(Z, m)$



Фиг.3.

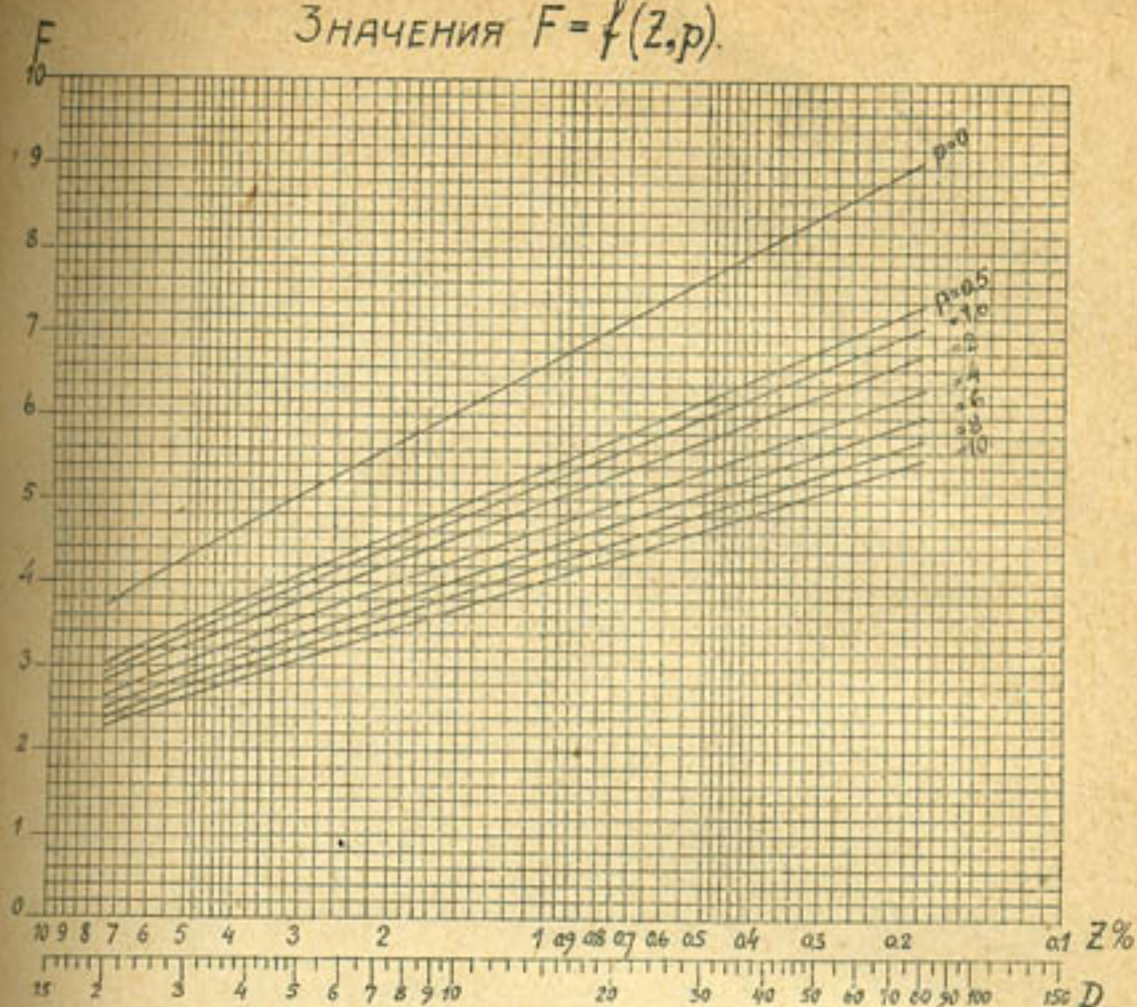
ЗНАЧЕНИЯ  $M = f(Z, m)$



Фиг.4.

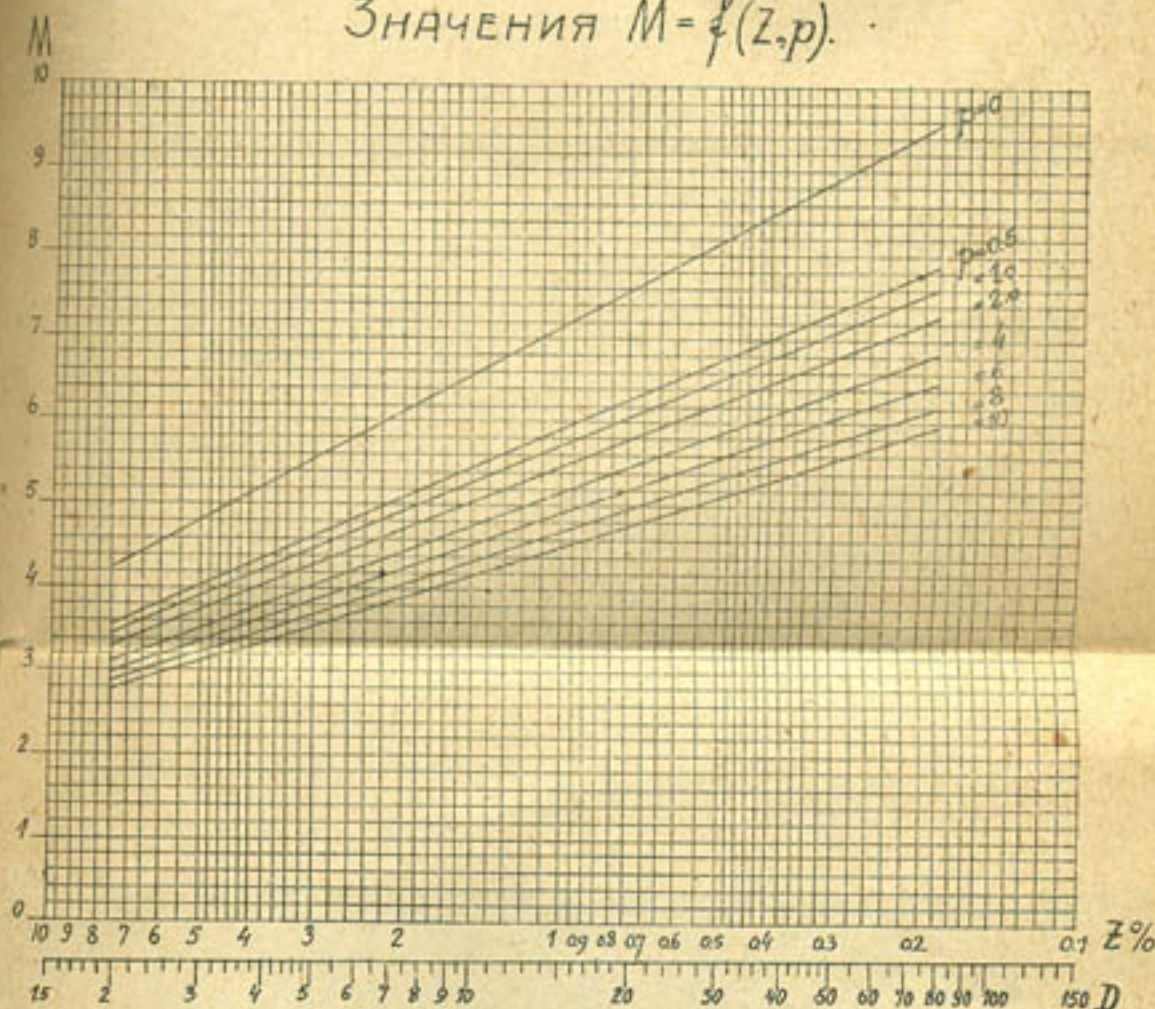


ЗНАЧЕНИЯ  $F = f(Z, p)$ .



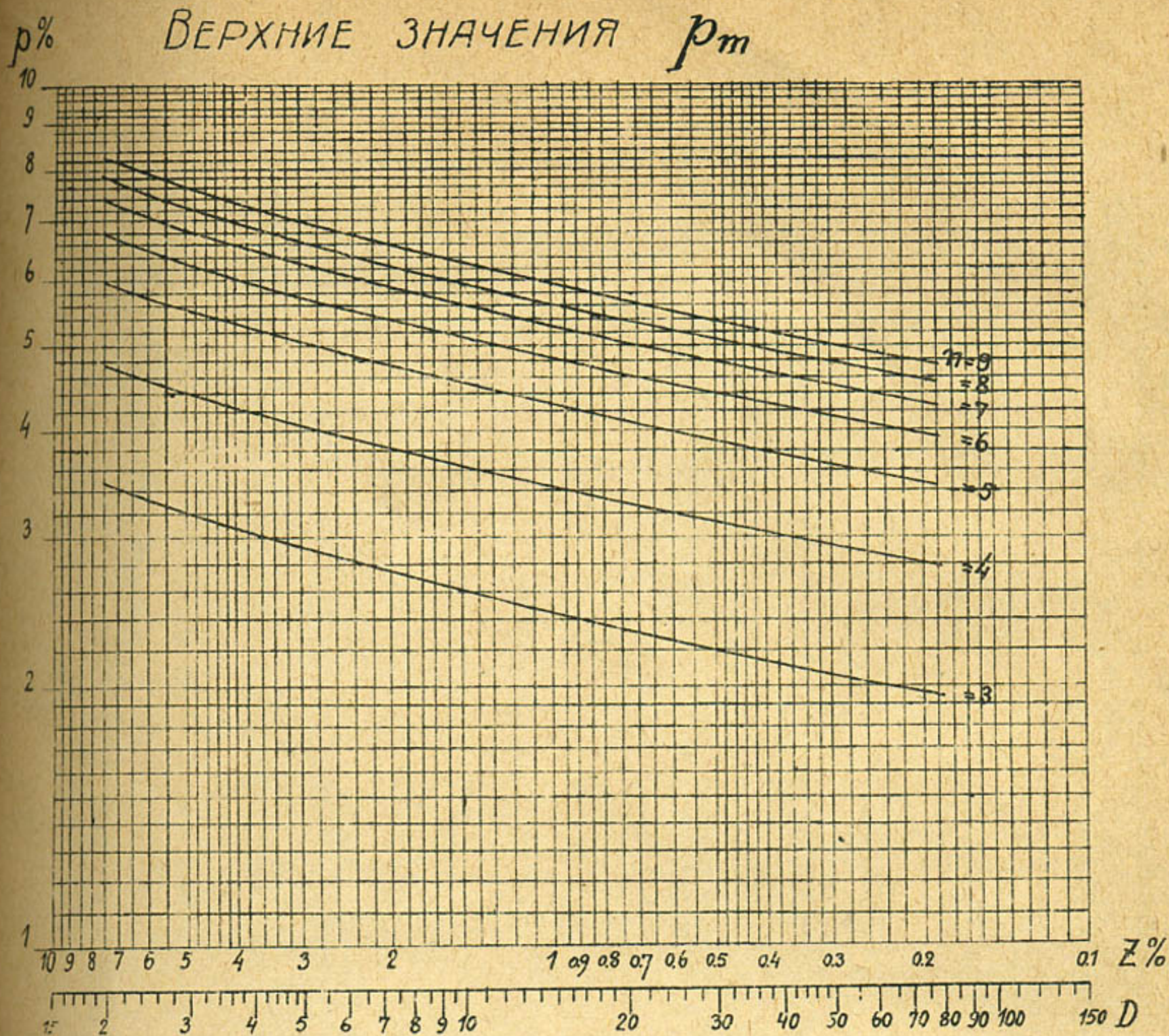
Фиг 5.

ЗНАЧЕНИЯ  $M = f(Z, p)$ .



Фиг 6.

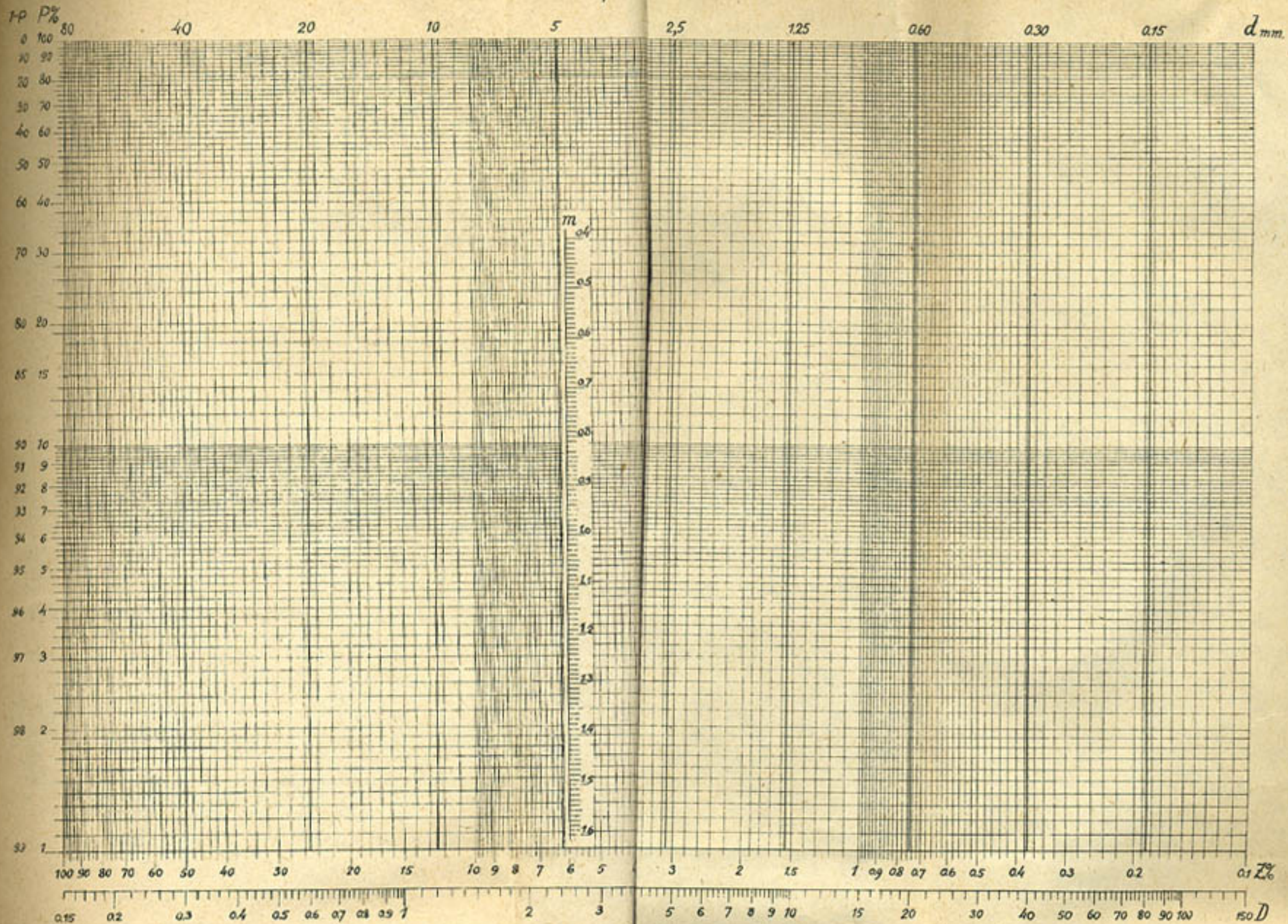




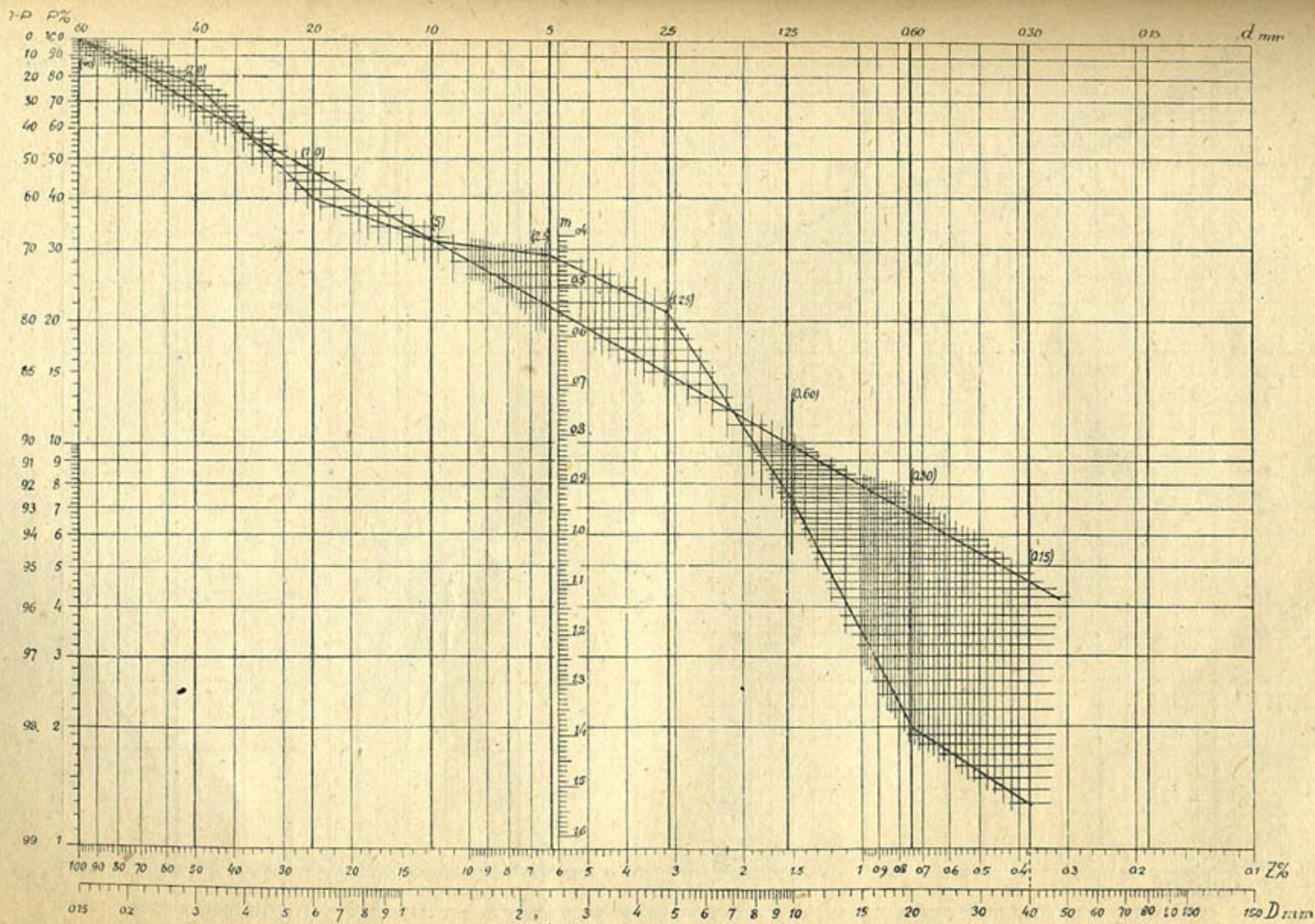
Фиг. 7.



# Номограмма для оценки гранулометрического состава.

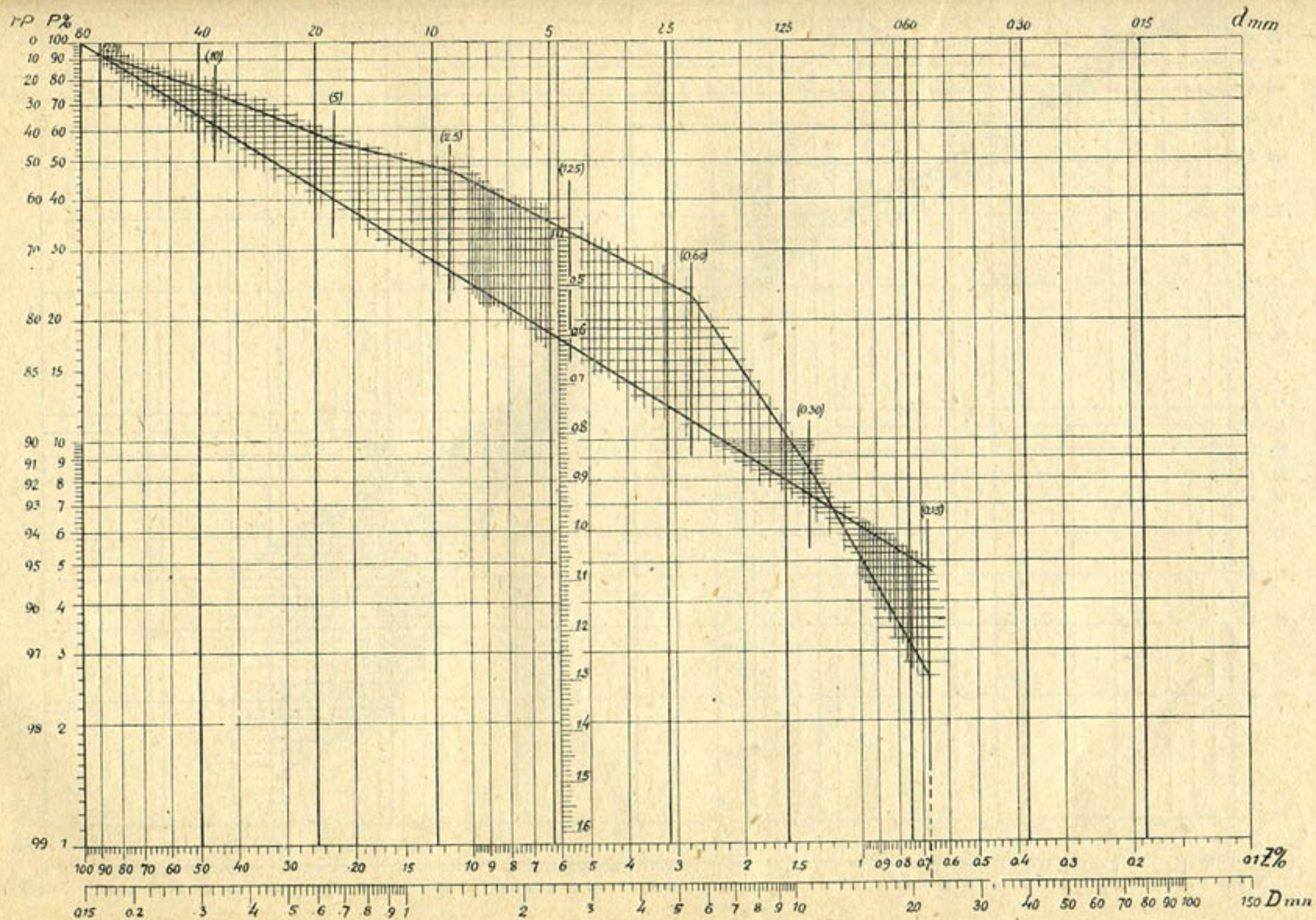






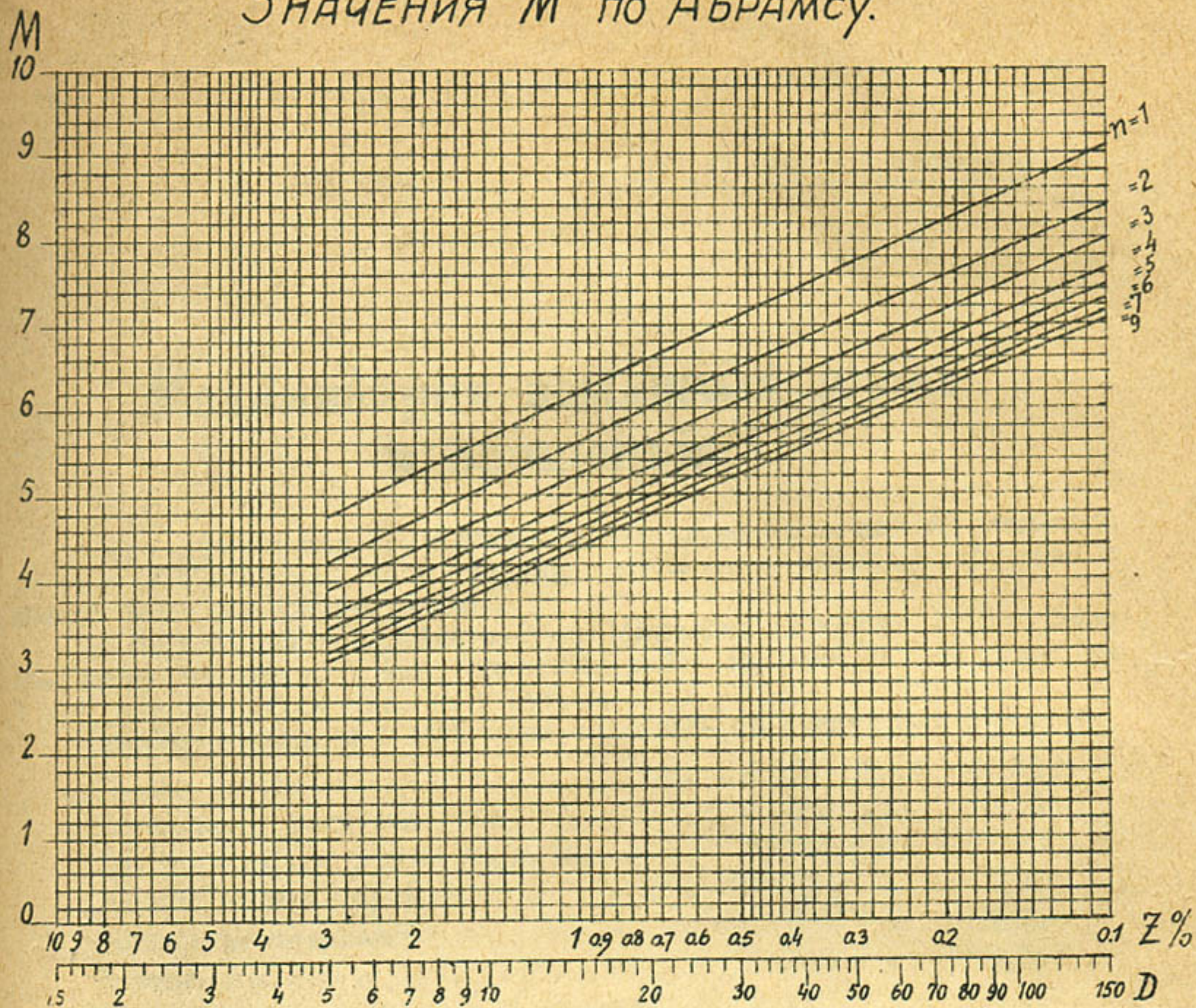
Фиг 9







# Значения $M$ по Абрамсу.



Фиг 11.



Н. И. Хрусталева.

## Механизация земляных работ в орошении.<sup>1)</sup>

Ниже даются для сравнения краткие сведения о работе землесоса на системе Минидска, хотя описание этого типа снарядов отнесено к другой части настоящей работы.

Землесосом на постройке системы Минидока по ноябрь 1913 г. было выполнено 100.000 куб. ярд. земляных работ по цене 0,1362 долл. за 1 куб. ярд или 35,64 коп. за 1 куб. м.

Стоимость выемки 1 куб. ярда слагалась из следующих расходов:

|                                                            |              |       |
|------------------------------------------------------------|--------------|-------|
| Оплата труда . . . . .                                     | 0,0567 долл. | 41,50 |
| Перевозка и нагрузка угля . . . . .                        | 0,0040 »     | 3,05  |
| Уголь, включая подвоз по ж. д. . . . .                     | 0,0161 »     | 11,80 |
| Ремонт, оплата труда . . . . .                             | 0,0027 »     | 1,98  |
| Стоимость материалов . . . . .                             | 0,0030 »     | 2,20  |
| Троссы . . . . .                                           | 0,0004 »     | 0,30  |
| Карбид . . . . .                                           | 0,0007 »     | 0,51  |
| Постройка дамбчек . . . . .                                | 0,0086 »     | 6,31  |
| Различные принадлежности . . . . .                         | 0,0062 »     | 4,55  |
| Погашение . . . . .                                        | 0,0200 »     | 14,70 |
| Технический надзор и административные<br>расходы . . . . . | 0,0178 »     | 13,10 |

Итого . . . 0,1362 долл. 100%

Работа канатных экс-  
каваторов на судо-  
ходном канале в шт.  
Нью-Йорк.

Чрезвычайно удачно применялись скреперные экскаваторы при постройке судоходного канала в штате Нью-Йорк. Один из экскаваторов имел стрелу длиной 85 ф.—25,85 м., что доводило его радиус действия до 96 ф.—29,2 м. Вес снаряда был 147 тонн. Черпак был об'емом в 2 куб. ярда, но заполнение его достигало иногда 4 куб. ярдов = 3,06 куб. м. Главная машина была мощностью в 15 л. с.

<sup>1)</sup> Статья Н. И. Хрусталева «Механизация земляных работ в орошении» представляет собою часть отчета автора по его командировке в Америку. Начатая печатанием в «Вестнике Ирригации» в 1925 г. (№№ 4, 5 и 6, гл. I — «Земляные работы ручным способом, конной возкой и с применением простейших машин» и часть гл. II — «Устройство больших каналов с помощью крупных механических снарядов»), она по ряду причин только теперь возобновляется в «Вестнике Ирригации». Интерес к рассматриваемому в статье вопросу о механизации земляных работ в орошении со времени 1925 года не только не ослабел, но еще возрос. За эти годы усилилось у нас применение машин при земляных работах и сами земляные работы с каждым годом растут в своем количестве. Поэтому даваемый в статье материал является весьма ценным не только для ирригаторов, но и для более широких кругов строителей.

Для читателей, желающих иметь у себя начало статьи (помещ. в «В. Ирр.» за 1925 г.), последнее будет выпущено в ближайшее время отдельным оттиском.



при котле в 54 л. с. При данной машине и местных условиях, по всей вероятности, можно было бы иметь и большой черпак, до  $3\frac{1}{4}$  куб. ярд. объемом. Машина забирала грунт в 90 футах = 27,35 м. из канала и бросала в кавальер за 100 (30,5 м.) фут от своего центра, при высоте кавальера от 20 до 35 футов (6,08—10,65 м.). Передвижение снаряда происходило тягою по троссам, зачаченным за мертвые якоря.

Ниже приводятся сведения о стоимости содержания и действия снаряда и о выработанных кубатурах с апреля по август 1910 г. включительно. Стоимость эта в мае слагалась из следующих цифр (по ценам того времени):

|                                                                                        |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Механик 90 долл. в месяц . . . . .                                                     | 90,00 долл. |
| » 95 » » . . . . .                                                                     | 95,00 »     |
| Кочегары, рабочие по водоснабжению, сторожа,<br>рабочие по 1,75 долл. в день . . . . . | 363,00 »    |
| Уголь по 3 долл. за тонну . . . . .                                                    | 147,00 »    |
| Ремонт . . . . .                                                                       | 15,82 »     |

Итого . 699,86 долл.

Стоимость самого снаряда в то время была 10.000 долларов.

Расход по этому снаряду при производстве земляных работ по месяцам выразился в следующих цифрах:

| Предмет расхода         | Апрель          | Май    | Июнь   | Июль     | Август   |
|-------------------------|-----------------|--------|--------|----------|----------|
|                         | Д о л л а р о в |        |        |          |          |
| Сборка . . . . .        | 426,80          | —      | —      | —        | —        |
| Работа . . . . .        | 319,74          | 684,29 | 747,77 | 850,69   | 1.118,57 |
| Ремонт . . . . .        | —               | 15,82  | 62,60  | 48,23    | 75,12    |
| % и погашение (21%) . . | 175,00          | 175,00 | 175,00 | 175,00   | 175,00   |
| Перестановка . . . . .  | —               | —      | —      | 77,02    | —        |
| Суммы . . . . .         | 951,54          | 875,11 | 985,37 | 1.150,94 | 1.368,69 |

| Предмет расхода                                       | Апрель | Май    | Июнь   | Июль   | Август |
|-------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Средняя стоимость в долларах<br>1 куб. ярда . . . . . | 0,177  | 0,048  | 0,0388 | 0,0348 | 0,0289 |
| В копейках 1 куб. метра . . .                         | 46,3   | 12,6   | 10,2   | 9,1    | 7,55   |
| Исполнено за месяц куб. ярдов                         | 5.205  | 18.365 | 25.333 | 33.055 | 47.363 |
| » » » » метров                                        | 3.980  | 14.050 | 19.370 | 25.300 | 36.200 |



Цены земляной работы, достигнутые в этом случае, являются, повидимому, наиболее низкими из известных в практике.

**Работа экскаватора в Южной Дакоте.** Помещаемое здесь описание относится к черпанию 222.500 куб. ярдов суглинка, подстилаемого глиною, в Южной Дакоте, в долине р. Вермильон. Экскаватор поворотный с черпаком в  $2\frac{1}{4}$  куб. ярда, со стрелой в 65 ф. = 19,76 м., движущийся на катках. Машина в 50 л. с. внутреннего сгорания, газелиновая. Стоимость снаряда 10.500 долларов. Полное время производства работы 148 дней, при 23 днях ремонта. Работа производилась в две 11 часовые смены. Плата за труд по ценам того времени: заведывающему—125 долл. в месяц, двум операторам по 100 долларов, 4 рабочим по укладке пути—по 50 долл., 1 подводчику—45 долл., повару—40 долл.

Весь расход по этой работе выразился в следующей сумме:

|                                        |                |
|----------------------------------------|----------------|
| Газолин 15.444 галлона по 0,1240 долл. | 1.915,05 долл. |
| Оплата труда                           | 3.060,00 »     |
| » »                                    | 561,81 »       |
| Троссы                                 | 978,87 »       |
| Ремонт и замена частей                 | 845,93 »       |
| Разные расходы                         | 2.078,72 »     |
| %/о и погашение                        | 2.152,50 »     |

Всего . . . . . 11.592,88 долл.

Стоимость за единицу объема  $0,0521 \frac{\text{долл.}}{\text{куб. яр.}} = 13,64 \frac{\text{коп.}}{\text{куб. м.}}$

#### Землечерпание на оросительном канале, системы Sun River.

Весьма интересна организация земляных работ на ирригационной системе Sun River, описанная в Engineering Record от 29 января 1916 года.

В виду удаленности места земляных работ от железнодорожной линии и в виду плохого состояния дорог, все примененные здесь экскаваторы были электрические. Ток получался от Компании Great Falls Power Co от водопадов Rainbow за 113 километров. Ток напряжением в 48.600 вольт передавался по проводам из 3-х медных проголок, протянутых по изоляторам, установленным на деревянных поперечинах, укрепленных на кедровых столбах вышиною в 13,70 метра. Расстояние между столбами было 106,5 м.

Ток подавался на подстанции на 1-й, 20-й и 36-й милях канала, где понижался с 48.600 до 16.500 вольт; мощность подстанции была от 700 до 1600 ква. Распределительная сеть была протянута по 30 футовым столбам с пролетами в 45,6 м.

Экскаваторов было два фирмы Бьюсайрус, модели 24 и 20, идущих на катках. Экскаватор, модель 24, имел стрелу длиною 100 ф. = 30,5 м. и очень тяжелый черпак Пэйджа в  $3\frac{1}{2}$  куб. ярда.

Меньший снаряд, модель 20, имел стрелу в 85 ф. = 25,85 м. и емкость черпака в  $2\frac{1}{2}$  куб. ярда.

Для трансформирования тока было два комплекта трансформаторов—первый из них, поставленный на прочные платформы, перевозимые следом за экскаватором, понижал напряжение с 16.500 до 2.200 в. Второй комплект трансформаторов, понижавший напряжение с 2.200 в до 440 в при котором работали моторы экскаватора, помещался на самом снаряде



Устройство соединений линии и трансформаторов было таково, что снаряд мог проходить 1.500 фут = 456 м., не переставляя первого трансформатора.

Экскаваторам пришлось прокладывать канал по косогору, имевшему уклон  $2\frac{1}{2}$ ; до постройки предполагалось, что работа будет опасна и мало продуктивна. Действительность не оправдала опасений. Снаряды прокладывали себе путь шириною 30—35 ф., сами снимая верхнюю косогорную часть и отбрасывая ее частью в кавальер наверху, частью вниз, причем экскаваторы ни разу не были вынуждены производить перекидку уже вынутого грунта. В некоторых случаях глубина выемки с верхней стороны достигала 90 ф. = 27,4 м. и экскаваторы, сняв для себя путь, шли еще на 50 ф. = 15,2 м. выше дна канала. Даже при такой значительной глубине выемки снаряды оказались способными рыть полуторные откосы при полном нагружении ковшей.

Грунт выемки был гравелистый суглинок, иногда сцементированный гравий, ледниковые отложения и песчаники. При особо прочных грунтах приходилось обращаться к взрывным работам, но трещиноватые известняки экскаваторы брали сами по 8—10 куб. ф. = 0,226—0,283 куб. м. на ковш. В два строительных сезона эти два снаряда вынули около 1.500.000 куб. ярдов = 1.147.000 куб. м.

Расход энергии колебался от 0,8 до 3,0 киловат-часов. на 1 куб. ярд грунта. Крупная затрата энергии в этом случае объясняется тяжелыми грунтами и неудобством черпания с больших глубин и на косогорах. Работа производилась без погони за максимальной выработкой, имея в виду тщательность исполнения и водонепроницаемость дамб. Команда снаряда состояла из драгера, получавшего от 175 до 200 долларов в месяц, одного смазчика с оплатой по 2,50 дол. в день, 4 рабочих по укладке путей от 2 до 2,50 дол. в день и одной телеги для подвозки леса и т. п. Кроме того, был еще электромонтер с оплатой от 150—175 дол. в месяц. В % на капитал, показанный ниже, включены все расходы по страхованию, платежи по займу и % на капитал. Подготовительные расходы включают в себе расходы по доставке на место и монтажу машин и на принадлежности. В погашение, кроме обычного погашения снарядов и инструментов, включен и ремонт.

В показанных ниже сведениях о стоимости работ в грунты первого класса включены все те, которые допускают распахивание плугом на глубину 6 дюймов запряжкой из 6 лошадей при наличии булыг объемом не свыше 2 куб. футов. К классу 2-му отнесены отвердевшие грунты, которые не могут быть распаханы указанной выше запряжкой, но все же после того или иного разрыхления могут быть подняты конным скрепером; в этом грунте могут встречаться валуны от 2 до 10 куб. фут. = 0,0566—0,283 куб. м. объемом. К классу 3-му отнесена скала.

Данные о работе скреперного снаряда, модель 24 (стоимость его 36.326 дол.) даны в центах на куб. ярд выемки.

| Общая кубатура выемки: | Класс 1. | Класс 2. | Класс 3. |
|------------------------|----------|----------|----------|
| » ярд. . . .           | 333.689  | 23.319   | 39.045   |
| » мет. . . .           | 254.000  | 17.850   | 30.420   |



| Наименование расходов                               | К л а с с 1           |            | К л а с с 2           |            | К л а с с 3           |            |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
|                                                     | Стоимость<br>в центах | % от суммы | Стоимость<br>в центах | % от суммы | Стоимость<br>в центах | % от суммы |
| % на капитал. . . . .                               | 0,81                  | 5,5        | 1,21                  | 5,9        | 2,25                  | 4,59       |
| Подготовительн. работы                              | 1,33                  | 9,1        | 1,99                  | 9,7        | 3,73                  | 7,60       |
| Погашение. . . . .                                  | 3,63                  | 24,8       | 5,41                  | 26,3       | 10,12                 | 20,63      |
| Администрат. расходы.                               | 0,89                  | 6,1        | 1,24                  | 6,4        | 3,09                  | 6,30       |
| Оплата труда . . . . .                              | 5,98                  | 40,9       | 7,85                  | 38,2       | 21,03                 | 42,83      |
| Электрич. энергия . . .                             | 0,73                  | 5,0        | 1,03                  | 5,1        | 1,82                  | 3,71       |
| Разное снабжение . . .                              | 1,13                  | 7,7        | 1,67                  | 8,2        | 6,72                  | 13,75      |
| Разные расходы . . . . .                            | 0,16                  | 0,9        | 0,15                  | 0,2        | 0,29                  | 0,59       |
| Итого $\frac{\text{центов}}{\text{куб. яр.}}$ . . . | 14,66                 | 100,0%     | 20,55                 | 100,0%     | 29,05                 | 100,0%     |
| копеек на 1 куб. м. . . .                           | 38,4                  | —          | 53,8                  | —          | 76,01                 | —          |

Данные о работе снаряда, модель 20 (стоимостью 20 957 долл.), в центах на 1 куб. ярд выемки.

Всего исполнено выемки:

|                   | Класс 1. | Класс 2. | Класс 3. |
|-------------------|----------|----------|----------|
| куб. ярд. . . . . | 410.747  | 4.180    | 9.546    |
| » мет. . . . .    | 314.000  | 3.200    | 7.300    |

| Наименование расходов                               | К л а с с 1           |            | К л а с с 2           |            | К л а с с 3           |            |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
|                                                     | Стоимость<br>в центах | % от суммы | Стоимость<br>в центах | % от суммы | Стоимость<br>в центах | % от суммы |
| % на капитал. . . . .                               | 0,44                  | 4,45       | 0,76                  | 4,22       | 1,61                  | 4,01       |
| Подготовит. расходы. . .                            | 1,12                  | 11,30      | 1,20                  | 6,66       | 2,52                  | 6,28       |
| Погашение . . . . .                                 | 1,86                  | 18,78      | 3,22                  | 17,85      | 6,79                  | 16,90      |
| Администрация . . . . .                             | 0,71                  | 7,17       | 1,31                  | 7,27       | 3,14                  | 7,83       |
| Оплата труда . . . . .                              | 3,70                  | 37,32      | 8,22                  | 45,60      | 15,77                 | 39,30      |
| Электрич. энергия . . .                             | 0,78                  | 7,88       | 1,78                  | 9,88       | 2,80                  | 6,98       |
| Разное снабжение. . . .                             | 1,29                  | 13,10      | 1,53                  | 8,52       | 7,50                  | 18,70      |
| Итого $\frac{\text{центов}}{\text{куб. яр.}}$ . . . | 9,90                  | 100,0%     | 18,02                 | 100,0%     | 40,13                 | 100,0%     |
| » $\frac{\text{коп.}}{\text{куб. м.}}$ . . . . .    | 25,9                  | —          | 47,2                  | —          | 105,1                 | —          |



## Экскаваторы-лопаты.

### Общие замечания о механических лопатах.

Экскаваторы-лопаты или механические лопаты имеют жесткое присоединение черпающего ковша к снаряду, в противоположность ранее описанным скреперным или канатным экскаваторам, у которых черпак приводится в действие системой гибких тросов (см. рис. 20).

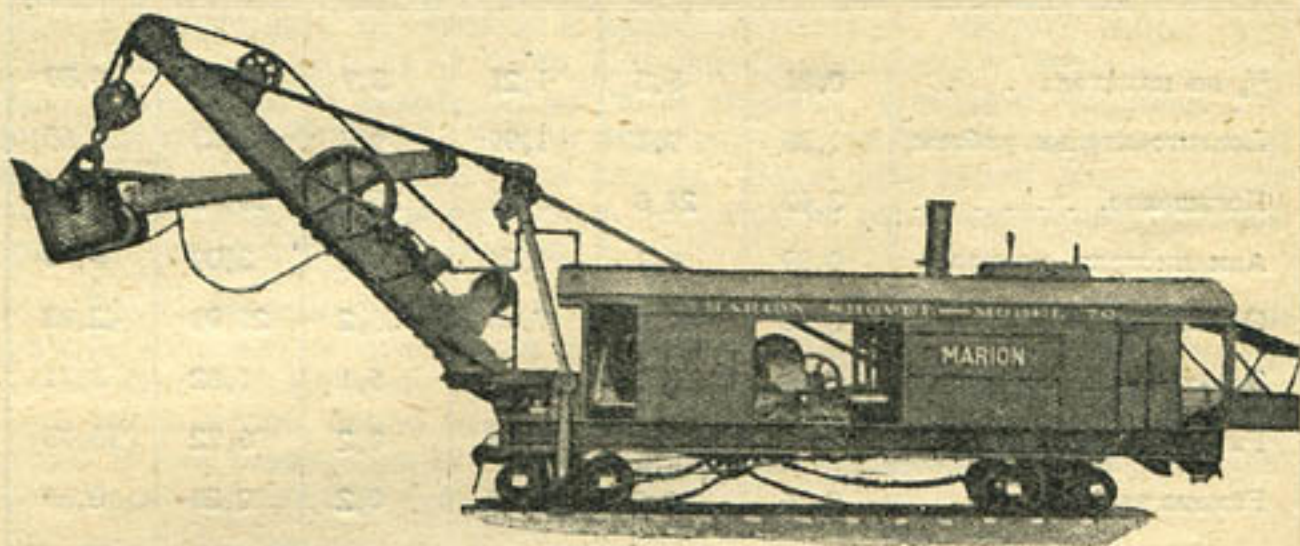


Рис. 20. Лопата железнодорожного типа фирмы Marion модель 70. Емкость ковша  $3\frac{1}{2}$  куб. ярда. Рабочий вес около 75 тонн.

Различие между этими двумя типами экскаваторов заключается в самом принципе набора грунта: тогда как ковш канатного экскаватора представляет собою тяжелый скрепер, срезающий стружку грунта с поверхности, по которой его волочет тяговой трос, по направлению к снаряду, прототипом механической лопаты является именно лопата, давшая свое название этому экскаватору. Грунт в черпак экскаватора-лопаты набирается под действием напора на режущее ребро черпака через жесткую рукоять, на которую насажен черпак, при одновременном вращательном движении рукояти в вертикальной плоскости около точки опоры.

Жесткое присоединение черпака позволяет экскаватору-лопате разрабатывать тяжелые грунты, трудные или вовсе непосильные для скреперного экскаватора, как, например, конгломераты, сланцевые породы, трещиноватую от природы или взорванную скалу. Вместе с тем жесткое соединение черпака позволяет производить свалку совершенно точно в намеченный пункт, что может требоваться при погрузке вынутого грунта в вагонетки, телеги и т. п. Эти свойства экскаватора-лопаты представляют весьма существенные достоинства снарядов этой системы.

Весьма значительные усилия и толчки, получающиеся при черпании тяжелых грунтов, прежде всего ограничивают практически применимую длину рукояти относительно небольшими размерами по сравнению с классом и мощностью снаряда, а этим сразу же ограничивается и радиус действия черпака.

Далее, сухопутная механическая лопата, как видно из ее устройства на рис. 20, может разрабатывать грунт только вверх от пути, по которому она передвигается. Эта особенность снаряда-лопаты прикрепляет его ко дну той выемки, которую он разрабатывает, а в соединении с относительно небольшим радиусом действия черпака лишает снаряд этого типа возможности складывать на бровке выемки кавальер достаточного объема.



Из этих свойств снаряда вытекают основные способы его применения:

а) разработка выемок с нагрузкой на подвижной состав, отвозящий вынутый грунт прочь из выемки;

б) вскрытие рудных слоев и т. п. с отброскою верхнего пустого грунта в сторону, производимое крупнейшими снарядами этого типа, после чего по вскрытой поверхности рудного слоя идет другая лопата, меньшего размера, производящая погрузку полезного ископаемого на платформы.

Относительно малый радиус действия черпака механической лопаты, не допускающий поперечной разработки крупных каналов и требующий отвозки вычерпываемой земли в телегах, вагонетках или нормальных поездных составах, является главной причиной меньшего распространения механической лопаты в ирригационных работах, по сравнению с канатным экскаватором, именно и предназначенным для поперечной работы. Поперечный свал грунта механическою лопатою возможен только при постройке самых небольших каналов.

В виду малой приспособленности механических лопат к поперечной разработке выемок, применение экскаваторов этого типа в ирригационном строительстве ограничивается преимущественно приводимыми ниже случаями:

а) когда продольная возка по условиям работ неизбежна, например, при глубоких выемках, недоступных для разработки канатными экскаваторами из-за чрезмерной высоты кавальеров, или при необходимости транспортировать грунт в высокие насыпи;

б) при разработке тяжелых грунтов, не подходящих для скреперных экскаваторов;

в) при разработке обширных котлованов и карьеров, когда вынутый грунт должен быть удален тем или иным способом за пределы выемки;

г) при работах специального характера, например, при планировках, погрузке материалов на перевозочные средства и т. п.

При таких обстоятельствах совершенно естественно преобладание канатных экскаваторов над механическими лопатами в обычных условиях ирригационной практики, в которых перечисленные выше случаи работ особого характера встречаются не так часто.

Совершенно иначе обстоит дело при крупных работах по постройке железных дорог, где продольная возка грунта представляет не исключение, а почти общее правило. На них тип экскаватора-лопаты давно получил самое широкое распространение; по механическим лопатам имеется обширная и весьма детально разработанная литература, значительно более богатая, чем по скреперным экскаваторам, получившим еще не так давно свое признание именно на крупных ирригационных работах в Соединенных Штатах Северной Америки.

#### Рабочий цикл лопаты.

Как уже упомянуто ранее в начале описания экскаваторов-лопат, черпание земли производится ковшем или черпаком, прочно утвержденным на конце жесткой рукояти. В дальнейшем даются более подробные сведения об отдельных частях снаряда; здесь же отметим лишь основные элементы экскаватора, участвующие в выполнении одного цикла движения при черпании грунта (см. черт. 39). Рукоять, несущая черпак, опирается утвержденною на ее нижней поверхности зубчатою кремальерою на зубчатую ось, помещенную на стреле или укосине снаряда. Эта зубчатая опора, помимо возможности вращения всей рукояти около нее в вертикальной плоскости, дает возможность при вращении оси в ту или другую сторону удлинять или укорачивать длину рукояти от черпака



до опоры. Регулируя длину выпущенной части рукояти, можно подвести режущее ребро черпака к любому пункту разрабатываемого откоса и, придавая ту или иную силу нажима через рукоять, брать желаемую толщину стружки грунта.

Постоянно повторяющийся цикл движений снаряда можно разложить на следующие группы основных движений (см. чертеж 39):

1. Опускание ковша вниз с одновременным укорачиванием рукояти, во избежание преждевременного зацепления за разрабатываемый откос. Одновременно захлопывается откидное днище ковша.

2. Рукояти придается вертикальное вращение около опоры, поднимающее ковш кверху, при одновременном регулировании длины рукояти, так что ковш срезает стружку грунта желательной толщины и обводится мимо препятствий (например, больших валунов и т. п.), которые могли бы вызвать повреждение ковша или всего снаряда. По наполнении ковша он отводится от разрабатываемого откоса при помощи укорочения рукояти.

3. Заполненный ковш путем поворота стрелы или всего снаряда, в зависимости от его устройства, приводится в положение, поперечное пути движения снаряда, и помещается точно над местом выгрузки: телегой, вагонеткой, железно-дорожной платформой и реже над кавальером или дамбой (см. чертеж 39). Одновременно с этим движением регулируется длина рукояти, для точного помещения ковша над местом свалки.

4. Днище ковша откидывается и грунт высыпается по назначению, после чего стрела с рукоятью или весь снаряд поворачивается в рабочее положение и затем снова начинается 1-ая операция следующего цикла.

Как видно из перечня движений за время рабочего цикла снаряда ковш и несущая его жесткая рукоять должны совершать весьма точные и довольно сложные движения. Особенно усложняется черпание при наличии в разрабатываемом грунте валунов, крупных глыб породы или пней, не помещающихся в черпак. Если снаряд в состоянии поднять препятствие без потери времени на его взрыв, то после освобождения камня от окружающего его рыхлого грунта, черпак подхватывает его на свою верхнюю поверхность и осторожно сбрасывает по назначению, наклоняя рукоять и черпак, пока камень или пень не соскользнет с черпака. В этом случае к основному, необходимому циклу движений, очевидно, присоединяется еще целый ряд добавочных, вспомогательных для подхвата и сброса. Эта сложность оперирования экскаватора-лопаты приводит к тому, что черпание обычно производится двумя лицами. Один из них—механик, с помощью соответствующих рычагов, управляет только подъемом и опусканием ковшевой рукояти и поворачиванием стрелы или снаряда. Второй—помощник оператора, регулирует длину выпуска рукояти и, следовательно, силу нажима и толщину стружки, а также производит откидывание днища ковша и его опорожнение. Очевидно, что эти два лица, для достижения значительной производительности черпания, должны в совершенстве сработаться.

Сложность оперирования, производимого двумя лицами, и в особенности необычайно широкий выбор грунтов, в которых работает механическая лопата, весьма затрудняют указать продолжительность одного рабочего цикла, тем более входящих в него второстепенных операций. Здесь приведем только несколько данных по этому поводу, на вопросе же о производительности паровых лопат остановимся особо в дальнейшем. В рыхлолежащем гравии можно грузить по одному ковшу через каждые  $1\frac{1}{2}$  или  $3\frac{1}{4}$  минуты. В твердых грунтах одно черпание производится через 1,5—2 минуты. Было бы ошибкой подходить к производительности снаряда из расчета количества погрузок в час на основании длительности



одного цикла, так как работа лопаты более чем канатного экскаватора сопровождается перерывами на передвижение, на подпирание домкратами, на производство взрывов, затем всевозможными задержками из-за несвоевременной подачи вагонов под нагрузку и т. д.

**Описание частей механической лопаты.** Краткому описанию составных частей этого экскаватора. Подобно тому, как это было сделано при описании канатных экскаваторов, в приводимом далее описании механической лопаты имеется в виду дать лишь краткую характеристику устройства отдельных частей снаряда, в целях облегчения строительным работникам ирригации выбора типа снаряда, подходящего для условий, имеющих на их работах.

Описание частей экскаватора-лопаты начнем с ковша или черпака (см. рис. 21).

Ковш экскаватора-лопаты представляет собою прочное призматическое или слабо-коническое тело, закрытое снизу откидной металлической дверцей и снабженное сверху режущим ребром для набора грунта.

Уширяющаяся книзу форма ковша облегчает высыпание грунта из ковша при откинутах днище. Форма черпака должна соответствовать характеру грунта, в котором будет работать экскаватор-лопата. При грунтах, изобилующих камнями и валунами, черпак должен быть велик и широк. При мягких, рыхлых грунтах, как, например, песок, земля, рыхлый гравий, применяются глубокие черпаки почти квадратного сечения. Для черпания сцементированного гравия, сухих твердых грунтов или для мокрой глины подходящей формой черпака будет широкая и неглубокая. Закругление боковых ребер ковша, помимо устранения выступающих углов на передней стороне, где они подвержены особо сильным ударам, имеет целью также облегчить вываливание грунта из черпака, так как при вязких грунтах в углах черпака может застревать грунт.

У старых снарядов черпак состоял из отдельных плит, соединяемых поковками. Ковши современных механических лопат имеют цельные литые переднюю и заднюю стенки.

У некрупных машин склепка передней стенки с задней устраивается по боковым стенкам, составляющим одно целое с передней стенкой ковша. При этом устройстве значительно уменьшается склонность рас-

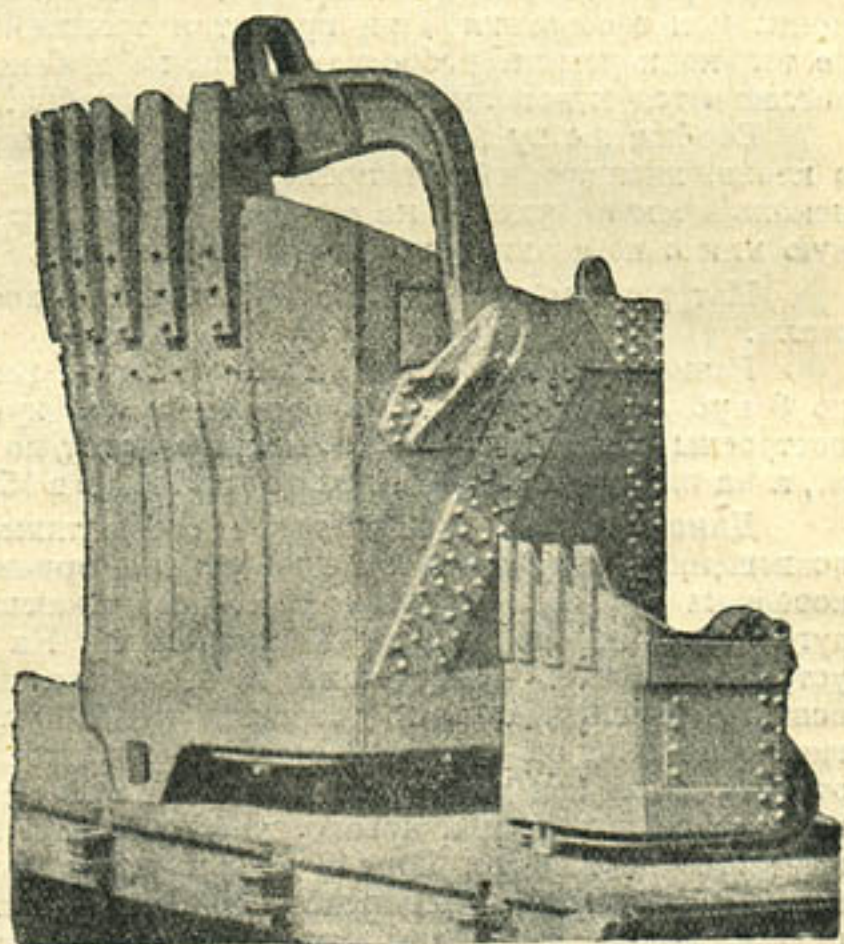


Рис. 21. Ковши лопат Мэрион.



шатывания ковша по заклепочным соединениям, наблюдаемая у ковшей, составленных из отдельных пластин. У 8-ярдового ковша системы Мэрион 350, показанной на рисунке 21, цельно-литые только передняя и задняя стенки. Боковые стенки состоят из особых плит, прочно приклепанных к задней и передней стенкам и усиленных, кроме того, накладками снизу и сверху черпака.

Передняя стенка черпака делается из марганцевой стали, задняя отливается иногда тоже из марганцевой стали, иногда из других сортов стали. Применение марганцевой стали, для устройства корпуса черпака, удлиняет срок его службы и сокращает износ, в виду медленного истирания этого сорта стали, по сравнению с другими.

Режущее ребро ковша при работе в мягких грунтах может состоять из стального козырька, приболчиваемого к телу ковша. Для более твердых грунтов, по режущему ребру приболчиваются тяжелые стальные зубья. Зубья устанавливаются так, чтобы их было легко снять для ремонта или заострения. При прорытии траншей грунт приходится брать не только передним ребром черпака, но и боковым. В этом случае устанавливаются и дополнительные боковые зубья.

Вообще же зубья плохо работают при вязких грунтах, например, в глине, набивающейся в промежутки между зубьями. В таких грунтах немало времени уходит на очистку внутренности ковша и зубьев вручную или с помощью струи воды из шланга.

Материалом для поделки зубьев чаще всего является марганцевая сталь.

Размеры ковшей механических лопат колеблются от  $1\frac{1}{2}$  куб. ярд. до 8 куб. ярд., т. е. от 0,38 куб. м. до 6,1 куб. м. В настоящее время построены снаряды с объемом ковшей лопат до 12 куб. ярд. или 9,2 куб. м., а на пловучих снарядах этого типа даже в 15 куб. ярдов (11,5 куб. м.).

Днище черпака представляет собою тяжелую стальную заслонку, подвешенную шарнирно к задней стенке черпака, как это видно у малого ковша на рис. 21. На этом рис., изображающем ковш Мэрион, видны дуги, идущие по днищу к шарнирам. На передней стенке ковша устроен выступ, заходящий в вырез на краю днища. На днище ковша с внешней стороны устроена прижимная задвижка, заходящая в гнездо на выступе передней стенки, когда днище прилегает к черпаку, а это случается под действием силы тяжести при опускании опорожненного черпака вниз для нового черпания. От защелки идет веревка в машинное помещение. Дергая ее в нужный момент, помощник драгера отводит задвижку, расцепляет днище с черпаком и производит вывал грунта. Такое простейшее устройство работает удовлетворительно при сравнительно не крупных снарядах. При больших лопатах приходится прикладывать довольно значительное усилие и иногда несколько раз подряд, прежде чем удастся оттянуть тяжелую и сильно придавленную защелку и преодолеть сопротивление пружины. Эта операция сопровождается напрасной потерей времени и утомлением драгера. Для уменьшения усилия, требующегося от драгера, между прикреплением веревки к задвижке вводится система рычагов, например, подобная показанной на чертеже 40. При этом путь прилагаемой силы увеличивается по сравнению с передвижением задвижки раз в 20 при обратном соотношении сил. При особо крупных лопатах на стреле устанавливается особый паровой цилиндр, производящий оттягивание троса, идущего к задвижке. Оператору остается при таком устройстве только впускать пар в нужный момент.

Укрепление ковша на рукояти устроено через уши, имеющиеся на ребрах задней стенки ковша. Кроме того, от рукояти укрепляется



дополнительный стержень, идущий к верхней части спинки ковша. Прикрепление видно на рис. 22, представляющем ковш снаряда Бьюсайрус 120-В.

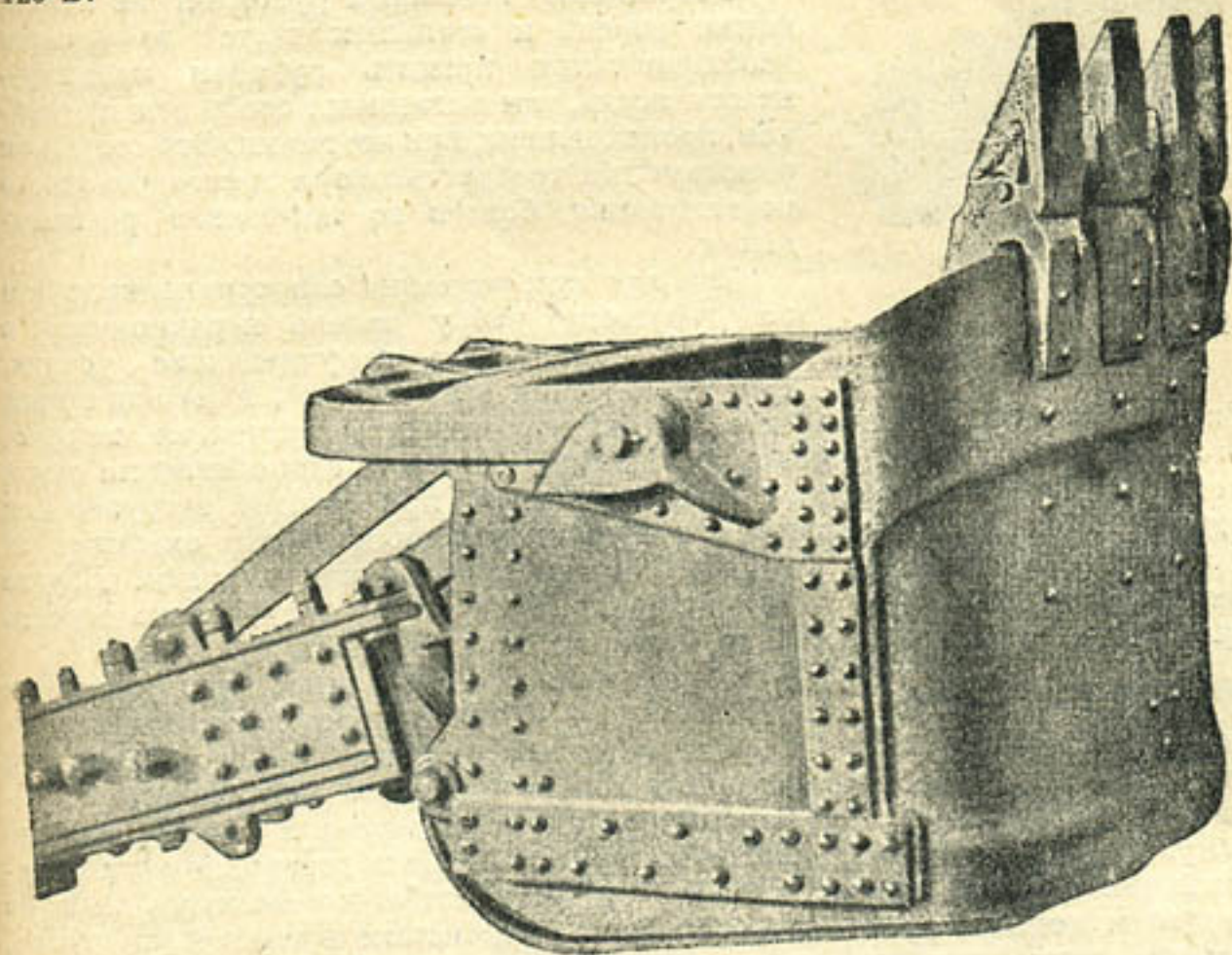


Рис. 22. 4-ярдный ковш лопаты Бьюсайрус 120—В.

Приложение силы к ковшу для поднятия его вместе с рукоятью сверху в момент черпания происходит через дугу, как это имеет место у крупных снарядов, или через ушко, прилитое к спинке ковша. Пример обоих устройств виден на рис. 21 ковшей Мэрион.

В случае траншейной работы, когда грунт приходится брать и боковыми ребрами ковша, дуга неудобна и тяга через заднюю стенку ковша имеет преимущество.

Приближение точки приложения под'емного усилия через дугу ближе к передней стенке ковша, несомненно, уменьшает расшатывание соединений между отдельными частями ковша.

**Ковшевая рукоять.** Ковшевая рукоять небольших снарядов делается из одного дубового бруса. По нижней поверхности этого бруса укреплен зубчатая рейка, которою рукоять опирается на зубчатое колесо оси. Верх бруса укрепляется угловым железом по ребрам или швеллером, перекрывающим всю ширину бруса.

Необходимость иметь весьма сильные рукояти для больших лопат привела к типу рукояти, состоящей из двух раздвинутых между собою брусков. Эти бруска по вертикальным сторонам укреплены стальными пластинами, также и сверху. С нижней стороны укреплением является упомянутая уже зубчатая рейка, исполняемая из марганцевой стали.

Обе половинки рукояти соединяются между собой по близости от ковша деревянною внутреннею прокладкою, пронизанной через всю толщу рукояти болтами. На противоположном конце половинки рукояти обхва-



тываются специальной чугунной отливкой, к которой приболчиваются боковые укрепляющие пластины (см. рис. 23).

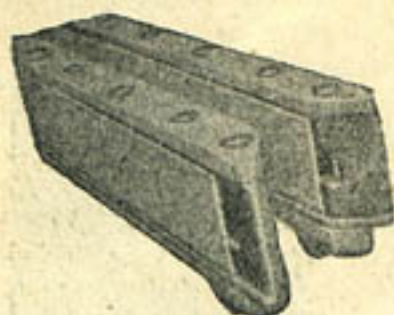


Рис. 23. Деревянная укрепленная рукоять.

Устройство ковшевых рукоятей из комбинации дерева и стальных частей вызывается необходимостью придать рукояти известную эластичность, для погашения особо резких толчков, происходящих при черпании. Эта составная конструкция требует надзора и своевременного подтягивания болтов во избежание расшатывания.

Так как при черпании сопротивление грунта по режущему ребру далеко неравномерно, в рукояти появляются скручивающие усилия. Для уменьшения этих усилий, в экскаваторах фирмы Бьксайрус половинки рукояти раздвинуты настолько широко, что охватывают укосину снаружи. Помимо большого сопротивления такой конструкции скручиванию, происходящему при боковой загрузке или ударах ковша при черпании, в лучших условиях работы оказываются и зубчатые колеса, на которые опираются половинки рукояти. Другие фирмы, как, например, Мэрион, не придают этому улучшению особого значения и строят снаряды со стрелой, охватывающей рукоять.

**Укосина или стрела.** Как уже упоминалось выше при описании устройства рукояти, она опирается имеющимися на ней зубчатыми рейками на зубчатые колеса, помещенные на укосине или стреле. Стрела может представлять собою или чисто металлическую клепаную балку или балку, комбинированную из дерева и стали, подобно тому, как это делается у ковшевых рукоятей. Цель деревянно-металлической конструкции та же, что и при устройстве комбинированных из дерева и металла рукоятей—сообщение всей системе известной упругости. Стрелы чисто стальные имеют преимущество простой эксплуатации, в виду ненужности постоянно следить и подтягивать болты составной конструкции, при невнимательном отношении подверженные расхлябыванию и серьезным поломкам.

Наибольшим напряжениям стрела подвергается в месте опоры ковшевой рукояти. Здесь высота балки наибольшая, сходящая к меньшим величинам у обоих концов—верхнего и нижнего (см. рис. 20).

#### Разделение экскаваторов-лопат на револьверные и стандартные.

Переходя от описания ковша, рукояти и стрелы к остальным частям машины, своевременно провести подразделение лопат на два типа: револьверные или полноповоротные, и лопаты стандартные—только с одной поворотной стрелой. У револьверных механических лопат вращается вместе со стрелой весь остальной корпус снаряда, как это имеет место у большинства канатных экскаваторов, и таким образом стрела не меняет своего положения по отношению к машинному помещению, следовательно, и к оперирующим драгерам (см. рис. 24). В виду этого на револьверных лопатах, особенно американских, иногда все драгирование производится одним лицом, тогда как при стандартных лопатах, где стрела все время изменяет свое положение по отношению к оператору, драгирование производится во всех случаях двумя драгерами.

При револьверном типе снаряда, захват снаряда получается значительно больше, чем для стандартного снаряда той же мощности. В среднем рабочая площадь первого получается около трех раз больше второго. Зато полноповоротный снаряд дает меньшее количество черпаний в минуту, чем стандартный и, следовательно, работа его обходится дороже.



Положение усугубляется еще большею тяжестью и стоимостью полноповоротных снарядов, что вызывает увеличенные платежи по амортизации и  $\frac{1}{100}$  на капитал.

Стандартные лопаты работают быстрее и более экономично, что делает их наиболее подходящими для массового производства работ с отвозкою вынутого грунта. В виду сравнительно небольшого расстояния захвата грунта и его свала, стандартные лопаты мало подходят для переброски грунта с места на место, как это приходится делать на рудниках, и потому там применяются почти исключительно револьверные лопаты.

Малая ширина заемки, даваемой стандартной лопатой, равным образом не особенно удобна для прокладки первичной траншеи в глубоких выемках, почему для массовой работы по устройству глубоких выемок применяются стандартные лопаты, а для выполнения специальных заданий к ним присоединяют револьверные лопаты. Это особенно целесообразно, принимая во внимание возможность чрезвычайно высокого под'ема ковша при револьверных лопатах, что позволяет прокладывать ими первичные (пионерные) заемки, от которых развивается массовая работа стандартных снарядов. Применение типов снарядов в зависимости от условий работ описано далее на примерах, здесь же перейдем снова к вопросу о конструкции лопат. Заметим, что стандартные лопаты почти всегда ставятся на железно-дорожный ход нормальной колеи и отсюда получают название железно-дорожных лопат. Из других особенностей револьверных лопат отметим полное сходство устройства и действия их ходовых частей с канатными экскаваторами и весьма незначительное различие в машине. В виду этого, в настоящее время весьма распространено приобретение к револьверным лопатам запасных стрел и ковшей, что дает возможность перемонтировать по желанию лопату в канатный экскаватор.

**Стрела.** Возвращаясь снова к описанию укосины или стрелы экскаватора-лопаты, прерванному для введения классификации, видим, что у лопат револьверного типа нижний конец шарнирно укреплен к конструкции, приклепанной к верхней поворотной платформе экскаватора.

Сама стрела оттянута металлическими прутьями к передней стороне той же платформы, для удержания от бокового раскачивания (см. рис. 24).

Верхняя часть стрелы оттягивается троссами по блокам к раме А, подобной описанным уже у канатных экскаваторов, и от нее к специальной под'емной машине, работающей от оси главной машины. Для того, чтобы не держать стрелу все время в соединении с под'емной машиной, применяются два оттяжных стержня круглого железа с дополнительными звеньями, так чтобы получался наклон к горизонту через каждые  $5^\circ$ , например, от  $37\frac{1}{2}^\circ$  до  $52\frac{1}{2}^\circ$  у лопат.

Стрела экскаватора-лопаты сравнительно небольших размеров должна без разборки допускать такой наклон ее к горизонту, который обеспечивает ее проход в габарит железно-дорожного или городского пути.

Более сложное устройство получается с подвешиванием укосины неповоротных лопат. Здесь сама укосина должна поворачиваться около некоторой вертикальной оси. В виду этого основание укосины опирается во вращающийся горизонтальный диск, ось которого утверждена на передней стороне платформы (см. рис. 20). Верх стрелы на прочной оттяжке шарнирно подвешен к вершине пирамиды, получающейся из двух боковых распорок и затяжки, входящей вглубь корпуса экскаватора и закрепленной к одной из поперечных балок платформы экскаватора.



О способе действия стрелы и рукояти с ковшем будет сказано дальше при описании машины экскаватора-лопаты.

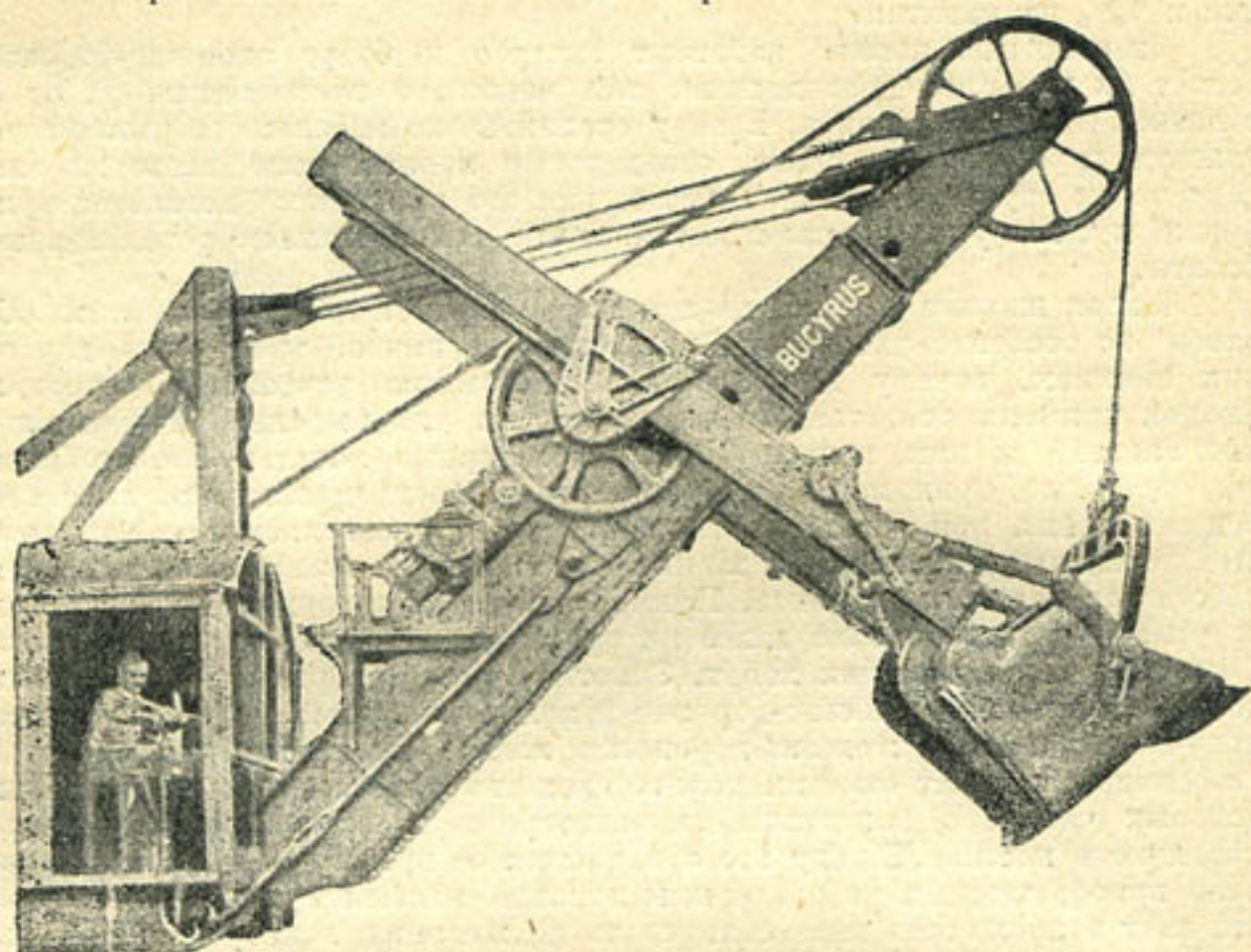


Рис. 24. Стрела и рукоять лопаты Бьюсайрус 120—В.

Общая схема устройства ковшевой рукояти и укосины почти одинакова у всех лопат, предназначенных для земельных работ. Исключением являются скребковые лопаты, предназначенные для планировок горизонтальных поверхностей, уборки снега на улицах, счистки земли со вскрытой поверхности рудных слоев и т. п. работ. На чертеже представлена скребковая лопата фирмы Тью (Thew). Поскольку касается под'ема черпака кверху, разницы этой системы с другими нет. Главное различие заключается в том, что нажим на черпак производится не выпусканием рукояти через зубчатки, помещающиеся на укосине, а перемещением конца рукояти по горизонтальной направляющей, помещенной на стреле, при чем нож черпака перемещается горизонтально. Ползун,двигающийся по параллелям направляющей, представляет собою тяжелую стальную отливку со сменными пластинками по плоскостям трения, передвигаемую стальным тросом от барабана, присоединенного к под'емной машине. При достижении ползуном конца параллелей, происходит автоматическое закрытие пара, чем устраняется возможность поломок.

#### Машинное отделение и машины экскаватора-лопаты.

В зависимости от того, принадлежит ли экскаватор-лопата к револьверному или стандартному типу, он будет иметь платформу, служащую для установки машины, поворотную или непосредственно соединенную с ходовыми частями.

Вращающаяся платформа револьверной лопаты представляет собою прочную стальную отливку под рабочей машиной с прикрепленными с боков расширения пола и рамой под котел сзади по типу, показан-



ному на рисунке 25, принадлежащей лопате Мэрион с емкостью ковша  $1\frac{3}{4}$  куб. ярда. Рамы машин меньшего размера, например, около  $\frac{1}{2}$ — $\frac{5}{8}$  куб. ярда емкости черпака, иногда отливаются целиком. Все заботы здесь направлены на придание исключительной прочности платформе, служащей основанием не только машинам, подверженным основательным толчкам, как во всех вообще экскаваторах, но также и рамы А, воспринимающей от укосины весьма резкие удары. На рисунке 26 показана рама лопаты Мэрион с черпаком  $\frac{3}{4}$  куб. ярда. На обоих рисунках видно расположение роликов, имеющих закрытые от грязи подшипники, утвержденные на верхней раме. Смазка подшипников производится извне рамы, как показано на обоих рисунках, при помощи трубочек, без необходимости залезать под снаряд. Пол над роликами цельно-литой вместе со всей рамой, что предохраняет ролики и их путь от сора и воды, которые могли бы попадать на них из машинного отделения.

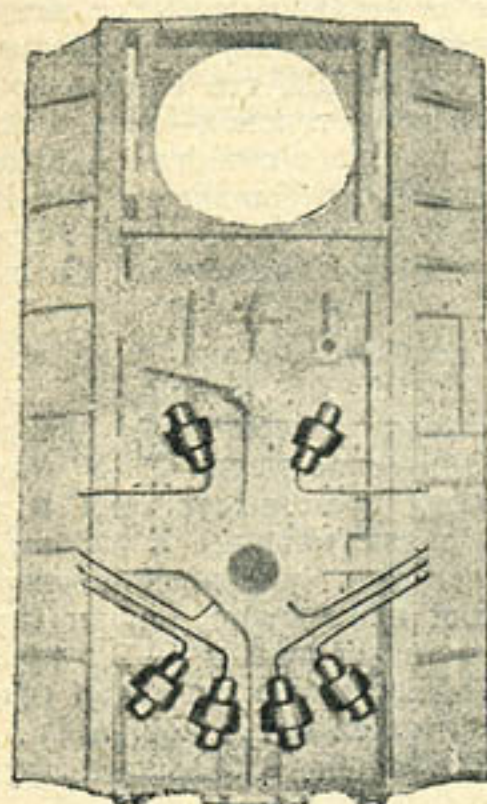


Рис. 25. Рама экскаватора Мэрион с емкостью ковша  $1\frac{3}{4}$  к. яр.

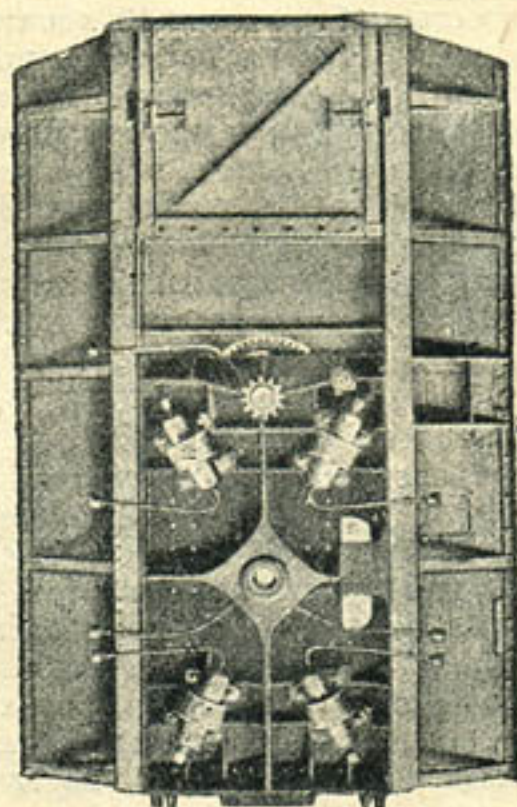


Рис. 26. Вид снизу на раму экскаватора Мэрион с ковшом в  $\frac{3}{4}$  к. яр.

Платформа лопат неповоротного типа, поставленная на рельсовый путь нормальной колеи («железно-дорожная лопата») на особо прочные тележки, представляет клепаную раму из двутавровой и швеллерной стали, особенно усиленную под котлом в задней части вагона и под поворотным диском стрелы в передней части. Как раз под этими местами и помещаются тележки. По раме настлан пол из 3-х дюймовых дубовых или сосновых досок, на которых и установлено оборудование. Ширина рамы по габариту, в среднем 10 ф., длина в зависимости от мощности лопаты. Концы рамы снабжены сцепными приспособлениями для возможности включения лопаты в поездной состав.

В виду жестоких толчков, передаваемых через части экскаватора на платформу, побуждающих фирмы отливать по возможности целиком верхнюю платформу сравнительно небольших поворотных лопат, где сделать это по размерам снаряда невозможно, усиливают основную платформу введением в металлическую конструкцию дубовых брусев. Пред-



полагается, что дерево по своей упругости может смягчить, хотя бы отчасти, удары и перекосы конструкции и тем облегчить службу болтов и заклепок и предохранить металлические части от слишком быстрого изменения структуры.

**Паровые машины экскаватора-лопаты.** *Котел.* Машины экскаватора-лопаты приводятся в действие паром, электрической энергией или дизель-электрической установкой. Как уже указывалось при описании скреперных экскаваторов, машины внутреннего сгорания на экскаваторах не вполне мирятся с ударами и толчками, сопровождающими землечерпание, и для надежной бесперебойной работы должны иметь значительный запас мощности и прочности, по сравнению с паровой машиной. Работа механической лопаты еще менее благоприятна для машин внутреннего сгорания, чем скреперного экскаватора. В виду этого, на лопатах особенно крупных размеров устанавливаются в большинстве случаев паровые машины и реже электрические двигатели. Эластичность работы паровой лопаты и ее независимость от источника электрической энергии являются причинами успешной конкуренции паровой лопаты с электрической даже в С.-А. С. Ш., где получение дешевой электрической энергии от существующих установок—весьма обычное явление. Паровые лопаты можно видеть работающими на выкопке глубоких котлованов под подвальные этажи небоскребов даже в Нью-Йорке, несмотря на распространяемые ими дым и шум, тогда как на тех же постройках электрическими двигателями широко пользуются для подъемников, клепальных молотков и т. п.

Удобство снаряда, не связанного с необходимостью иметь электрическую станцию и не имеющего уже отмеченные неудобства машины внутреннего сгорания при всех ее остальных достоинствах, вызвало к широкому распространению дизель-электрические машины. У этих снарядов дизель приводит в движение динамо постоянного тока и, таким образом, непосредственная механическая связь машины с работающими частями устраняется при простоте и легкости управления снарядом. Улучшения последнего времени расширили применение машин внутреннего сгорания за прежние пределы емкости черпака в 2—2,5 куб. ярда до снарядов весьма крупных размеров. Дизель-электрические снаряды, несомненно, представляют интерес для ирригационных работ в Ср. Азии, на которых вода для котлов нередко получается с большим трудом и издержками.

При всех удобствах машин внутреннего сгорания все же следует иметь в виду большую привычку наших механиков именно к паровым машинам и большую легкость формирования из них удовлетворительных бригад. Это обстоятельство вместе с выносливостью паровой машины делает ее весьма жизненной в наших условиях и ей посвятим особенное внимание. Описание начнем с генератора энергии—котла.

*Котел паровой лопаты.* Котлы на паровых лопатах ставятся горизонтального и вертикального типа, так же, как это указано и для скреперных экскаваторов. Горизонтальный котел более экономичен в смысле использования топлива, но с удобством установлен может быть только на крупных лопатах.

Вертикальный котел чаще встречается у некрупных револьверных паровых лопат, где экономия топлива приносится в жертву сбережению площади машинного помещения и веса. Соображения о запасе мощности котла, изложенные в описании скреперных экскаваторов, сохраняют свое полное значение и здесь. На рис. 27 показан разрез вертикального котла.



Давление в котле колеблется около 10—14 атм. Что касается до снабжения водою, то для «железно-дорожных» лопат этот вопрос решается просто, тем же способом, как и для остального рабочего подвижного состава. Несколько сложнее вода подается на револьверные лопаты, о чем будет сказано при описании ходовых частей. Американские строители весьма ценят, при экскаваторе-лопате железно-дорожного типа, старый паровозный тендер с запасом воды и топлива на случай перебоя в доставке. На заднем углу платформы экскаватора ставится железный бак с запасом воды. Тут же помещается ларь или бак для топлива, смотря по его сорту. В случае дурной воды для питания котла, приходится обратиться к ее очистке, как упомянуто при описании скреперных экскаваторов, или перейти к электрической энергии.

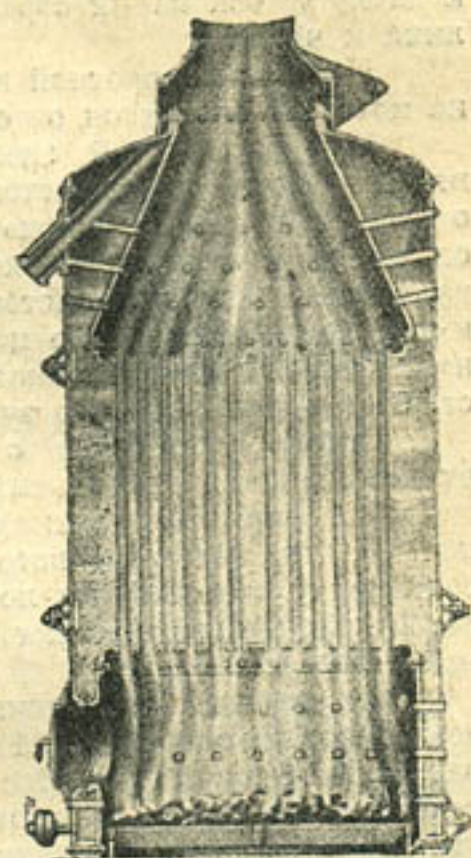


Рис. 27. Вертикальный котел небольшого экскаватора.

*Главные машины паровой лопаты.* Основные движения, которые должна проделывать паровая лопата при черпании—подъем рукоятки и ковша, нажим и отодвигание ковша через рукоятку и поворот всего экскаватора или только стрелы в зависимости от типа снаряда. Передвижение экскаватора с места на место представляет реже происходящую операцию; совсем редко производится подъем или опускание укосины. В виду этого первые три операции—подъем ковша, нажим через рукоятку и поворот снаряда или укосины, отнесем к главным движениям, исполняемым главными машинами. Последние два движения—передвижение экскаватора и подъем стрелы, будем считать второстепенными операциями, исполняемыми второстепенными же машинами паровой лопаты.

У более старого типа железно-дорожных машин вращение главной оси передавалось через зубчатые зацепления одной оси, на которой сидели барабан подъемной машины и по краям от него два барабана, для вращения в ту или другую сторону укосины. Так как на одной оси оказываются барабаны различных движений, то, очевидно, при таком устройстве эта ось должна вращаться непрерывно в одном направлении. Барабаны присоединяются и освобождаются на оси помощью зубчатого зацепления или фрикционным способом. Первый способ медленнее в работе, но требует менее ремонта и дает меньше поломок. При зубчатом присоединении подъемного барабана, толчки и удары со стороны ковша при черпании в твердых грунтах резче передаются на машину. Поэтому в более новых типах экскаваторов-лопат более распространен способ фрикционного соединения с валом, подробности о котором указываются далее на примере. Фрикционное присоединение действует быстро и мягко, значительно уменьшая напряженность толчков при черпании в твердых грунтах, но подвержено перегреву по трущимся поверхностям и изнашиванию, а, следовательно, требует и внимательного содержания и ремонта. Для уменьшения этого недостатка, диаметр шкива при барабане, по которому происходит фрикционное соединение, делается значительно больше, чем диаметр самого барабана.



От под'емного барабана цепь у неповоротных лопат направляется к диску у основания стрелы и отсюда далее через соответствующие ролики к черпаку.

Цепи от поворотной машины у стандартных лопат охватывают диск, на который опирается стрела, чем и достигается ее вращение.

При упомянутой здесь системе единой центральной машины, принятой у ранее строившихся лопат, движение под'емной цепи в свою очередь передавало движение через барабан, установленный на укосине около ее основания, бесконечной цепи и устройству для управления рукоятью. Это устройство состояло из барабана, вращаемого упомянутой здесь бесконечной цепью, вокруг которого была навита цепь, своими концами закругленная по концам рукояти. Это устройство в настоящее время заменено зубчатой рейкой.

Старое устройство с одною центральной машиною и с передачею от нее движения отдельным частям снаряда помощью цепей не практикуется фирмами, занимающимися специально постройкою паровых лопат. Тем не менее, оно встречается у малых неповоротных лопат и в особенности у самодельных лопат, импровизируемых из имеющихся паровых под'емных машин, и может иметь известный интерес и для условий Средней Азии.

Современная тенденция—строить отдельные паровые машины для всех главных операций. Машина для нажима рукояти у сухопутных лопат помещается на укосине, так что на самом корпусе снаряда остаются только под'емная и поворотная машины со стоящими от них в зависимости второстепенными машинами. Впрочем, у тяжелых паровых револьверных лопат Атлантик даже под'емная машина установлена в нижней части стрелы, чем совершенно избегается довольно сложная гибкая передача больших усилий от барабана на неподвижном корпусе снаряда через вращающуюся укосину к черпаку. Такая конструкция, допускающая чрезвычайную быстроту черпания, вселяет опасение о чрезмерной перегрузке передней тележки под снарядами и о долговечности крайне напряженного устройства у основания укосины.

Приведем несколько более подробное описание машин револьверных паровых лопат, имеющих известное будущее в условиях ирригации, особенно применяемых как комбинированный снаряд. Впрочем, по существу, особой разницы в устройстве главных машин и по сравнению с револьверными не будет, кроме машин поворотных и ходовых. На эту разницу в дальнейшем будем ссылаться при описании соответствующих машин.

*(Продолжение следует).*

---



## Основы расчета и конструирования сейсмостойких сооружений.

### Предисловие.

До 1914 г., как это было подчеркнуто на заседании ТуркВАИ в докладе главного инженера НКВД Туркеспублики, отсутствовали материалы по правильному расчету сооружений в отношении землетрясения, а те расчеты, которыми раньше пользовались инженеры в Туркестанском крае, были не обоснованы и не выдержали научной критики<sup>1)</sup>.

Вскоре после того мною был сделан доклад в ТуркВАИ о расчете зданий в местностях, подверженных землетрясению. Доклад этот был одобрен, премирован Госпланом Туркеспублики и принципы его легли в основу работ других авторов по тому же вопросу.

Для широкого ознакомления технических сил он был перепечатан в «Вестнике Ирригации», «Хлопковом Деле» и «Инженерном Деле».

При составлении доклада, как и теперь, существенную пользу принесли капитальные труды Гоббса (Erdheben, 1907), Зибера (Handbuch der Erdhebenkunde, 1904) и Compté de Montessus de Ballore (La science seismologique 1907—Les tremblements de terre, 1906), до сих пор не утратившие своего значения.

Разрушения 1926—27 г. г. в районах Ленинакана, Намангана и Крыма вызвали отклик в технической печати со стороны ряда инженеров и профессоров: в «Строительной Промышленности» 1927 г. было помещено по этому вопросу 9 кратких монографий.

Этот материал также использован в настоящей статье с сохранением принципов моего основного доклада.

### Общие сведения о землетрясении и основные положения.

**Сейсмические колебания<sup>2)</sup>.** «Для европейской и средне-азиатской части СССР необходимо считаться, главным образом, с тектоническим землетрясением, обусловленным горообразовательными процессами, создающими в местах горных пород изгибы и разломы».

«Сейсмология—наука о землетрясении, дает указания о наиболее вероятных очагах землетрясения и о районах распространения колебания земной поверхности, а также данные о предельной силе разрушения в тех или иных районах».

<sup>1)</sup> «Хлопковое Дело» 1925 г. № 1—2, стран. 94.

<sup>2)</sup> Из статьи инж. Малявко-Высоцкого («Из опытов Италии и Крыма», Строит. Промышл., 1927 г. № 12).



В сейсмологии земля рассматривается как упругое твердое тело. Из центра землетрясения—гипоцентра, расположенного под поверхностью земли на расстоянии 10—30 км. (Голицын определил глубину гипоцентра для южно-германского землетрясения  $9,5 + 3,5$  км.), колебания распространяются концентрическими волнами. Поверхности, подвергающиеся сотрясению, гомосейсты или сосейсты, а поверхности сотрясений одинаковой интенсивности—изосейсты, одни считают шарообразными, по мнению же других, эти поверхности уклоняются от такой формы вследствие различия в скорости продвижения волн в различных породах, неодинаково распределенных по земле.

«Путь, по которому сейсмическое движение должно пройти от центра, фокуса, очага или гипоцентра до поверхности земли в направлении радиуса ее, называется лучем или радиусом (рис. 9). Пункт на земной поверхности, где она пересекается нормальным к ней лучем, называется эпицентром».

«Гомосейсты и изосейсты для данного эпицентра более или менее измененные концентрические окружности или эллипсиды». Движение из эпицентра распространяется со скоростью в среднем 1.435—3.485 м/сек.<sup>3)</sup> и почти постоянно. Длина этих поперечных волн порядка 170—67 км.<sup>3)</sup>, т. е. весьма значительна. Поэтому даже при значительной амплитуде до 0,15 м. получается ничтожное удлинение верха сооружения сравнительно с его основанием<sup>4)</sup>. Этим удлинением в расчетах вполне можно пренебречь. Более существенно ударное действие волн и вызываемое ими напряжение в сооружении при изгибе.

Скорость распространения волн из гипоцентра растет по мере удаления от него и колеблется в пределах 2.800—3.800 м/сек близ очага землетрясения до 4.000—8.000 и даже 10.000 м/сек. вдали от него. (Compte de Montessus de Billors, Зибегр).

Для определения длины волны пользуются формулой Ламе

$$v = \sqrt{\frac{\lambda + \mu}{\gamma}},$$

где  $v$ —скорость волны длиной  $\lambda$ ;  $\gamma$ —плотность земли в измеряемом месте и  $\mu$ —модуль упругости.

Точное измерение в эпицентре почти невозможно. Поэтому измерения и наблюдения сейсмических обсерваторий относятся, главным образом, к местностям, отдаленным от эпицентра.

<sup>3)</sup> Зибегр «Handbuch der Erdhebenkunde».

<sup>4)</sup> Это наглядно будет видно из следующего примера (рис. 1). Возьмем здание длиной  $L = 100$  м., высотой  $H = 30$  м., и самый невыгодный случай—короткую волну дл. 60 км. Половину длины волны—хорду синусоиды примем в грубом приближении за хорду круга:  $a = 30$  км. Амплитуда 0,15 будет стрелкой  $f$ , тогда из формулы, выраженной в м.

$$r = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + f^2}{2f} = \frac{15 \cdot 10^3 + 0,0225}{2 \cdot 0,15}$$

получим радиус  $r$  порядка  $7,5 \cdot 10^3$  м.

При прохождении волны происходит изгиб кривых по концентрическим окружностям (приблизительно). Разность в длине здания по верху и по низу будет

$$\Delta L = \frac{2\pi HL}{2\pi r} = \frac{30 \cdot 100}{7,5 \cdot 10^3} = 0,000004 \text{ м} = 0,004 \text{ мм},$$

т. е. получится неувловимая для глаз волосная трещина.



**Основные положения сейсмических явлений.** Наиболее полные и обстоятельные наблюдения принадлежат итальянским инженерам, которые пришли к следующим выводам, имеющим важное значение для инженеров-строителей, как руководство при проектировании и возведении сейсмостойких построек<sup>5)</sup>:

1. Для данной области эпицентр] землетрясений всегда один и тот же.

«Это чрезвычайно важный закон. Обычно его объясняют тем, что неравномерное сокращение земной коры, вследствие ее охлаждения, вызывающее натяжение внутри литосферы и перемещение одних частей относительно других, представляет собою процессы, длящиеся в том же направлении в течение сотен тысяч лет.

В течение исторического периода, бесконечно малого по отношению ко времени, в которое совершаются эти процессы, последние могут считаться постоянными по характеру и лишь с меняющейся интенсивностью. Точно также можно принять за постоянные центры интрузии магмы».

«Закон этот, сформулированный проф. Омори и Кевезлигетти, позволил Баратта (Вачайя) создать сейсмическую карту Италии с нанесением на ней эпицентров.

Для вычерчивания подобной карты практически достаточно нанести на ней пункты, в которых землетрясение ощущалось в один и тот же час и где сила землетрясения была оценена одним и тем же баллом. Соединение таких точек дает концентрические кривые (гомосейсты и изосейсты), которые позволяют найти графическим путем на карте их общий эпицентр». Было бы крайне желательно, чтобы Ташкентская сейсмическая обсерватория в скорейшем времени выпустила такую подробную карту и для Средней Азии<sup>6)</sup>.

2. Повреждения, вызываемые землетрясением, бывают сейсмические и статикосейсмические.

«Статикосейсмические повреждения заключаются в более ускоренных и резких проявлениях скрытых деформаций, происходивших медленным темпом, например, неравномерная осадка зданий, усадка материалов и грунта, вращение стен под влиянием осадки или некомпенсированного распора», растрескивание от мороза горных пород, неправильная заделка элементов сооружений и дурное качество строительных материалов и т. д. В этих случаях статикосейсмическое повреждение вызывается иногда проездом мимо тяжелого грузовика, железно-дорожного поезда и т. д. Оно может совпасть с временем землетрясения, но это будет случайность, а не причина деформации. Землетрясение тут лишь ускорило неизбежность повреждения, деформации или разрушения.

«Повреждения же чисто сейсмического характера различаются: 1) по силе землетрясения (сильное, среднее, слабое); 2) по месту наблюдения (над эпицентром или вдали от него); 3) по ориентации сооружения по отношению направления движения волны и 4) по характеру движения, которое передвинуло или деформировало здание.

3. Деформации зданий, находящихся вблизи эпицентра, вызванные внезапным и резким землетрясением, не позволяют вывести никаких общих законов.

4. В местностях, удаленных от эпицентра, движения бывают трех родов: а) толчкообразные (суккусорные, сусульторные), идущие в направлении движения волн

<sup>5)</sup> См. выше выноски 2.

<sup>6)</sup> Сейсмолог Попов сообщил автору, что карта эта уже находится в печати в Москве.



внутри земли, б) волнообразные (цидулярные), идущие поперек направления движения волн по поверхности земли, и в) вихревые или вращательные.

5. Толчки ощущаются сильнее всего в нижних этажах.

«Под их влиянием выходят из своих гнезд опорные части лестничных каменных ступеней, расшатываются служащие порогами опорные плиты и места заделок балок, ломаются карнизы, оконные и дверные перемычки и поднимаются плитки пола, сваи и шпунты и т. д. На стенах образуются трещины в форме цепной линии, обращенной выпуклой частью книзу» (рис. 2).

«При сильных толчках часть стены, расположенная кверху от этой кривой, отваливается. Иногда за толчком вверх следует обратная осадка стены вниз.

В таких случаях под цепной кривой появляются трещины характерной для осадки параболической формы, но направленные в обратную сторону» (рис. 3).

6. Движение волнообразное сильнее всего ощущается в верхних этажах.

«Фасадные стены, расположенные нормально к плоскости, проходящей через сейсмический луч, отваливаются» (рис. 4).

«Стены, расположенные параллельно сейсмическому радиусу, т. е. линии, соединяющей данное место с эпицентром, получают трещины, перпендикулярные сейсмическому радиусу» (рис. 4).

«Некоторые полагали, что наиболее выгодной ориентацией для здания является расположение здания длинной стороной параллельно сейсмическому радиусу. Но теперь это мнение оставлено, потому что наиболее выгодному положению долевых стен соответствует наименее выгодное положение торцевых стен. Теперь считают целесообразнее ставить диагональ здания параллельно сейсмическому радиусу. Этим уравнивается сейсмическая обстановка для всех стен» (рис. 5).

«При волнообразном движении вываливаются из гнезд балки, расширяются существовавшие раньше трещины того же направления, опрокидываются устои арок (особенно изолированные), валятся изолированно стоящие выступающие части (башенки), усиливаются, если они происходили ранее, явления раздавливания кладки, как следствие несоответствия нагрузки, сечений и допускаемых для кладки напряжений».

При волнообразном движении, железно-дорожные рельсы изгибаются местами в горизонтальной плоскости. (Compte de Montessus de Ballore, Зиберг).

7. Вихревое движение—результат комбинации прямых и отраженных волн.

«Оно заставляет отдельные цилиндрические камни и колонны вращаться и вываливаться. Обелиски, оставаясь устойчивыми, повертываются вокруг своей оси или полностью или в верхней части». Такое вращение может быть и следствием несовпадения точки прикрепления с центром тяжести, к которому прикладывается сила землетрясения.

8. Землетрясение особенно разрушительно для зданий, построенных на рыхлых породах, лежащих тонким слоем на твердых породах.

9. Землетрясение лучше передается в направлении, параллельном геологическим пластам, и хуже в направлении, нормальном к ним.



10. Трещины почв задерживают распространение землетрясения.

«Пещеры дают полное отражение сейсмических волн. Этим свойством объясняется существование «мостов», «островов» в области распространения землетрясения. Замечено, что здания, расположенные в заброшенных карьерах туфов, вообще не пострадали от землетрясения. Повидимому, это обстоятельство было известно египтянам времен фараонов, которые, полагая, с этой целью устраивали большие пустоты под пирамидами. Итальянские инженеры этим объясняют колодцы под зданием Капитолия в Риме.

Изложенные положения, выведенные современными наблюдателями над землетрясением, вполне согласуются с общими физическими законами явления удара соприкасающихся тел. Как известно, при ударе в крайний из нескольких, рядом подвешенных шаров одинаковой массы и плотности всегда отлетает один крайний с противоположной стороны. Из этого закона следует, что при землетрясении все частицы и предметы, находящиеся на поверхности земли, а к ним надо отнести и верхний пыльный поверхностный тонкий слой земли, стремятся отделиться от земли и переместиться. Таким образом, одни части подпрыгивают (лежащие предметы и даже здания), другие раскачиваются (деревья, висятые предметы, башни, небоскребы...), третьи скользят по поверхности (рельсы со шпалами и т. д.) в зависимости от направления удара землетрясения.

Ясно, для того, чтобы сооружение было устойчиво при землетрясении, необходимо и достаточно, чтобы оно удовлетворяло следующим трем основным требованиям:

1. Чтобы основание было заложено достаточно глубоко в земле (т. е. оно уподоблялось положению промежуточных шаров, будучи зажатом в материке) и было не меньшей плотности, чем плотность грунта.
2. Чтобы все сооружение было прочно связано с основанием.
3. Чтобы само сооружение могло сопротивляться во всех своих частях и целом усилиям инерции масс сооружения, возникающим от удара землетрясения.

Первое требование достигается при заложении фундамента в прочный грунт на глубину более 2 м. при землетрясении свыше 10 баллов по шкале Росси-Фореля (указание проф. Мушкетова). Оно применяется при капитальных постройках в Алма-Ата.

Второе и третье требование может быть выполнено различными методами инженерного искусства: сооружение фундаментов и стен из материалов, обеспечивающих монолитность и способность сопротивляться растягивающим усилиям (кладка из прочных материалов на гидравлическом растворе и железобетонные конструкции) или ферменная конструкция стен и перекрытий (железная или деревянная), выдерживающая по расчету возникающие в стержнях ферм усилия.

По крайней мере, последствия крупнейших землетрясений подтвердили эти основные положения: железобетонные и стальные ферменные небоскребы во время памятных катастрофических землетрясений в Сан-Франциско и Токио устояли почти невредимо. Также оказались устойчивы древние японские деревянные ферменные храмы.

Помимо основы здания—его фундамента, стен и междуэтажных перекрытий и крыш, существует целый ряд вспомогательных частей, требующих специальных мер для предупреждения опасности для жизни от их разрушения или падения. Причина необходимости принимать специальные меры заключается или в невозможности дать им достаточную внутреннюю прочность по материалу, идущему на их изготовление (печи



на глинистом растворе) или по неспособности материала этих отдельных частей связываться прочно с основной массой сооружения (например, парапеты, балясины...).

Таким образом, вопрос о возведении сейсмостойких сооружений распадается на две части—расчетную и практическую (прикладную).

К расчетной части относятся методы определения и учета усилий от землетрясения, к практической—конкретные указания мероприятий против повреждений от землетрясения в отношении специальных элементов сооружений (печи, стропила, перекрытия, колонны, штукатурка и т. д.), изложенные ниже в главе «Конструктивные меры по сейсмостойкости».

Системы классификаций силы землетрясения по баллам, ускорению и работе.

Таблица 1.

| Балл по Росси-Форелю | Балл по Меркалли | Ускорение по Холлену | По Омори |                       | По Канкани |                       | По Бассани |                          | Характеристика землетрясений |
|----------------------|------------------|----------------------|----------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|--------------------------|------------------------------|
|                      |                  |                      | Балл     | Ускорение см./кв.сек. | Балл       | Ускорение см./кв.сек. | Балл       | Работа кгм. на кв/м сек. |                              |
| I                    | I                | —                    | —        | —                     | I          | 0,25                  | II         | 0,20                     | Инструментально              |
| II                   | II               | 2                    | —        | —                     | II         | 0,50                  | III        | 0,70                     | Очень легкое                 |
| —                    | —                | —                    | —        | —                     | —          | —                     | IV         | 1,40                     |                              |
| —                    | —                | —                    | —        | —                     | —          | —                     | V          | 3,50                     |                              |
| III                  | III              | 4                    | —        | —                     | III        | 1,0                   | VI         | 8,50                     |                              |
| IV                   | —                | 6                    | —        | —                     | —          | —                     | VII        | 18                       | Легкое                       |
| —                    | IV               | —                    | —        | —                     | IV         | 2,5                   | —          | —                        |                              |
| V                    | —                | 8                    | —        | —                     | —          | —                     | VIII       | 65                       | Чувствительное               |
| VI                   | V                | 11                   | —        | —                     | V          | 5                     | IX         | 200                      | Довольно сильное             |
| VII                  | VI               | 15                   | —        | —                     | VI         | 10                    | X          | 450                      | Сильное                      |
| —                    | —                | —                    | —        | —                     | —          | —                     | XI         | 700                      |                              |
| VIII                 | VII              | 30                   | I        | 30                    | VII        | 25                    | —          | —                        | Очень сильное                |
| —                    | —                | —                    | —        | —                     | —          | —                     | XII        | 1000                     |                              |
| IX                   | VIII             | 50                   | —        | —                     | VIII       | 50                    | XIII       | 1500                     | Начало разрушения            |
| —                    | —                | —                    | —        | —                     | —          | —                     | XIV        | 2500                     |                              |
| —                    | —                | —                    | II       | 90                    | IX         | 100                   | —          | —                        | Разрушительное               |
| —                    | —                | —                    | —        | —                     | —          | —                     | XV         | 3500                     |                              |
| X                    | IX               | 120                  | III      | 120                   | —          | —                     | —          | —                        |                              |
| —                    | —                | —                    | IV       | 200                   | X          | 250                   | —          | —                        | Очень разрушительное         |
| —                    | —                | —                    | V        | 250                   | —          | —                     | —          | —                        | Катастрофическое             |
| —                    | —                | —                    | VI       | 400                   | XI         | 500                   | —          | —                        | Колоссально-катастрофическое |
| —                    | —                | —                    | VII      | >400                  | XII        | 1000                  | —          | —                        |                              |



## Методы расчета и учета усилий при землетрясении.

**Классификация силы землетрясения<sup>8)</sup>.** Сила землетрясения в СССР определяется по десятибальной системе Росси-Фореля. В других государствах пользуются другими системами—Омори, Меркали, Канкани и др., имеющими бальную шкалу в соответствии с ускорениями, сообщаемыми сейсмической волной в кв. сек. Выше дана сводная таблица этих систем с характеристикой, баллами и ускорением (см. таб. на стр. 82).

Всякое землетрясение дает начало двум типам сейсмических колебаний: упругих, идущих непосредственно от очага землетрясения—гипоцентра, колеблющихся в направлении продвижения, дающих толчки вследствие попеременного сжатия и расширения грунта, и волнообразных, лежащих в плоскостях, нормальных к направлению их распространения и дающих в отдалении от эпицентра вертикальные и горизонтальные слагающие своих амплитуд. Первые в эпицентре землетрясения подбирают находящиеся на поверхности земли сооружения, а вдали от него дают слабые, почти горизонтальные толчки. Вторые в эпицентре дают сильное горизонтальное смещение и искривление (например, рельс), а вдали от него вертикальные слагающие волн получают в 4—5 раз меньше горизонтальных слагающих. В обоих случаях разумеются явления сотрясения на поверхности земли и в непосредственной близости от нее (не глубже нескольких метров), которые преимущественно затрагивают строителей.

В отношении сейсмических колебаний различают скорость— $v$ , период— $T$ , амплитуду— $A$ , ускорение— $c$ . Под амплитудой разумеется отклонение частиц от состояния покоя в сторону.

Колебания земли различаются по силе и характеру: удары сопровождаются гулом, длительные, почти не прекращающиеся вибрационные сотрясения, пульсационное, волнообразное и вихревое движение.

«Но величина напряжений, возникающих в сооружении, не столько зависит от абсолютной величины этих явлений, сколько от величины приращения скорости, т. е. от величины наибольшего ускорения  $c$ . Действительно, чем внезапнее тело переходит от состояния покоя в колебательное движение и обратно, тем сильнее в нем растет напряжение вследствие его инерции. Сооружение в общем является посторонним телом для земной коры, на которой удерживается своим основанием силой тяжести, в зависимости от положения центра тяжести в сооружении. Под действием сейсмических колебаний происходит смещение сооружения по их направлению и обратно, вследствие чего в нем возникают очень сложные изгибающие и скалывающие напряжения». Вообще колебания идут в разных, не повторяющихся направлениях с переменной интенсивностью.

«При плохой связи между элементами сооружения энергия упругих волн преобразовывается в удар, при котором волны затухают за счет разрушения конструкции. Сейсмические волны неодинаково скоро и неодинаково сильно передаются в различных породах: они хорошо проходят через твердые и быстро ослабевают в рыхлых, так как в последних упругое колебание превращается в колебание с большой амплитудой и, следовательно, при одном и том же периоде в них увеличивается ускорение<sup>9)</sup>. Кроме того, в рыхлой земной коре, в особенности пропитанной

<sup>8)</sup> Compte de Montessus de Ballore. La science Seismologique.

<sup>9)</sup> При рыхлой почве всякое продвижение частиц при одинаковой силе удара будет больше, чем при твердой почве, т. е. амплитуда увеличится, а так как при одинаковых периодах ускорение пропорционально амплитуде, умноженной на  $4\pi^2$  (см. ниже), то ясно, что произойдет увеличение ускорения в рыхлой почве от землетрясения против ускорения в соседних твердых почвах.



грунтовой водой, легче возникают поверхностные волны смешанного характера и перемещение масс. Поэтому наиболее опасными для сооружения являются болотистые и рыхлые почвы, а также границы разных пород и тонкие рыхлые напластования над твердыми отложениями, проходя через которые волны приобретают особо большое ускорение и ударный характер. Присутствие же трещин и разрывов в грунте содействует ослаблению землетрясения. Указанное влияние почв подтверждено целым рядом наблюдений и в СССР, и за границей<sup>10)</sup>.

«Особенно характерны данные о землетрясении 1923 г. в Токио, где здания на плотной деллювиальной глине пострадали значительно меньше, чем на мягких аллювиальных отложениях. Там же установлено, что сила сотрясения зависит от свойства подпочвы и не убывает пропорционально квадрату расстояния от эпицентра или гипоцентра».

**Поправочный коэффициент  $\psi$  влияния грунта<sup>11)</sup>.** Амплитуда землетрясения изменяется в зависимости от рода грунта. Данные Токийского землетрясения 1923 г. подтвердили количественные соотношения между свойствами грунтов, обнаруженными при землетрясении 1906 г. в Калифорнии, где, принимая в плотных кристаллических породах эффект землетрясения за единицу, для песчаных грунтов получили 2,4—4,4, для насыпных 4,4—11, для болотистых 13.

Для различных подпочв города Токио, отстоящих в одинаковом расстоянии от эпицентра, получены следующие соотношения.

Таблица 2.

| Наименование почв                        | Период T<br>сек. | Двойная<br>амплитуда<br>2 A мм. | Наибольшее гориз. ускорение<br>$c = A \frac{4 \pi^2}{T^2}$ м.м/сек. | e     | Отношения<br>амплитуд |
|------------------------------------------|------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------|
| Мягкий аллювиальный<br>грунт . . . . .   | 1,35             | 270                             | 2939                                                                | 0,3   | 3,1                   |
| Твердая деллювиальная<br>глина . . . . . | 1,35             | 87                              | 960                                                                 | 0,098 |                       |

Поэтому можно определенно сказать, что чем плотнее порода, тем слабее действие землетрясения на сооружение.

Согласно таблицы 2, между твердым и рыхлым грунтом существует соотношение 3,1. Если принять твердый глинистый грунт за единицу, то данные таблицы 3 (см. ниже) надо умножить на поправочный коэффициент  $\psi$ :

- для каменистого грунта . . . . . = 0,71
- » песчаного грунта . . . . . = 1,7—3,1,
- » мягкого глинистого грунта . . . . . = 3,1,
- » насыпного грунта . . . . . = 3,1—7,7,
- » болотистого и пльвуна . . . . . = 8,5.

Таким образом, в зависимости от породы под фундаментом здания для одного и того же балла землетрясения нужно применять разные величины динамического коэффициента, вводимого в расчет для учета

<sup>10)</sup> Пр. Ижевский, «Проблема сейсмостойкого строительства» («Строит. Прогр.» 1927 г. № 9).

<sup>11)</sup> То же.



всякого вида сотрясений. Рассматривая грунт, как упругую среду плотности  $\gamma_r$ , а сооружение на нем как упругое тело плотности  $\gamma_c$ , можем написать уравнение:

$$\frac{dv_r}{dt} = \frac{dv_c}{dt} \frac{\gamma_r}{\gamma_c}.$$

Это вытекает из закона—скорость распространения волн землетрясения в какой-нибудь среде, умноженная на плотность этой среды, при одинаковом периоде колебаний есть величина постоянная, т. е.  $v\gamma = \text{const.}$

$$c_c = c_r \frac{\gamma_c}{\gamma_r}$$

Для твердой глины можно принять  $\gamma_r = 1.900$ , для сооружения из жженого кирпича  $\gamma_c = 1.600$ , для сооружения из железобетона  $\gamma_c = 2.400$ , в среднем для смешанной конструкции  $\gamma_c = 1.900$ .

При скалистом грунте  $\gamma_r = 2.400$  и  $c_c = c_r \frac{2400}{1900} = c_r \cdot 1,26$ , т. е. в этом случае удар усиливается.

При рыхлом грунте  $\gamma_r = 1.200$  и  $c_c = c_r \frac{1200}{1900} = c_r \cdot 0,63$ , т. е. в этом случае сила удара ослабевает.

Если теперь во всех этих отношениях  $c_r$  привести к плотному глинистому грунту, то получим

для случая скалистого грунта  $c_c = 1,26 \cdot 0,71 \cdot c_r = 0,89 c_r$

» » рыхлого грунта  $c_c = 0,63 \cdot 3,1 \cdot c_r = 1,96 c_r$ ,

т. е. ускорение, получаемое сооружением, в конечном результате больше при рыхлом грунте, чем при каменистом грунте, что вполне согласуется с выводами обследования разрушений при бывших землетрясениях. Таким образом, решающее значение имеет порода грунта под сооружением.

Чрезмерная жесткость сооружения вредна, устройство же подвижных катков и внутренних связей, допускающих безвредное временное смещение элементов конструкции, содействует устойчивости и прочности сооружения.

**Сила удара при землетрясении.** По закону Ньютона вообще

$$P = m \frac{dv}{dt} = m c = \text{масса} \times \text{ускорение}$$

но  $m = \frac{G}{g} = \frac{\text{вес}}{\text{ускорение силы тяжести}}$  при постепенном нарастании ускорения.

При землетрясении ускорение возрастает быстро, почти мгновенно,

$$\text{поэтому } ^{12)} P = \frac{G}{g} \cdot 2c = G \frac{2c}{g} = G 2e (B)$$

<sup>12)</sup> По Тимошенко «Курс сопротивления материалов», страница 54: «при внезапном приложении силы или нагрузки напряжение вдвое больше тех значений этих величин, которые получаются при постепенном возрастании силы или нагрузки. Поэтому при определении прочных размеров надо брать

$$P = 2 m c = 2 \frac{G}{g} c = G \frac{2c}{g} = G 2e,$$

где  $e$  называется степенью ускорения и равно  $\frac{c}{g}$ ,  $m$  масса тела весом  $G$ . Так как для расчета надо знать  $2e$ , то в таблице 3 даны двойные степени ускорения. Другие авторы это обстоятельство упускают из виду».



Отношение  $e = \frac{c}{g}$  называется степенью ускорения.

Ускорения для различных баллов землетрясения даны в таблице 1.

Инженер Бриске, разлагая действующие при землетрясении силы на горизонтальные и вертикальные слагающие, уподобляет действие землетрясения двигающейся в наклонной плоскости взад и вперед земле с находящимися на ней предметами. При этом происходит тряска по закону синусоидальной функции

$$y = A \sin \frac{2\pi t}{T},$$

где  $A$  — амплитуда,  $T$  — период,  $y$  — ордината волны, соответствующая моменту.

Дифференцирование дает:

$$\text{скорость } v = y' = \frac{2\pi}{T} A \cos \frac{2\pi t}{T},$$

$$\text{максимальная скорость } v_0 = v_{\max} = \frac{2\pi}{T} A,$$

$$\text{ускорение } c = y'' = -\frac{4\pi^2}{T^2} A \sin \frac{2\pi t}{T}$$

$$\text{и максимальное ускорение } c_0 = c_{\max} = -\frac{4\pi^2}{T^2} A.$$

Опуская знак минус в последней формуле, так как для расчета важна лишь абсолютная величина ускорения, которое во времени имеет бесконечно разнообразное направление, и подставив в эти формулы, по данным Токийского землетрясения, для глинистого грунта  $T = 1,35$  и значения  $c_0$  по таблице 1 для разных баллов землетрясения по шкале Канкани, мы вычислили соответствующие амплитуды, нужные по формуле (В) двойные степени ускорения  $2e$ , углы  $\alpha$  между силой тяжести и равнодействующей при землетрясении (рис. 6) по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2mc}{mg} = \frac{2c}{g} = 2e$$

и максимальную скорость колебания.

Все эти данные помещены в таблице 3-й.

Таблица 3.

| Балл Канкани    | VI     | VII    | VIII    | IX      | X       | XI      | XII           |
|-----------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------------|
| Ускорение $c_0$ | 5—10   | 10—25  | 25—50   | 50—1000 | 100—250 | 250—500 | 500—1000 м/с² |
| Амплитуда $A$   | 0,0009 | 0,0023 | 0,0047  | 0,0094  | 0,0235  | 0,0470  | 0,0941 м/с²   |
| $2e$            | 0,0204 | 0,0509 | 0,1019  | 0,2039  | 0,5097  | 1,0194  | 2,0387        |
| $\alpha$        | 1°10'  | 2°50'  | 5°50'   | 11°30'  | 27°     | 45°30'  | 63°40'        |
| $v_0$           | 0,0042 | 0,0107 | 0,02187 | 0,0437  | 0,10937 | 0,2187  | 0,438 м/с.    |



Высота вертикального прыжка при землетрясении найдется по формуле

$h_0 = h_{\max} = \frac{v_0'^2}{2g}$ , где  $v_0'$ —максимальная скорость при вертикальном толчке,

Однако, дать правильные численные величины по этой формуле, к сожалению, мы не можем, так как не располагаем данными зависимости между амплитудой, ускорением и периодом в численных величинах для вертикальных толчков на основании наблюдений.

**Устойчивость сооружения.** Как уже было определено, сила удара при землетрясении равна весу сооружения, умноженному на двойную степень сотрясения. Она приложена в центре тяжести сооружения и имеет непрерывно изменяющееся направление. Поэтому в расчет надо принимать наименее выгодное направление ее для данной формы сооружения.

Равнодействующая сила удара и тяжести дает с вертикалью или силой тяжести угол  $\alpha$ , тангенс которого

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{G \cdot 2e}{G} = 2e.$$

Величины углов  $\alpha$  при различных баллах даны в таблице 3.

Условие предельной устойчивости для тела прямоугольного сечения и одинаковой плотности во всем сечении, имеющего высоту  $y$  и ширину  $x$ , аналитически выразится уравнением

$$\frac{y}{2} \operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{6}.$$

С другой стороны, можем написать

$$N \cdot \frac{y}{2} G \cdot 2e = G \cdot \frac{x}{2},$$

где  $N$ —коэффициент запаса устойчивости, при котором равнодействующая проходит внутри средней трети основания.

Из этих двух уравнений после подстановок и сокращений получаем:

$$N = 3.$$

Если теперь исправить формулу Веста <sup>13)</sup> поправкой на удар и устойчивость, то для прямоугольного сечения, к которому она относится, она примет вид

$$x = 3 \cdot y \cdot 2e,$$

что дает при VII, VIII, IX, X баллах отношение  $\frac{h}{\alpha}$  0,15, 0,3, 0,6, 1,5, где  $h = 2y$ —высота здания,  $\alpha = 2x$ —ширина его.

<sup>13)</sup> Формула Веста упоминается во всех больших трактатах по землетрясению.

Ее вид

$$c = \frac{x}{y} g,$$

где  $x$  и  $y$ —центры тяжести прямоугольника (рис. 6),  $c$ —ускорение от землетрясения,  $g = 9,81$  м/сек<sup>2</sup>. ускорение силы тяжести. Она получается по сокращении из уравнения моментов

$$m c y = m g x$$

для однородного тела прямоугольного сечения.



Таким образом, при ширине 1 м. предельная высота  $h$  будет— 6,7; 3,3; 1,7; 0,66 м., а при обычной ширине здания в 15 м. и высоте этажа 5 м. предельная высота здания—100; 50; 25; 10 м. число этажей—20; 10; 5; 2— при основании на твердом глинистом грунте.

**Влияние вертикального удара.** Путем сравнения данных ряда землетрясений, инженер Бриске выводит, что все расчеты вообще следует вести на горизонтальные силы удара, развивающиеся при землетрясении, так как вертикальные силы в стороне от эпицентра, вследствие острого угла направления надземных вертикальных толчков, незначительно влияют на устойчивость и прочность сооружения. Увеличение или уменьшение ускорения силы тяжести от вертикальных сейсмических сил, а, следовательно, вертикальных нагрузок, достигает, примерно, 15% при средней силе землетрясения <sup>14)</sup>.

Если горизонтальное ускорение  $c_r$  складывается с вертикальным  $c_n$ , то отклонение равнодействующей от вертикали будет

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{G \cdot 2 \frac{c_r}{g}}{G + \frac{G c_n}{g}} = \frac{2 c_r}{g + c_n},$$

но по предыдущему  $c_n = 0,15 g$ .

Поэтому 
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2 c_r}{1,15 g} \text{ до } \frac{2 c_r}{0,85 g}.$$

При вертикальных толчках поверхность земли изменяется волнообразно аналогично волнам воды. Но в то время, как последние движутся медленно и ведут к плавному раскачиванию плавающих предметов, волны землетрясения весьма короткого периода быстро чередуются и в эпицентре и близ его вызывают сильные толчки, которыми пренебрегать ни в коем случае нельзя, так как даже незначительные вертикальные толчки подбрасывают сооружения вверх, что особенно опасно для сооружений, не могущих работать на отрыв. В этом случае нельзя принимать в расчет силу трения. Необходимо <sup>15)</sup> устанавливать вертикальные связи и требовать заполнения швов кладки раствором, обладающим более или менее значительным сцеплением. В районах эпицентральных, для лучшей связи фундамента с грунтом, целесообразно применять зубчатые профили или закреплять его на сваях. С той же целью необходимо прочное закрепление верхних этажей, кровельных покрытий и т. д.

Наблюдениями установлено, что сила вертикальных толчков при землетрясениях средней силы в 2—5 раз меньше силы горизонтальных толчков.

Поэтому можно принять

$$2c_n = \text{от } 0,2 \text{ до } 0,5 \cdot 2c_r.$$

При катастрофическом землетрясении в Токио в 1923 г. легкие здания, прочно не связанные с основанием, подпрыгивали на высоту одного метра.

<sup>14)</sup> Бриске, «Сейсмостойкость сооружений», перев. с немецкого. 1927 г.

<sup>15)</sup> Проф. Ижевский, см. 10.



Чтобы сооружение подпрыгнуло на высоту одного метра, оно должно получить начальную скорость  $v_0$ , которая найдется из уравнений

$$v = v_0 - gt,$$

$$h_x = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

для  $h_x = 1$  имеем  $v = 0$ . Отсюда находим  $t = 0,45$  и  $v_0 = 4,4$  м/сек.

Из уравнения волнообразного движения имеем после дифференцирования

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{2\pi}{T} A \cos 2\pi \frac{t}{T},$$

которое для  $\cos 2\pi \frac{t}{T} = 1$  или  $h_x = 0$ , дает при максимальной амплитуде 0,15

$$4,4 = \frac{2\pi}{T} \cdot A = \frac{2\pi}{T} 0,15,$$

с другой стороны,

$$c = \frac{4\pi^2}{T} A = \frac{4\pi^2}{T} \cdot 0,15.$$

Отсюда  $T = 2,14$  сек. и  $c = 1,29$  м/сек<sup>2</sup>.

Наблюдениями установлено, что при вертикальной амплитуде 0,1 см. ощущается легкое и слабое землетрясение, при амплитуде 1 см.—сильное, при амплитуде 5 см.—разрушительное, при амплитуде 15 см.—катастрофическое. Следовательно, в Токио в 1923 г. имело место сверхкатастрофическое землетрясение, т. к.  $1.290 > 1.000$  см/сек.<sup>2</sup> по XII баллу Канкани.

Итальянские нормы для областей до X—XI баллов вводят вертикальную силу и ее динамическое действие в виде удара в размере 50% от веса сооружения и его нагрузки, т. е. они принимают  $2e = 0,5$ .

В Средней Азии УВХ обычно принимает динамический коэффициент 1,4. По нормам Госплана СССР он колеблется от 1,2 до 1,5, в зависимости от силы сотрясения сооружения находящимся в нем оборудованием. Чтобы учесть силу сейсмических сотрясений, этот динамический коэффициент надо увеличить на  $2e$ .

В приказе № 31 краевым исполнит. комитетам от 20 января 1928 г., опубликованном в Бюллетене НКВД РСФСР № 6-а (251-а) за 1928 г. даны временные правила, выработанные Госпланом РСФСР, постройки и ремонта зданий в сейсмических районах Крымской Авт. ССР. Согласно этим правилам, предлагается принимать во внимание горизонтальные силы землетрясения, приложенные в центре тяжести соответственных элементов сооружения для первого района (8 баллов по шкале Росси-Фореля) в размере 0,1, для второго района 0,075, для третьего района 0,05 от вертикальной нагрузки.

(Окончание следует).



Рис. 1.

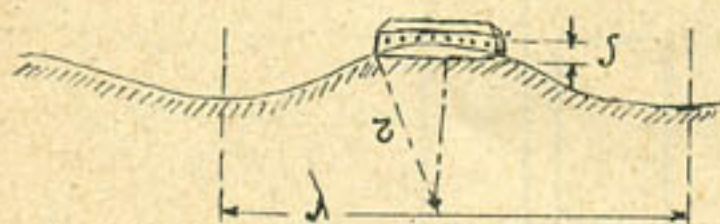


Рис. 2.

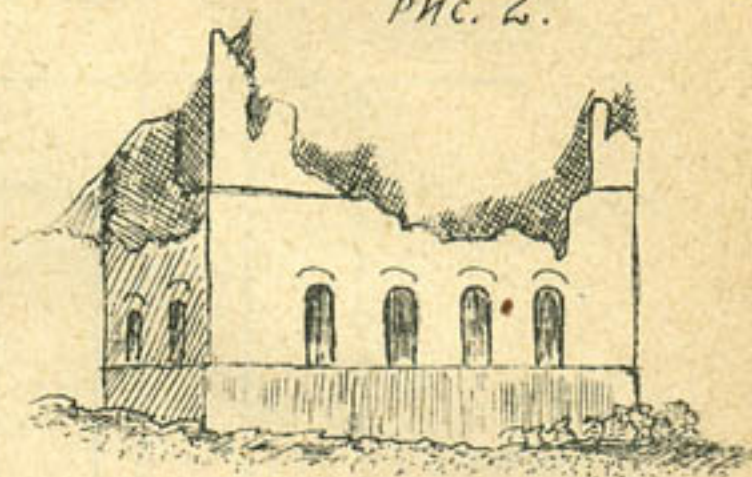


Рис. 3.

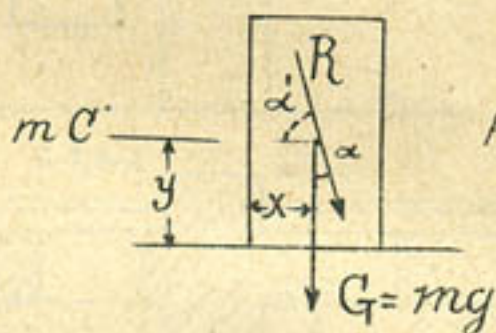
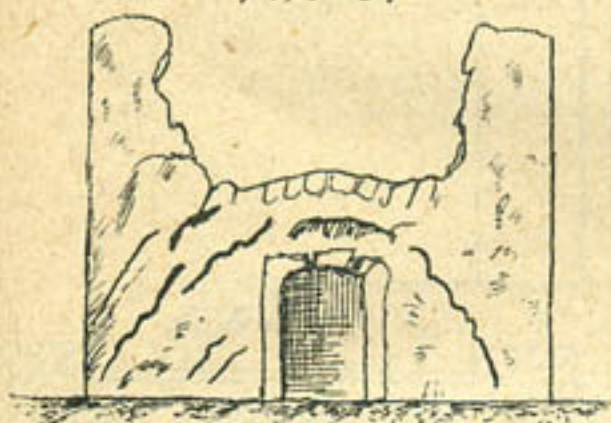


Рис. 6.

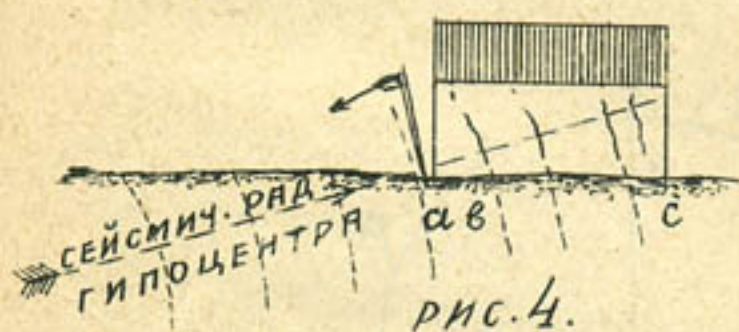


Рис. 4.

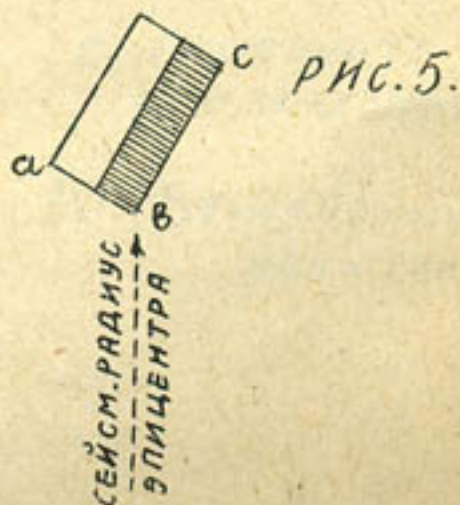
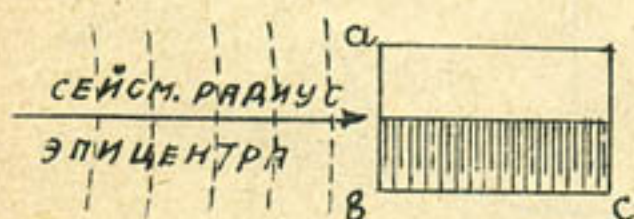


Рис. 5.



Ф А С А Д

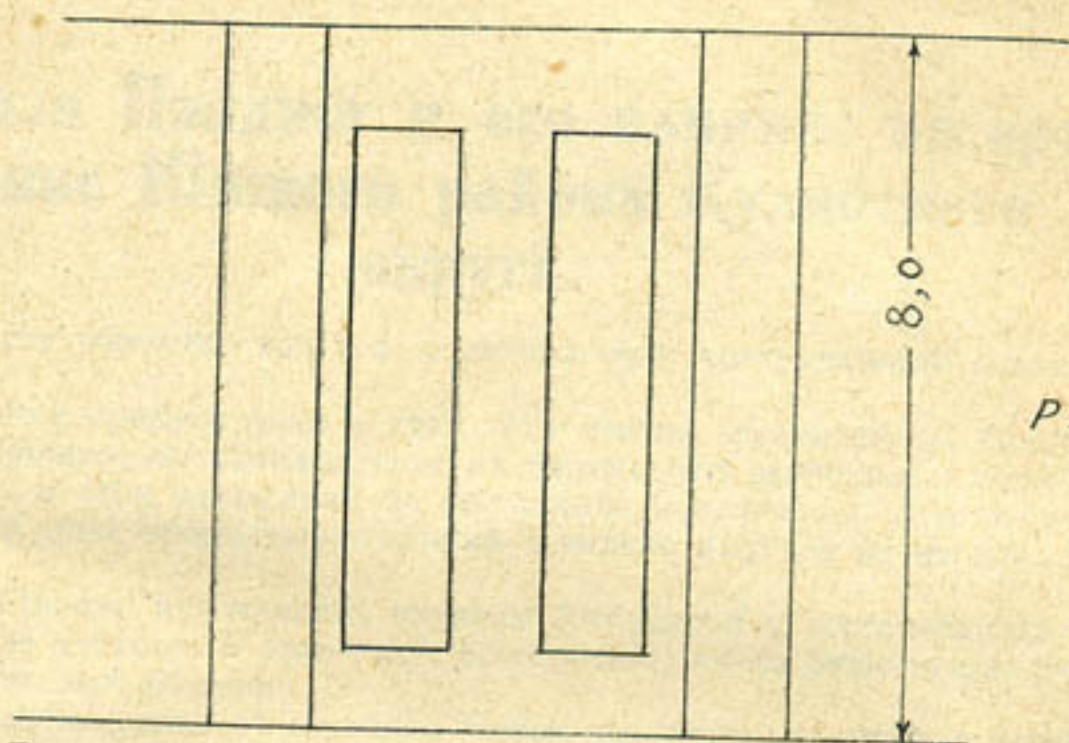


Рис. 8.

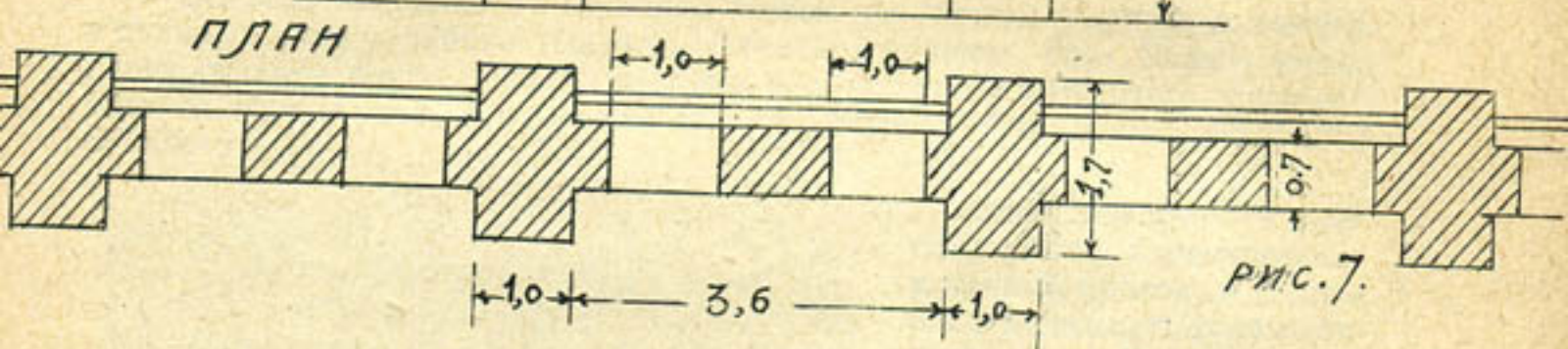
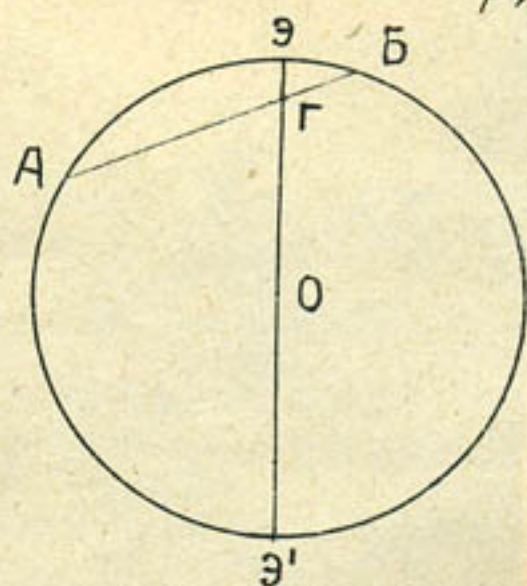


Рис. 7.

Рис. 9.



$\begin{matrix} \mathfrak{A} \\ \mathfrak{A}' \end{matrix} \} \text{ЭПИЦЕНТРЫ.}$

Г - ГИПОЦЕНТР  
ОЧАГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Аг, Бг-сейсмич. радиусы  
или лучи.



*Студент С. Авилов.*

## Прорыв Пянджа и его влияние на орошение Южного района Кулябского округа.

1921 год известен, как год, отличавшийся чрезвычайным многоводием.

Все реки Средней Азии в этом году имели чрезвычайно большие расходы, значительно превышавшие их нормальные величины, и, конечно, Аму-Дарья в этом отношении не составляла исключения, и ее расходы в 1921 году тоже чрезвычайно велики и далеко выходят из нормальных пределов.

Река Пяндж, являющаяся началом Аму-Дарьи и составляющая без малого  $\frac{1}{2}$  ее расхода, в этом году, естественно, имела значительно большие расходы, чем обычно.

Вытекая недалеко от кишлака Чубек, из горных ущелий, и выходя в долину Южного района (Пархар-Чубекская долина), река Пяндж имела ранее главное русло с левой стороны болотистого и заросшего камышом острова Урта-Тугай, а с правой стороны острова был лишь небольшой ее проток.



Рис. 1. Подмыв возвышенности Урта-Боз.

С течением времени главное русло переместилось в правый проток, и Пяндж стал подмывать возвышенность Урта-Боз (см. рис. 1) и весь свой правый берег, начиная от выхода из ущелья вплоть до указанной возвышенности.

Надо заметить, что Южный район имеет общий уклон с северо-востока на юго-запад по течению реки Пяндж и одновременно резкий уклон к западу и даже к северо-западу, к реке Кизыл-су, которая окаймляет его с противоположной Пянджу стороне.

Необходимо особо отметить, что ложе реки в этом районе, состоящее из гальки разных размеров с песком и илом (гальки по весу до 60%, песка 15—20% и ила 20—25%), обладает чрезвычайной подви-



жностью, резко меняет свою форму, даже в продолжение суток, очень легко поддается размыву, почему создает благоприятные условия для блуждания реки.

Скорость воды доходит 4—5 мт./сек. Общий уклон Пянджа (средний) на протяжении всей долины от 0,001 до 0,002, при чем в верхней северной части долины он более крутой, чем в южной. В этом районе река Пяндж еще не имеет установившегося русла. Под слоем лесса, толщиной до 2-х метров, по всему Южному району залегает мощный слой галечника, почему можно судить, что вся Пархарская долина представляет из себя пойму р. Пяндж и что река Пяндж, повидимому, по очереди прижималась к горам, окаймляющим ее то с востока, то с запада. Процесс образования русла не закончился и по сие время.

Все системы Южного района берут свое начало из р. Пяндж, т. к. Кизыл-су течет по самым низким точкам долины и не командует над местностью, почему арык Беш-копа, орошавший земли кишлака Беш-копа, расположенного, примерно, посередине между Чубекскими горами и Урта-Бозом, брал воду из Пянджа, немного ниже кишлака Чубек.

В 1921 году, когда наступил паводок, Пяндж резко начал мыть свой правый берег, особенно в районе выше головы арыка Беш-копа, навалился на указанный район и в течение менее чем 3-х дней размыв головы ар. Дам и Баташ и влился в ар. Беш-копа. Размыл арык, превратил его в значительное русло и затопил всю пойму вплоть до Кизыл-су. Потом, как-бы в продолжение ар. Беш-копа, промыл себе русло немного выше озера Шур-куль, где и влился в Кизыл-су. Недалеко от головы протока, по одной из впадин, от него отделилась часть воды и, пройдя вблизи кишл. Чубек, образовала второй проток, который, не сливаясь с первым, тоже промыл себе русло в р. Кизыл-су еще севернее, пройдя недалеко от так называемой «Соляной сопки».

Местное население, не имея никаких средств, для ликвидации этого явления ничего не предприняло. В последующие годы этот проток, получивший свое название по размыву им арыку—Беш-копа, и его второй рукав—Чубечка, продолжали постепенно увеличиваться.

В 1927 году проток Беш-копа представлял уже грозный рукав, местами идущий одним руслом, местами делившийся на пять и более русел и доходящий до 1 км. ширины, и к августу 1927 года по нему шло до 40—50% всей воды р. Пяндж.

Рельеф местности, описанной выше, создал условия, в силу которых этот новый рукав Пянджа непрерывно мыл свой правый берег и, постепенно уклоняясь к северу, дошел до кишлака Беш-копа и к указанному времени (1927 г.) смыл большую часть кишлака, каковой в этом году совершенно был брошен жителями. Его рукав Чубечка увеличился не так сильно, но тоже все время подмывал свой правый берег, и, наконец, в 1927 году, примерно, в своей середине дошел до гор, окаймляющих Южный район с севера, и начал подмывать один из больших арыков Южного района—Чубек (Ак-Мазар) в районе скал Ткя-Муюн.

Одновременно с этим большее основное русло р. Пяндж, идущее слева от возвышенности Урта-Боз, начало мелеть, горизонт его опускался, создавая значительные трудности с водозабором нижележащих систем и заставляя население в малую воду устраивать водозаборные дамбы, доходящие до 100 мт. и более (напр., у арыка Пархар, питающего кишлак Пархар, являющегося тюменным центром края). Кроме того, за то же время Беш-копа произвел сильное заболачивание всего района от Урта-Боз до «Соляной сопки», и гигантские камыши, доходящие до 6 мт.,



покрывают большие пространства ранее культурных земель и служат «заповедником» для кабанов, оленей и тигров.

Так же, как и в 1921 г., весна 1928 г. была для этого района весьма тяжелой.

С наступлением паводков, более 70% воды р. Пяндж устремилось в Беш-копа и Чубечку. Горизонт воды возрос до 4-х мт., против зимних горизонтов, между тем как в бывшем главном русле Пянджа не более, чем на 0,5 мт. Беш-копа превратился поистине в грозный ревущий поток, сметающий все на своем пути и почти невозможный для переправ даже на бурдюках, унесший несколько человеческих жизней и массу разного скота и имущества, особенно у не привыкших к роде переселенцев из горных районов.

Правый его берег с большой быстротой продолжал размываться и остатки кишлака Беш-копа почти совершенно были смыты. Ширина Беш-копа превысила 1—1½ километра. В этом же году чрезвычайно вырос его приток Чубечка.

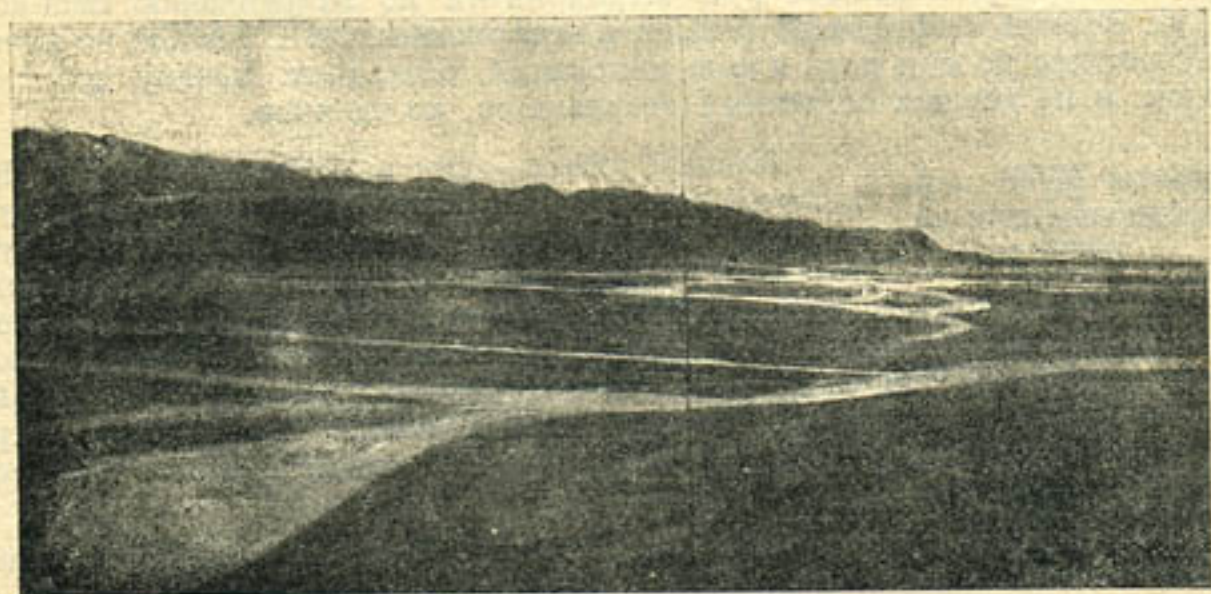


Рис. 2.

В ночь на 4-е июля пр./г. паводок на р. Пяндж достиг своей кульминационной точки. Превышение паводкового горизонта над зимним дошло до 4,20 мт. Приток Чубечка, километра на 1½ выше Тюя-Муюна (место, где подмыт арык Ак-Мазар и где были проведены небольшие укрепительные работы), устремился на правый берег и, смыв более 200 мт. материка вглубь, направил главный удар в упор горам Тюя-Муюна, смыл сипаи таштуган и своротил габионную дамбу, выстроенные весной 28 года. Далее, бросив старое русло, промыл новое, подошел к «Соляной сопке» и вышел в Кизыл-су. Все это было сделано в сутки. Я осматривал Тюя-Муюн 3-го июля—все было цело и ничего не предвещало катастрофы, а 5-го я с трудом сумел пробраться по кое-где уцелевшему дну арыка на другую сторону горы. Благодаря срочным мерам весьма примитивного характера, этот размыв удалось остановить, чему также способствовало падение горизонтов. Была смыта дорога в кишл. Чубек, близлежащие сады и поля. Не могу не отметить и того явления, что опасность быть смытым грозит и Чубеку, в котором расположены исполком, таможня и др. учреждения, и если теперь Чубек еще случайно уцелел, то лишь благодаря произведенным укрепительным работам в голове ар. Чубек, в виде сипайных шпор и небольшой таш-



тугайной дамбы, каковые выдержали напор Пянджа, хотя вода переливалась через них. Этой водой было сделано пять прорывов в русле арыка и смыта нижележащая мельница. Положение было столь опасно, что население Чубека было готово к бегству в горы.

### Системы района и их положение.

Главные системы Южного района следующие: Чубэк, Ак-Мазар, Зулум, Колай-Пучкак и Пархар. Системы: Беш-копа, Чардангак, Батош, Джу-рюк и Дам, находившиеся в районе Беш-копа, начиная с 1921 г., постепенно приходили в упадок, были переключены на питание в Беш-копа, смыты последним и брошены. Если даже считать, что с затратой ежегодно известной суммы средств удастся обеспечить водой системы Зулум, Пучкак и Пархар, то системам Чубек и Ак-Мазар, если не принять мер к ликвидации Беш-копа или к его закреплению—грозит гибель.

Осенью 1927 г. специальная комиссия Ср.-Аз. Экосо после осмотра на месте определила стоимость работ по закрытию протока Беш-копа приблизительно в 500.000 руб. Мероприятия по закреплению Беш-копа и их полная необходимость были подтверждены СНК ТАССР, но ничего конкретного до сих пор, кроме изысканий, сделанных почему то в паводок и не давших ощутимых результатов, не сделано.

### Работы 27/28 г. и предположения на 28/29 г.

Южный район—один из лучших районов Кулябского виллоята. По своим естественным условиям это один из лучших хлопковых районов виллоята, почему в 27 году и было обращено на него внимание, в смысле восстановления брошенного орошения и также получения вновь орошаемых земель. Одна из наиболее крупных (ранее) систем—Зулум, была весной 28 года расширена, переустроена и туда из горных районов виллоята было переселено около 1.000 хозяйств, на что было затрачено более ста тысяч рублей и было получено свыше 3.000 г. прироста поливной площади.

На систему Пархар было переселено 100 хоз., были произведены укрепительные работы стоимостью 12.000 руб.

Необходимо иметь в виду, что, несмотря на устройство головных сооружений, в разгар паводка, в июле м-це, в голове системы Зулум пришлось устраивать водозабор, т. к. после паводковой волны 4-го июля горизонт в бывшем главном русле Пянджа весьма резко понизился и, несмотря на удобное расположение головы системы Зулум (см. схему), расход канала с расчетных 5 мт.<sup>3</sup>/сек упал до 3-х мт.<sup>3</sup>/сек.

Одновременно с этим, в своей головной части Беш-копа настолько переполнился, что вышел из берегов и затопил местность на протяжении 8 кил

Планом работы на 28/29 г. г. по Южному району, по настоянию Наркомзема, намечены большие работы на сумму свыше 200.000 руб. по созданию новых площадей по системам Зулум, Пархар и Пучкак (до 4.000—5.000 га.), в то время как эти системы, в связи с состоянием Беш-копа, нельзя признать благополучными.

Совершенно ненормально, что наряду с затратой больших средств на увеличение орошения по системам, явно неблагополучным, ничего не делается по спасению уже освоенных культурных земель и не принимаются меры к полному обеспечению водой площадей, вновь орошаемых, между тем как наличие в Южном районе столь непостоянного и бес-



прерывно увеличивающегося «протока» Беш-копа, несущего более 70% расхода р. Пяндж, давшего уже такие отрицательные результаты, казалось бы, должно заставить осторожнее подойти к новому орошению и подумать над спасением старого.

Без разрешения вопроса о Беш-копа, производство работ по орошению, переселение на новые земли—вещь рискованная.

Земли и воды в Таджикистане вообще и в Кулябском округе в частности—много, и можно найти места, не грозящие осложнениями, не имеющие таких «протоков», как Беш-копа и Чубечка.

---



Схематическая карта  
южного района  
Кызыл-Суйского водного округа

M: 26p61"

Белая сойка

Р. Чубов

Пр. Беш-коро

70 8 9 10 11

Т у р а

Χοιρῶν

Добро-Селен,

ар. Зубов

Свят

في يوم الجمعة

A. Komurukin

П. П. Янцук

*L. Nakar*

1. Wenn man  $\bar{a}$  hat

Шоринговъ:

*Heaven*

Пархоло

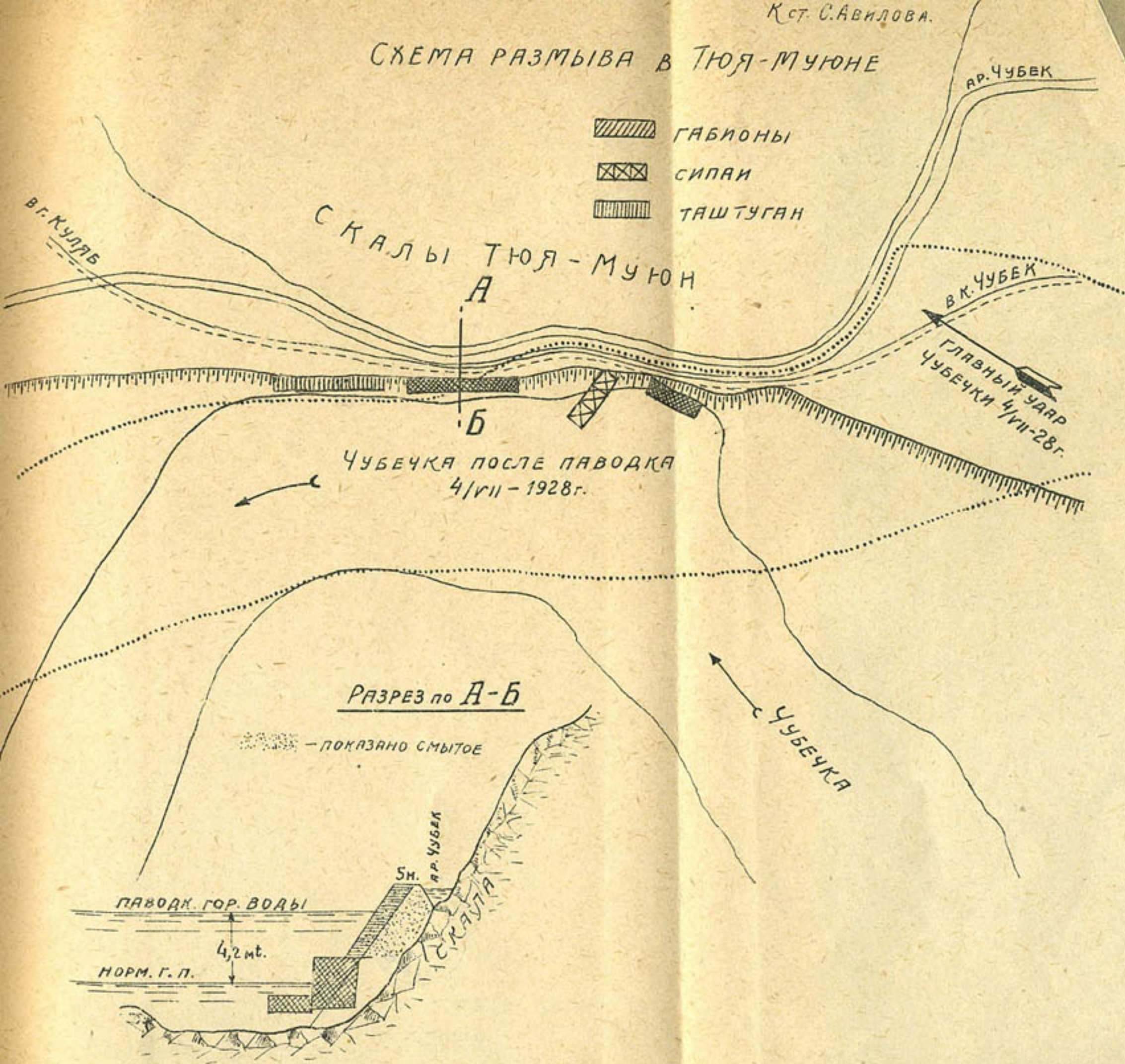
[illegible]

A B

4

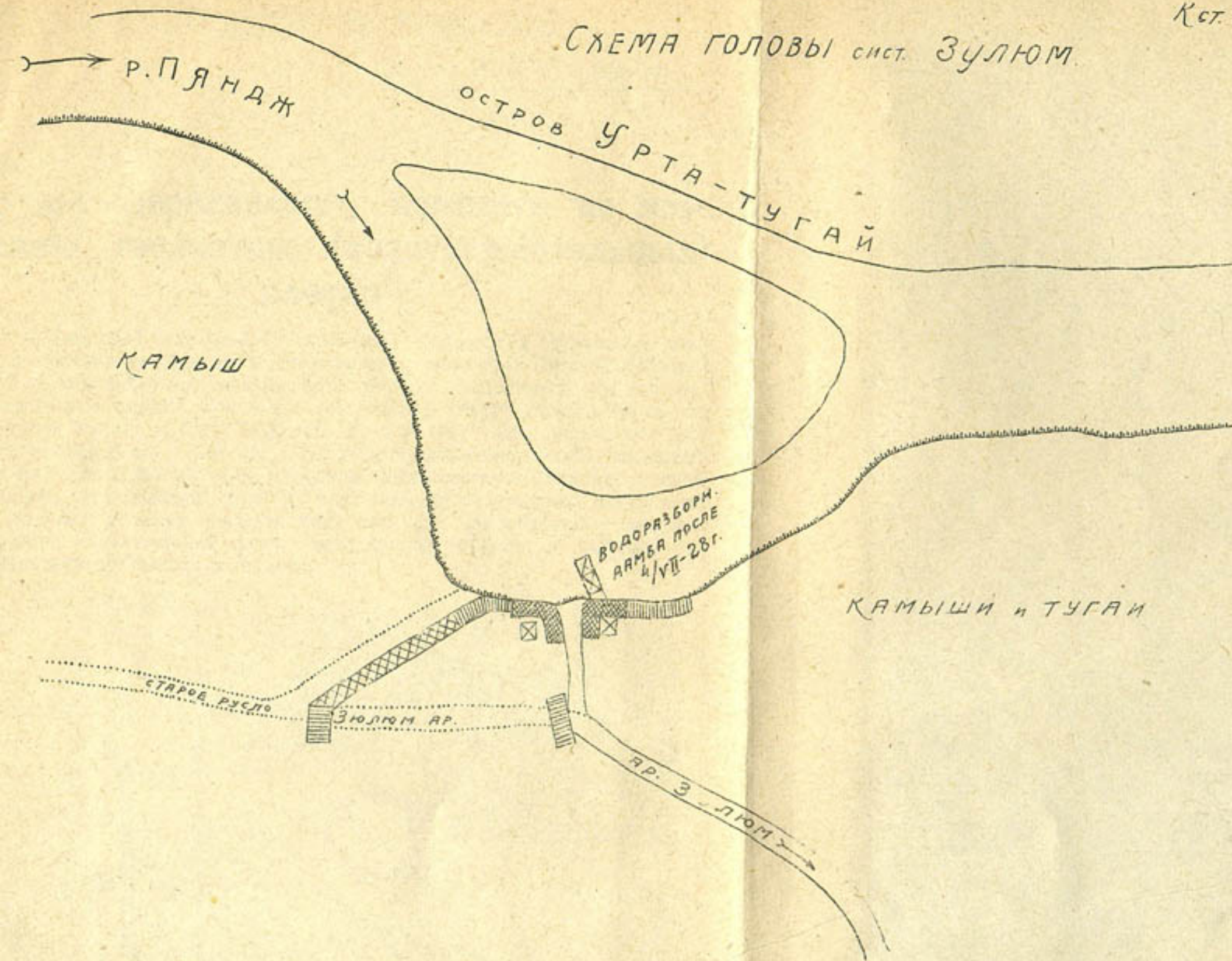


# СХЕМА РАЗМЫВА В ТЮЯ-МУЮНЕ





# СХЕМА ГОЛОВЫ сист. ЗУЛЮМ

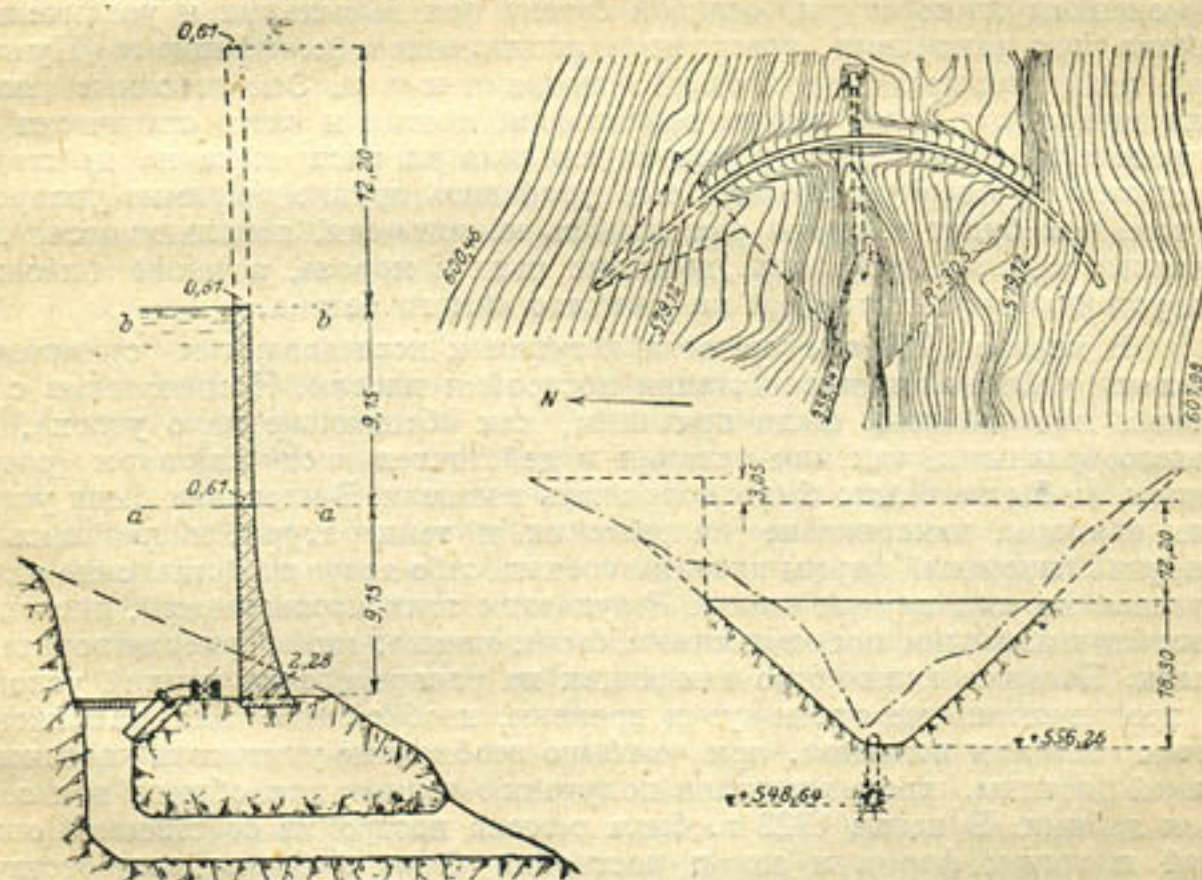




И. С. Пехота.

## Труды американского комитета по изучению сводчатых (водоудержательных) плотин<sup>1)</sup>.

Основанный в конце 1922 г. комитет Engineering Foundation, союз американских инженеров, по настоянию инженеров Западных Штатов имел своей задачей исследование всех вопросов, встречаемых при постройке сводчатых плотин. Труды его появились в печати (Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Part 3 May 1928, Report on Arch Dam Investigation) в мае мес. 1928 г. и представляют собою некоторый еще не окончательный отчет о проделанных комитетом работах, с целью привлечь технический мир к критическому обсуждению результатов его трудов, а также доказать всем тем, кто способствовал созданию комитета, практический успех проделанной работы и побудить их к дальнейшему оказанию помощи.



Образование комитета, а также деятельная помощь со стороны широких хозяйственных и финансовых кругов, учреждений и науки, были вызваны требованием практики определения надежного метода постройки водоудержательных плотин, который должен бы быть значительно де-

<sup>1</sup> Аналогичная статья была помещена в «Вестн. Ирр.» в № 1 за 1927 г., но в виду неослабеваемого интереса к сводчатым плотинам, мы помещаем более полную статью по данному вопросу.



шевле применяемого до сих пор способа постройки массивных плотин. Воздвижение водоемов, имеющих большое значение для использования гидроэнергии, защиты от паводков или для орошения, становится более и более сомнительным, если не удастся значительно понизить их стоимость. Техническое развитие заставляет поэтому прибегать к сводчатым плотинам, хотя способ их расчета далеко не безупречен. Имеющиеся в отчете статистические данные приводят более 100 уже сооруженных таких плотин, из которых 57 находятся в Соединенных Штатах, 24 в Европе и 18 в Австралии. Наивысшая из них, находящаяся еще в стадии постройки плотина Rasoiita Creek в Калифорнии, имеет высоту 116 м., при ширине основания в неполные 30 м. Из сводки видно, что все плотины построены по разным расчетным принципам: или устойчивость и долговечность некоторых из них весьма сомнительны, или же расход материалов чересчур большой. Хотя до сих пор ни одна из упомянутых плотин не разрушена, но все таки существующая неясность заставляет уже из чисто экономических соображений остановиться на этом вопросе более внимательно. При трудности и разнообразии подлежащих выяснению вопросов, решение может быть достигнуто только тесным сотрудничеством занятых в этой области инженеров и научных работников.

Трудности проблемы сводчатых плотин кроются прежде всего в физико-статической области. Распределение нагрузки воды по действию сводов и подпорных стен не ясно и математически трудно учитываемо; оно затуманивается еще целым рядом побочных явлений, как, например, изменением температуры, осадкой бетона при высыхании и увеличением объема при намокании, поперечным расширением (коэффициент Пуассона), податливостью (упругостью) основания и т. д. Эти побочные явления имеют при более легком выполнении плотин и часто статически неопределенном основании громадное влияние на распределение действующих сил. К этому необходимо еще прибавить трудно решимые вопросы о том, как будут плотины реагировать на влияния, появляющиеся при эксплуатации их, как, напр., действия льда и мороза, а также паводков на устойчивость плотины и на качество самого бетона.

В январе 1923 г. комитет приступил к исследованиям существующих или уже находящихся в стадии постройки плотин. Исследования с помощью моделей пока были признаны, как обещающие мало успеха, нецелесообразными, так как условия в действительности слишком разнообразны, чтобы им можно было подражать в модели. В плотинах были устроены приборы, измеряющие напряжения и температуру, и пытались из упругих изменений формы плотины создать себе ясное представление о распределении сил внутри стены. Результаты этих исследований, проведенных специальными подкомиссиями, были, однако, мало удовлетворительными. Большое количество влияющих на распределение усилий условий и продолжительные промежутки времени, необходимые для наполнения и опорожнения водоемов, при чем было необходимо учитывать назначение самой плотины, препятствовали получению годных для общего пользования данных. В конце 1923 г. была решена постройка собственной опытной плотины; форма и метод постройки были выбраны соответствующими исключительно цели выявления распределения усилий и при том при таком месте постройки, где содержание водоема можно было, смотря по требованиям исследовательской программы, быстро менять, не обращая внимания на промышленное использование воды или интересы ниже лежащих водопользователей.

Указывая на высокое экономическое значение подлежащих выяснению вопросов, удалось добиться от широких хозяйственных кругов и коммунальных учреждений значительных ассигнований и получить воз-



возможность выполнения этого, пожалуй, единственного в своем роде опытного сооружения. В отдаленной местности Sierra Nevada, у ручья Stevenson, было найдено подходящее во всех отношениях место для постройки плотины. Прекрасная равномерная гранитная подпочва, симметричная форма долины в виде поставленного на вершину прямого угла, небольшой, быстро наполняющийся и опоражнивающийся водоем, хорошие под'ездные пути к месту постройки, созданные изыскательскими работами Южно-Калифорнийского О-ва Edison, строящего немного выше собственную гидросиловую станцию, высококвалифицированная рабочая сила и другие услуги, оказываемые этим предприятием, а также отсутствие ниже лежащих водопользователей, которым грозила бы какая-нибудь опасность—все это вместе взятое являлось главным преимуществом данного места.

Постройка плотины, проведение опытов над ней самой и обработка полученных данных были поручены специальным подкомиссиям. Такими же подкомиссиями выявлялись наиболее целесообразные измерительные приборы и степень их точности, физические свойства использованного бетона (упругость, коэффициент Пуассона, осадка, увеличение объема и т. д.). Одной из подкомиссий было поручено проведение модельных опытов, идущих параллельно исследованиям у плотины Stevenson Creek; целью их было выяснение вопроса, насколько модельные опыты пригодны для выяснения статических условий в сводчатых плотинах.

Опытной плотине была дана математически простая симметрическая форма. На верховой стороне она ограничивается вертикальной цилиндрической поверхностью диаметром 61 метр. Длина по верху равна 43 м., центральный угол на верху— $80\frac{1}{2}^{\circ}$ , высота от основания в долине до верху 18,3 м. На склонах основание представляет собою плоскости под  $45^{\circ}$  к вертикали, сопряженные с круглой выемкой радиуса 7,6 м. в дне долины. Толщина плотины в верхней половине (высотой 9,2 м.) постоянная и равна 61 см., что, следовательно, соответствует отношению длины к толщине по верху 1:70. Начиная от 9,10 метр. вниз, толщина увеличивается постепенно по круговой дуге радиуса 25,8 м. до 2,28 м. у основания, а именно так, чтобы в каждом горизонтальном сечении плотины была сохранена одна и та же толщина. Данные размеры выбраны таким образом, чтобы плотина по обычному методу расчета при высоте 18,3 м. (60 футов) как раз еще выдержала бы давление воды, но чтобы при последующем увеличении высоты до 30,5 метров (100 футов) была разрушена нагрузкой от воды; этот расчет основывается, как известно, на разложении плотины в отдельные дуги (своды), прогиб которых сравнивался с прогибом мнимо вырезанных из середины стены элементов. Распределение усилий было принято таким, при котором упомянутые прогибы совпадали. При этом модуль упругости бетона для сводов принимался равным  $175.000 \text{ клг/см}^2$ , в то время как для элементов стены, учитывая выступающее здесь более сильно напряжение растяжения и сгиба, он был взят равным  $140.000 \text{ клг/см}^2$ .

Плотина имеет донный спуск сечения  $1,2 \times 2,0$  метра для регулирования содержания водоема; его расположение было определено имеющимся в дне долины вымытым в скале руслом. Донный спуск был перекрыт железобетонной плитой, поверхность которой совпадала с теоретическим основанием плотины; толщина плиты, армированной железнодорожными рельсами, равна 1,2 м. Произведенные впоследствии измерения показали, что расположение части плотины на этой плите не вызвало никаких последствий, могущих исказить результаты общих измерений, т. е. не были нарушены условия общего расположения плотины на скале. Последняя состояла из мелкозернистого серого гранита выдающихся



качеств. Устройство в нем плотины было проведено точно по теоретическому расчету, и плотина получила именно то положение, которое легло в основу расчета. Тот же гранит был использован для приготовления бетона и подвозился с места постройки штольни о-ва Эдисон трех сортов (по величине), а именно диаметром до 10, 10—25 и 25 до 50 м/м. До применения материал промывался для удаления мельчайших частиц.

Бетон вносился, как литой бетон. Добавление воды и консистенция его находились под непрерывным контролем, водоцементный коэффициент записывался при каждом изготовлении. Добавление воды определялось таким образом, чтобы смесь могла как раз самостоятельно двигаться по желобам с уклоном 5:12. Соотношение смеси в среднем 1:3:2 и бралась она так, чтобы прочность бетона после 28 суток в сооружении была везде одинаковой. Водоцементный коэффициент колебался между 0,87 и 1,03.

Место приготовления бетона располагалось 120 м. над дном долины на склоне горы, где была установлена бетоно-мешалка системы Рамсон. Продолжительность приготовления  $1\frac{1}{2}$  минуты. Необходимо отметить, что во время движения бетона по желобам смесь перемешивалась еще более тщательно. Бетон вносился без всяких вертикальных швов, пластами толщиной 1,5 м., идущими от склона к склону. Каждый пласт вносился в одном рабочем ходу в 5 слоев с такой скоростью возрастания, чтобы свежий бетон приходился на несхватившийся еще предыдущий слой. Мощность пластов в 1,5 м. была обусловлена соображением забетонирования устанавливаемых приборов, требующих тщательного монтажа, чем были вызваны перерывы в бетонировании продолжительностью в несколько дней.

Рабочие швы между пластами располагались таким образом, чтобы измерительные приборы приходились на 15 см. над ними, устанавливались бы, таким образом, в однородном бетоне и чтобы их можно все так же удобно монтировать. Свое внимание было обращено на тщательное выполнение рабочих швов. Накануне дальнейшего бетонирования снимался с помощью пневматических зубил слой в  $2\frac{1}{2}$  см. старого бетона, новая поверхность смывалась струей воды, находящейся под давлением, излишки воды удалялись сжатым воздухом. Чистка и смачивание бетона повторялись на следующее утро непосредственно перед внесением нового бетона. Таким образом, была достигнута чистая, шероховатая и влажная поверхность бетона. Сначала вносились два слоя раствора, на которые следовал слой бетона в 35 см. Следующий слой следовал через час. Опалубки с верховой и низовой сторон были, ради достижения возможной точности профиля, скреплены между собою гладкими болтами; опалубка состояла из шпунтованных досок и снималась в начале после 4, потом, когда темп работы необходимо было увеличить, после 2 недель.

Отклонения действительной толщины от запроектированной не превышали в общем 3 м.м., только в одном месте они дошли до 10 м.м. и были вызваны более значительной, непредвиденной в ходе постройки высотой пласта, под давлением которого опалубка деформировалась. В отчете подчеркивается, что тщательность, соблюденная при постройке плотины, не может являться препятствием применения полученных результатов к другим подобным сооружениям, так как стремление к более точному выполнению бетонных работ необходимо назвать общим и должно стать всеобщим достоянием, что, однако, в настоящее время считается многими, как будто бы, неосуществимым. Здесь необходимо отметить, что рабочие швы оставались под давлением воды непроницаемыми и показали некоторую влажность лишь только тогда, когда при полной нагрузке в стене образовались статические трещины. Однако, у гладких болтов,



оставшихся после снятия опалубки, влажность показалась очень ского на низовой стороне плотины.

Прочность бетона после 28 суток равнялась в среднем 140 клгр./см. Отклонения от этого среднего значения были очень незначительны. Во время постройки было изготовлено из шедшей в дело смеси большое количество пробных цилиндров и балок, которые подвергались различным способам хранения и испытывались по истечении разных сроков. Кроме того, были проведены обширные лабораторные опыты для определения модуля упругости, коэффициентов Пуассона, их зависимости от смеси, добавочных материалов, возраста и других факторов; далее, для определения изменений объема бетона под влиянием температуры, влажности и продолжительных усилий и для определения водопроницаемости. Все эти опыты, первое назначение которых было дать основы для использования результатов измерений у плотины, дали в итоге прекрасный материал по изучению физических свойств бетона.

Модельные опыты проводились в искаженном масштабе 1:12. Материалом для плотины послужил целлулоид, для воды—ртуть. При обработке результатов необходимо было учесть, что модуль упругости целлулоида равен только  $1/14$  модуля бетона и что коэффициент Пуассона бетона 0.15 соответствует 0.42 целлулоида, а также удельный вес ртути 13,6.

Выбор метода наблюдений определялся целью всей работы, т. е. распределением нагрузки от воды на сечения плотины. Для этого определялись прогибы стены и кривые прогиба и измерялись напряжения на поверхности и внутри стены. Параллельно шли наблюдения над осадкой бетона, измерения температуры и, после того, как в стене появились трещины, определения размеров трещины.

Инструментарий состоял из приборов для измерения наклона, которыми измерялся уклон у стержней, расположенных 1,5 м. друг над другом, измерителей кривизны, которыми определялся у трех стержней, отстоящих друг от друга на 0,5 м., радиус круга, идущий через измеряемые точки, измерителей напряжения, измеряющих изменения расстояния двух стержней, отстоящих друг от друга на 25 см., с помощью модуля упругости напряжение на поверхности и из электрических измерительных приборов внутри плотины, передающих свои показания на расстояние. Они основывались на изменении электрического сопротивления в комплекте угольных дисков при изменении сжимающего их давления, служили, следовательно, для определения внутренних напряжений или основывались на изменении сопротивления в катушке проволоки красной меди при изменении температуры—для измерения температуры внутри плотины.

Всего было проведено 13 исследований, из которых каждое исходило из состояния при порожном водохранилище и при различных нагрузках. Случайный паводок, пронесшийся через плотину, дал возможность наблюдать действие такового на сооружение. Из результатов, представляющих общий интерес, могут быть приведены следующие:

1. Бетон является, при описанном тщательном изготовлении, водонепроницаемым. Рабочие швы остаются так долго непроницаемыми, пока в стене не появляются напряжения, размер которых превосходит допускаемые для бетона величины. Идущими насквозь стержнями вызываются неплотности. На склонах уже во время постройки вскрылись, вследствие осадки бетона, швы, которые впоследствии были заделаны раствором, вносимым пневматическим путем. Сотрясения при работе донных спусков значительно способствуют образованию статических трещин.



2. Наблюдения над опытной плотиной и находящимися в эксплуатации старыми плотинами, а также специальными модельными стенами над прогибом и распределением усилий в плотине дали хорошо согласованные результаты, если учесть математически различные способы нагрузки и свойства примененных в отдельных случаях строительных материалов. Модельные опыты поэтому вполне пригодны для дальнейшего выявления статических условий в сводчатых плотинах и являются поэтому ценнейшим вспомогательным средством при проектировании сводчатых плотин.

3. Рассчитанная простым способом плотина оказалась в эксплуатации, несмотря на свои незначительные размеры, вполне устойчивой. Даже паводок не причинил никаких повреждений. При хорошем основании и благоприятной форме долины следует поэтому считать сводчатую плотину без железной армировки—что касается статических и динамических напряжений—полноценным сооружением для водоудержательных плотин.

4. Распределение нагрузки от воды на стену (добавочная нагрузка верхних частей и разгрузка нижних появляющихся между отдельными дуговыми лямеллями силами тяжести) выяснено и дано исходное основание для экономической формы плотины и для проверки устойчивости уже существующих плотин.

Как окончательный результат хозяйственного значения, в отчете высказывается мнение, что в будущем можно будет строить сводчатые плотины гораздо меньших размеров, чем до сих пор принято, так как имеются надежные основы для безупречного расчета. Поэтому следовало бы руководящим органам, которыми до сих пор для ограждения интересов нижележащих водопользователей, выставлялись чересчур высокие требования, понизить таковые до действительной потребности.

Насколько подробно отчет занимается статическими условиями в стене—измерения и их результаты дополнены, кроме того, еще обширными теоретическими исследованиями упругости, настолько лаконически отвечает он на не менее важные вопросы об атмосферных и химических влияниях на устойчивость плотины. Из 280 страниц отчета посвящены этому вопросу только 3. При хороших основаниях отрицается опасность, угрожающая плотине при землетрясениях; относительно мероприятий против льда рекомендуется исключить его сдвигающее действие общим расположением относительно долины или же учесть это обстоятельство при расчете плотины. Короче всего сообщения отчета об опасности разложения бетона, хотя как раз это обстоятельство должно противоречить выполнению слишком тонких плотин. Указывается только на возможность разрушения бетона морозом или химическими влияниями и высказывается только мнение, что изготовленный водонепроницаемый бетон из бедных известью цементов должен бы быть достаточно устойчивым, но что в особенно серьезных случаях все-таки необходимо будет назначать более значительные размеры. Можно бы пожелать, чтобы как раз выявлению этих вопросов было уделено больше внимания. Так как имеется больше 100 таких плотин, разбросанных по всему миру, то должно бы быть, без сомнения, возможным достижение обширных и надежных материалов и в этом направлении.

(«Die Bautechnik» № 55—1928).



# Очерки по ирригации Таджикистана <sup>1)</sup>.

(Продолжение.)

## Кафирниганский водный округ.

Несколько севернее Вахшского и Кизыль-суйского округов расположена территория Кафирниганского водного округа, охватывающая довольно значительные хлопковые площади. С юга округ граничит с Аральским участком Вахшского округа, с востока по р. Вахш — с Кизыль-суйским, а с севера и запада окаймлен Гиссарским хребтом и его отрогами. В климатическом отношении, как это указывалось ранее, все хлопковые районы Кафирниганского округа находятся в несколько менее благоприятных условиях, чем остальные южные районы ТАССР, но и эти менее благоприятные условия несколько не хуже Ферганских и Голодностепских (см. две сравнительные таблицы 4 и 5 в № 8 «Вестника Ирригации»).

Земельно-водные ресурсы округа, как мы это увидим далее, много меньше таковых в уже рассмотренных нами районах.

Как и ранее, характеристику ирригационной и сельскохозяйственной жизни округа мы будем вести по отдельным административно-водным единицам—участкам и районам<sup>2)</sup>. Весь округ разбит на 5 следующих участков: 1) Ширкендский, 2) Каратазский, 3) Ханакинский; 4) Дюшамбинский и 5) Янги-Базарский.

Первым от границы Узбекской республики идет Ширкендский участок, источником орошения которого является р. Ширкенд-Дарья — типичная горная речка, питающаяся снегами Гиссарского хребта и несущая расходы с большой амплитудой колебаний. Берега реки по выходе из предгорий низкие, пойма широкая, уклон реки в среднем  $i = 0,009$ .

Размер колебания расходов в реке может быть представлен следующей таблицей.

Таблица 36.

| Месяцы                        | III  | IV   | V    | VI    | VII   | VIII | IX   |
|-------------------------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Расходы в м. <sup>3</sup> /с. | 4,50 | 10,2 | 32,2 | 21,10 | 10,00 | 5,50 | 3,50 |

Расходы эти замерялись в 1928 году работниками Гидрометрической части Уз.УВХ.

В виду того, что р. Ширкенд-Дарья не могла снабжать водой в достаточной для орошения степени все площади, могущие быть орошенными из имеющихся здесь каналов, и в виду того, что с каждым годом вопрос с водопользованием становился все более и более острым,

<sup>1)</sup> См. «Вестник Ирригации» №№ 8, 9 и 10, за 1928 год.

<sup>2)</sup> Использованы материалы УВХ ТАССР за 1928 год.



Таблица 37.

Таблица 37.

П о л и в н ы е п л о щ а д и

П о с е в ы

| № по порядку      | Наименование каналов          | Длина каналов в километрах | Средние расходы каналов | Число водопользователей | Площади, годные к орошению | Обарыченные площади | Орошаемые площади | П а р | П о с е в ы    |                |        |       |             |         |               |        |               |        | Всего поливных | % хлопка |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|-------|----------------|----------------|--------|-------|-------------|---------|---------------|--------|---------------|--------|----------------|----------|
|                   |                               |                            |                         |                         |                            |                     |                   |       | Озимые зернов. | Яровые зернов. | Хлопок | Рис   | Масляничные | Люцерна | Бахчи и ороп. | Прочие | Всего посевов |        |                |          |
| 1                 | Бузук . . . . .               | 5,0                        | 1,50                    | 50                      | 340                        | 340                 | 294               | 5     | 16,0           | 146,0          | 88,5   | —     | 23,5        | 6,0     | 9,0           | —      | 273           | 289,0  | 26,3           |          |
| 2                 | Сешамбе . . . . .             | 9,0                        | 2,00                    | 51                      | 980                        | 372                 | 303,4             | 5,5   | 28,3           | 103,8          | 120,8  | 21,0  | 19,1        | 4,0     | 6,0           | —      | 274,6         | 302,9  | 14,6           |          |
| 3                 | Чимбай . . . . .              | 4,0                        | 1,00                    | 17                      | 230                        | 213                 | 170,8             | 7,0   | 1,5            | 64,2           | 41,3   | 34,9  | 11,4        | 5,8     | 4,7           | —      | 162,3         | 169,3  | 25,4           |          |
| 4                 | Чартак . . . . .              | 12                         | 2,5                     | 197                     | 1700                       | 1316                | 1192,0            | —     | 62,5           | 451,2          | 433,0  | —     | 156,8       | 40,4    | 48,3          | —      | 1129,8        | 1129,8 | 38,3           |          |
| 5                 | Ак-Мечеть . . . . .           | 9,0                        | 3,50                    | 77                      | 1770                       | 502                 | 457,4             | 5,2   | 52,3           | 124,9          | 155,0  | 66,2  | 33,3        | 15,3    | 15,3          | —      | 400           | 452,2  | 38,4           |          |
| 6                 | Шадман-Казак . . . . .        | 7,0                        | 1,20                    | 81                      | 530                        | 565                 | 503,7             | —     | 21,0           | 205,5          | 119,0  | 4,8   | 112,2       | 10,3    | 81,0          | —      | 482,8         | 503,7  | 24,6           |          |
| 7                 | Ура-Ур . . . . .              | 6,0                        | 0,80                    | 42                      | 380                        | 202                 | 186,4             | —     | 13,4           | 98,0           | 45,5   | 11,0  | 10,5        | 1,8     | 5,4           | —      | 173,2         | 186,4  | 26,6           |          |
| 8                 | Регар . . . . .               | 5,0                        | 1,00                    | 54                      | 930                        | 402                 | 355               | 3,5   | 38,8           | 114,0          | 144,7  | 5,10  | 34,9        | 2,7     | 11,8          | —      | 313,2         | 351,5  | 45,2           |          |
| 9                 | Ак-Тельпак . . . . .          | 6,0                        | 1,50                    | 74                      | 600                        | 533                 | 508,7             | 11,3  | 28,7           | 250,6          | 104,4  | 44,0  | 29,7        | 9,8     | 30,3          | —      | 468,8         | 497,4  | 22,3           |          |
| 10                | Мулла-Агилды . . . . .        | 5,5                        | 0,60                    | 32                      | 200                        | 128                 | 121,0             | —     | 5,8            | 47,6           | 34,5   | 10,4  | 9,3         | 8,6     | 4,6           | —      | 115,0         | 121,0  | 29,9           |          |
| 11                | Узбекон и Даюб . . . . .      | 8                          | 2,20                    | 105                     | 1170                       | 932                 | 826               | —     | 90,5           | 309,1          | 259,5  | —     | 132,2       | 13,2    | 28,5          | —      | 736,5         | 826,0  | 34,3           |          |
| 12                | Балагордан и Каирма . . . . . | 15,0                       | 1,00                    | 16                      | 460                        | 164                 | 160               | —     | —              | 71,6           | 36,4   | 19,0  | 23,8        | 2,8     | 6,3           | —      | 160,0         | 160,0  | 22,7           |          |
| 13                | Чукур . . . . .               | 7,0                        | 0,80                    | 44                      | 430                        | 338                 | 318,3             | 13,0  | 17,2           | 91,8           | 90,1   | 37,7  | 48,7        | 4,7     | 15,1          | —      | 288,0         | 305,3  | 31,3           |          |
| Всего по участку. |                               | 98,50                      | 19,60                   | 840                     | 9720                       | 6007                | 5401,5            | 50,5  | 375,6          | 2068,3         | 1665,7 | 254,1 | 645,4       | 125,4   | 216,3         | —      | 4975,2        | 5351,0 | 335,           |          |



УВХ ТАССР провело работу по дополнительному питанию р. Ширкенд-Дарьи из реки Каратаг. Для этой цели, примерно, от пятого килом. канала Батош—одного из крупных магистральных арыков Каратагской системы, проведен прокоп длиною в 6,2 километра, подающий воду в Ширкенд-Дарью несколько выше сел. Регар. Уклон канала  $i = 0,0005$ , ширина по дну 4,00 метра, скорости не выше 1 м/с.

Переключением части арыков Ширкендской системы на этот канал, достигается полное использование всех возможных к орошению площадей в этом районе.

Ирригационная сеть Ширкендского участка состоит из 14 туземных каналов: Бузук, Сешамбе, Чимбай, Чартак, Ак-Мечеть, Шадман-Козак, Ура-Ур, Регар, Ак-Тельпак, Мулла-Ачильды, Узбекон, Даюб, Балагордин с отводом Каирма и Чукур. Все они обладают обычными для туземной сети недостатками—самыми примитивными головными устройствами, большими уклонами, чрезвычайной извилистостью, параллелизмом, малыми площадями командования, отсутствием сбросов и т. п.

В виду того, что общий земельный фонд участка равен 9.720 гектарам пригодных для сельско-хозяйственного пользования земель, из коих в 1928 г. орошалось 7.512 гектар, о каких либо крупных ирригационных работах в этом районе говорить не приходится. Техническое улучшение систем, повышение коэффициента полезного действия их—очередная задача органов УВХ ТАССР. Начало этим работам уже положено—прокоп Каратаг-Ширкенд. Небольшие работы по улучшению головных устройств, частичному расширению некоторых каналов правого берега Ширкенд-Дарьи—вот те мероприятия, которыми вполне возможно достичь включения в водооборот остающихся неиспользованными 2.208 гектар. Существующие орошаемые, поливные и посевные площади по участку могут быть охарактеризованы табл. 37.

Как видно из этой таблицы, хлопок занимает всего 33,5%. Большой процент площади занят под зерновые. Объясняется это тем обстоятельством, что в этом районе не имеется значительных площадей, пригодных под богарные посевы; отсутствие же путей сообщения и дальность расстояния до хлебно-богарных районов Таджикистана заставляют население заботиться о снабжении себя продовольствием. Проведение железной дороги Термез—Дюшамбе, несомненно, даст населению полную возможность интенсифицировать свое хозяйство и перейти, главным образом, на культивирование хлопка.

Соседним водным участком является Каратагский, источником орошения земель которого служит р. Каратаг-Дарья. Последняя берет начало на южных склонах Гиссарского хребта у перевала «Мура» и представляет собою горную речку снегового питания, очень бурную, с большими уклонами и с резкими колебаниями расходов. Выходя в долину, река разбивается на ряд рукавов, постоянно меняющих свои русла и доставляющих не мало неприятностей водопользователям этого участка, смывая или оставляя на сухом месте головы выводимых из реки туземных арыков.

По данным гидрометрических наблюдений за 1928 год, величины средних месячных расходов по Каратагу таковы:

Табл. 38.

| Месяцы                       | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII  | IX   |
|------------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Расходы в м <sup>3</sup> /с. | 9,00 | 41,5 | 70,5 | 66,5 | 97,5 | 22,00 | 9,00 |



Так как река многоводна, водопользование постоянное, вода по всем каналам поступает бесперебойно, недополивов или посушек не наблюдается.

Ирригационная сеть участка состоит из 10 туземных каналов; Чузы, Батош, Тойчи, Шайтан, Зар-Комар, Аим, Новосай, Хаджа-Нахшинон, Ак-Джар и Ямчи, из которых первые 3 являются наиболее крупными со значительными площадями командования.

С 1927 года УВХ ТАССР и в этом районе начало проводить работы по техническому улучшению систем, т. к. перечисленные туземные каналы без соответствующих ремонтно-регулирующих работ постепенно приходили в неудовлетворительное состояние, выключая из зоны своего командования все большие и большие площади.



Рис. 13. Голова ар. Чузы.

Самый крупный канал участка Чузы в 1928 г. полностью переустроен, восстановлен и орошает почти всю площадь, возможную к орошению при существующей его трассе. Канал имеет правильное сечение с одиночными откосами, уклоны его не превышают 0,001, головное сооружение туземного типа построено заново и вполне обеспечивает водозабор расчетного расхода.

По остальным каналам были проведены лишь ремонтно-регулирующие работы, наибольший объем каковых падает на ар. Батош, в связи с осуществленной по нему переброской воды в бассейн р. Ширкенд-Дарьи.

Земельный фонд участка и его поливные и посевные площади приведены в таблице 39 (см. ст. 107).

Из таблицы мы видим, что и здесь хозяйство носит нормально интенсив-

ный характер, ибо хлопок занимает 34,3% от посевной площади. Как и в Ширкендском участке, с проведением железной дороги Термез—Дюшамбе, что ожидается к концу 1930 г., район этот, несомненно, сможет резко изменить процентное соотношение культур, еще более отдавая предпочтение хлопку.

Крупных приростов по участку не предвидится, т. к. почти все свободные площади уже орошены. Единственным арыком, по которому возможен прирост до 1.000 га, является ар. Ямчи.

Основными водохозяйственными мероприятиями в этом участке, если не затрагивать интересов всего бассейна Сурхан-Дарьи, должны быть:



Источник питания р. Карагаг-Дарья.

Табл. 39.

| № по порядку     | Наименование<br>каналов               | Длина каналов<br>в километрах | Средние расходы<br>каналов | Число водополь-<br>зователей | Площади годные<br>к орошению | Обарываемые<br>площади | Орошаемые<br>площади                          | П а р | П о л и в н ы е п л о щ а д и |                    |                    |        |        |                  |         |                    |                  |                        | % хлопка |
|------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------|-------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------|--------|------------------|---------|--------------------|------------------|------------------------|----------|
|                  |                                       |                               |                            |                              |                              |                        |                                               |       | Сады и<br>усадьбы             | Озимые<br>зерновые | Яровые<br>зерновые | Хлопок | Рис    | Маслянич-<br>ные | Люцерна | Бахчи и<br>огороды | Всего<br>посевов | Всего<br>полив-<br>ных |          |
|                  |                                       |                               |                            |                              |                              |                        |                                               |       |                               |                    |                    |        |        |                  |         |                    |                  |                        |          |
|                  |                                       |                               |                            |                              |                              |                        |                                               |       |                               |                    |                    |        |        |                  |         |                    |                  |                        |          |
| 1                | Чузы . . . . .                        | 22                            | 7,5                        | 772                          | 4500                         | 4400                   | 2421,0                                        | —     | 137,1                         | —                  | 1285,2             | 673,9  | 9,6    | 57,7             | 78,1    | 79,3               | 2283,8           | 2421,0                 | 29,5     |
| 2                | Батош и отв. Чи-<br>нар . . . . .     | 17                            | 5,2                        | 233                          | 1800                         | 1784                   | 1574,5                                        | 58,1  | 42,8                          | —                  | 439,0              | 464,6  | 342,6  | 90,7             | 23,0    | 63,7               | 1423,6           | 1516,4                 | 32,6     |
| 3                | Тойчи и отв. Ход-<br>жа-Мурат . . . . | 9                             | 4,0                        | 156                          | 2140                         | 1862                   | 1604,4                                        | 26,8  | 50,3                          | —                  | 392,6              | 458,9  | 383,5  | 118,9            | 10,2    | 63,2               | 1527,3           | 1587,6                 | 30,0     |
| 4                | Шайтан . . . . .                      | 8                             | 1,5                        | 100                          | 650                          | 600                    | 536,6                                         | 8,7   | 25,4                          | —                  | 281,40             | 116,8  | 21,9   | 64,8             | 7,0     | 9,6                | 502,5            | 527,9                  | 23,2     |
| 5                | Зар-Комар и Мин-<br>гут . . . . .     | 16                            | 3,5                        | 287                          | 1950                         | 1675                   | 1387,0                                        | 28,6  | 39,4                          | —                  | 317,10             | 563,1  | 190,6  | 111,6            | 7,9     | 68,6               | 1258,9           | 1358,3                 | 44,7     |
| 6                | Аим . . . . .                         | 10                            | 1,5                        | 52                           | 570                          | 346                    | 302,0                                         | 10,4  | 13,70                         | —                  | 57,80              | 119,2  | 66,0   | 23,80            | 5,8     | 5,5                | 278,1            | 291,8                  | 42,9     |
| 7                | Новосай . . . . .                     | 11                            | 3,8                        | 234                          | 2000                         | 1973                   | 1726,5                                        | 22,6  | 85,30                         | —                  | 534,5              | 512,6  | 291,1  | 162,10           | 39,4    | 78,9               | 1618,6           | 1703,9                 | 31,7     |
| 8                | Ходжа-Нахшинон                        | 20                            | 2,5                        | 181                          | 1030                         | 1017                   | 817,1                                         | —     | 72,8                          | —                  | 137,40             | 378,2  | 78,9   | 52,8             | 16,8    | 80,2               | 744,3            | 817,1                  | 50,8     |
| 9                | Ак-Джар . . . . .                     | сай<br>от 0<br>до 20          | 39                         | —                            | —                            | 130                    | 870                                           | —     | 40,70                         | —                  | 6,00               | 33,1   | —      | 2,7              | —       | 4,4                | 46,2             | 87,0                   | 71,6     |
| 10               | Ямчи . . . . .                        | п                             | —                          | —                            | 1100                         | 1015                   | канал заброшен, орошенных площадей не имеется |       |                               |                    |                    |        |        |                  |         |                    |                  |                        |          |
| Итого по участку |                                       | 124                           | 25,9                       | 2104                         | 15.790                       | 14.792,3               | 104.560                                       | 155,2 | 617,5                         | —                  | 3552               | 3320,4 | 1384,2 | 785,1            | 198,2   | 443,4              | 9683,3           | 10300,80               | 34,3     |



Источники орошения р. Ханакка.

Таблица 40.

| №№ по порядку    | Наименование<br>каналов                  | Длина каналов в кило-<br>метрах | Средний расход каналов<br>в м³/с. | Число водопользователей | Площади годные к оро-<br>шению | Обарыченные площади | Орошаемые площади | Пар и перелогн | П о л и в н ы е п л о щ а д и |                |                |         |       |             |         |                 |               |                            |          |        |
|------------------|------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|---------|-------|-------------|---------|-----------------|---------------|----------------------------|----------|--------|
|                  |                                          |                                 |                                   |                         |                                |                     |                   |                | Сады и усадьбы                | П о с е в ы    |                |         |       |             |         |                 | Всего посевов | Всего поливных<br>площадей | % хлопка |        |
|                  |                                          |                                 |                                   |                         |                                |                     |                   |                |                               | Озимые зернов. | Яровые зернов. | Хлопок  | Р и с | Масляничные | Люцерна | Бахчи и огороды |               |                            |          | Прочие |
|                  |                                          |                                 |                                   |                         |                                |                     |                   |                |                               |                |                |         |       |             |         |                 |               |                            |          |        |
| 1                | Гурьят . . . . .                         | 3,0                             | 0,60                              | 114                     | 453,0                          | 453,0               | 453,0             | 126,6          | 64,2                          | —              | 75,9           | 96,1    | —     | 71,2        | 7,7     | 11,5            | —             | 262,4                      | 326,6    | 36,6   |
| 2                | Шураб . . . . .                          | 13,0                            | 1,5                               | 211                     | 969,0                          | 969,0               | 969,0             | 69,8           | 64,3                          | —              | 307,4          | 277,6   | 29,7  | 128,8       | 14,1    | 77,4            | —             | 835,0                      | 899,3    | 33,2   |
| 3                | Салык . . . . .                          | 12,0                            | 2,0                               | 299                     | 1640,0                         | 1640,0              | 1640,0            | 348,8          | 81,00                         | —              | 397,3          | 594,2   | 17,7  | 102,4       | 18,4    | 80,2            | —             | 1210,2                     | 1291,2   | 49,1   |
| 4                | Науабад . . . . .                        | 12,0                            | 1,3                               | 276                     | 980,0                          | 980,0               | 980,0             | 64,8           | 15,50                         | —              | 416,9          | 279,2   | 3,5   | 146,3       | 3,8     | 50,0            | —             | 899,7                      | 915,2    | 31,0   |
| 5                | Адил-Абад . . . . .                      | 15,0                            | 2,5                               | 304                     | 1821,0                         | 1821,0              | 1821,0            | 171,5          | 33,6                          | —              | 605,4          | 632,6   | 105,0 | 117,9       | 15,1    | 139,6           | —             | 1615,6                     | 1649,2   | 39,2   |
| 6                | Гавкуш . . . . .                         | 8,5                             | 1,6                               | 134                     | 903,0                          | 903,0               | 903,0             | 179,6          | 31,2                          | —              | 221,9          | 259,1   | 72,5  | 104,1       | 6,6     | 26,2            | —             | 699,4                      | 730,6    | 37,0   |
| 7                | Биландуз . . . . .                       | 5,0                             | 0,65                              | 50                      | 337,0                          | 337,0               | 337,0             | 60,5           | 24,9                          | —              | 45,70          | 102,0   | 16,7  | 19,3        | 7,7     | 16,4            | —             | 251,8                      | 276,7    | 40,5   |
| 8                | Газикон . . . . .                        | 3,00                            | 0,50                              | 92                      | 313,0                          | 313,0               | 313,0             | 4,5            | 26,00                         | —              | 173,7          | 57,5    | —     | 37,1        | —       | 14,1            | —             | 282,4                      | 308,4    | 30,4   |
| 9                | Мелкие отводы на род-<br>ников . . . . . | 7,00                            | 0,30                              | 184                     | 186,0                          | 186,0               | 186,0             | —              | 174,2                         | —              | —              | 93,3    | —     | —           | 2,6     | —               | —             | 11,9                       | 186,1    | 78,2   |
| Итого по участку |                                          | 78,5                            | 10,95                             | 1664                    | 7604,0                         | 7604,0              | 7604,0            | 1019,10        | 514,9                         | —              | 2293,2         | 22307,6 | 245,1 | 737,1       | 70,0    | 415,4           | —             | 6068,4                     | 6583,3   | 338,   |



1. Мелкие строительные работы по улучшению водопользования на уже существующих каналах, их ошлюзование, закрепление головных устройств и т. п.

2. Восстановление орошения по ар. Ямчи.

3. Постепенное переустройство систем, с объединением голов, с более рационально разбитой распределительной сетью и пр.

Ширабадской изыскательной партией, составляющей схему орошения всего Сурхан-Ширабадского района с освещением также и вопроса о переброске из р. Кафирниган в р. Сурхан недостающих расходов, вопрос переустройства ирригационных систем рек Ходжа-Инака, Сангардака, Туполанг-Дарьи, Ширкенд-Дарьи и Каратаг-Дарьи ставится гораздо шире. В целях наибольшего сбережения воды на перечисленных притоках р. Сурхан, системы переустраиваются самым коренным образом, давая наибольший возможный коэффициент полезного действия.

Этим перспективным предположениям отнюдь не противоречат те мероприятия по техническому улучшению систем, кои намечены к осуществлению Таджикводхозом. Наоборот, к моменту крупного ирригационного строительства, системы Ширкендского и Каратагского участков будут приведены во вполне удовлетворительное состояние и, быть может, и не потребуют крупных затрат на свое переустройство.

Следуя далее по основному тракту Термез—Дюшамбе, переходим в соседний Ханакинский участок, орошаемые площади которого расположены вдоль по р. Ханака. Последняя, являясь рекой снегового питания, дает очень значительные колебания расходов—в паводки до 80 м<sup>3</sup>/с, а в июне—июле всего несколько кубометров.

Река полностью разбирается на орошение 8-ю каналами: Гурьят, Шураб, Садык, Наубад, Адиль-Абад, Гавкуш, Биляндуз и Газисон, при чем в периоды маловодья низовья обычно имеют недополивы и посушки, даже при введении самого строгого очередного водопользования. В последние годы УВХ ТАССР провело ряд мероприятий по установлению жесткой очередности в поливах не только в низовьях реки, но и на остальном ее протяжении. Кроме того, выполнены мелкие строительные работы по улучшению водопользования и, как следствие, по увеличению коэффициента полезного действия систем. Эти мероприятия несколько уменьшили размер недополивов, почти совершенно исключив возможность посушек.

Каких либо перспектив, в смысле расширения орошаемых площадей, участок не имеет, в виду отсутствия как земельных, так и водных запасов.

Ежегодные работы по техническому улучшению систем, в целях обеспечения своевременным и достаточным поливным током всех водопользователей этого участка, и являются теми плановыми мероприятиями, осуществление которых—задача Кафирниганского округа УВХ ТАССР.

Характеристика существующего орошения по магистралям Ханакинского участка представлена в таблице 40.

Район города Дюшамбе (столицы Таджикской республики) и расположенных вокруг него селений орошается ирригационной сетью Дюшамбинского водного участка.

Из одиннадцати магистральных каналов: Хазара № 2, Гавкуш, Шахмансур, Сауда, Камагорон, Алачабоф, Куш-Тепе, Чортут, Эль-беги, Джар-кишлак и Чайракорон, только один, Хазара № 2, орошающий земли города Дюшамбе, оборудован искусственными сооружениями инженерного типа—деревянные выпуски и акведук, автоматически действующий сброс водосливного типа полуинженерной конструкции в голове, и имеет достаточно закрепленную голову. Остальные каналы представляют



собой обычные туземные арыки с очень неустойчивыми головными устройствами. Река Дюшамбе-Дарья начинает разбираться на орошение всего лишь километрах в 12 от впадения своего в Кафирниган, расходы же ее довольно значительные и населению ежегодно приходится выносить довольно упорную борьбу с рекой за целостность головных устройств своих магистралей. По самым приближенным подсчетам (имеется кривая расходов всего лишь по нескольким точкам и данные за ряд месяцев о колебаниях горизонтов по гидрометрическому посту УВХ ТАССР, расположенному выше водозабора) расходы реки могут быть представлены следующей таблицей.



Рис. 14. Устройство гидрометрического поста на р. Дюшамбинке

Таблица 4г.

| Месяцы                        | I | II | III  | IV   | V    | VI    | VII  | VIII | IX   | X | XI | XII |
|-------------------------------|---|----|------|------|------|-------|------|------|------|---|----|-----|
| Расходы в м. <sup>3</sup> /с. | — | —  | 30,6 | 62,9 | 79,5 | 118,6 | 74,0 | 39,0 | 30,5 | — | —  | —   |

Канал Гавкуш—наиболее крупный из правобережных каналов, забирая воду из Дюшамбе-Дарьи, на 3 километре своей трассы пересекает речку Лючоб, которая в мае месяце несет очень значительные расходы до 25—30 м.<sup>3</sup>/с. Переход этот осуществлен населением устройством через все русло Лючоба невысоких дамб из булыжного камня, восстанавливаемых ежегодно после прохождения паводка. В период высоких вод в Лючобе Гавкуш забирает воду из него, а после спада воды дамбочки восстанавливаются и питание канала идет из Дюшамбинки.

Собственно из Лючоба орошаются земли по каналам Чайракорон и Джар-кишлак, забирающим в вегетационный период (после прохождения паводка) почти весь расход реки.

В виду того, что расходы Дюшамбе-Дарьи во много раз превышают потребные, водопользование по системам этого участка довольно беспорядочно и, конечно, безочередное. Сеть, не имея сбросов, зачастую обращает проезжие дороги в непроходимые озера грязи, не говоря уже о том, что заболачивает неэксплуатационные в данный момент площади.



Источник питания р. Дюшамбе-Дарья.

Таблица 42.

| № по порядку               | Наименование<br>каналов                   | Длина каналов в ки-<br>лометрах | Средний расход канал.<br>в м³ с. | Количество водопольз. | Площади годные к оро-<br>шению | Орошаемые площади | П а р  | П о л и в н ы е п л о щ а д и |                   |                   |        |        |           |         |                    |                  |                | % хлопка   |  |
|----------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------|--------|-------------------------------|-------------------|-------------------|--------|--------|-----------|---------|--------------------|------------------|----------------|------------|--|
|                            |                                           |                                 |                                  |                       |                                |                   |        | Сады и усадьбы                | П о о с е в ы     |                   |        |        |           |         |                    |                  | Всего поливных |            |  |
|                            |                                           |                                 |                                  |                       |                                |                   |        |                               | Озимые<br>зернов. | Яровые<br>зернов. | Хлопок | Рис    | Маслянич. | Люцерна | Бахчи и<br>огороды | Всего<br>посевов |                |            |  |
| 1                          | Хазара № 2 . . . . .                      | 8,0                             | 1,50                             | 215                   | 900,0                          | 839               | 561,6  | 12,5                          | 116,8             | 33,4              | 8,6    | 241,5  | —         | 0,6     | 73,2               | 75,0             | 432,3          | 549,1053,4 |  |
| 2                          | Гавкуш и отвод Кам-<br>пыр-Кала . . . . . | 8,5                             | 5,00                             | 88                    | 1400                           | 822               | 492    | 24,0                          | 13,2              | 55,3              | 73,0   | 173,0  | 140,0     | 1,2     | —                  | 13,0             | 453,5          | 466,7038   |  |
| 3                          | Шахмансур . . . . .                       | 7,0                             | 3,00                             | 233                   | 1000                           | 870               | 866,3  | 34,7                          | 152,4             | 198,6             | 110,10 | 125,9  | —         | 30,6    | 148,5              | 65,5             | 679,2          | 831,6018,5 |  |
| 4                          | Сауда . . . . .                           | 4,0                             | 1,00                             | 22                    | 160,0                          | 146               | 144,7  | 7,3                           | 6,2               | 18,2              | 14,90  | 24,40  | 39,6      | 28,7    | 2,7                | 2,7              | 131,2          | 137,418,6  |  |
| 5                          | Камагорон . . . . .                       | 17,0                            | 3,5                              | 242                   | 1500,0                         | 1293              | 1213,4 | 48,3                          | 62,5              | 30,5              | 137,60 | 485,3  | 261,5     | 79,30   | 23,4               | 85,0             | 1102,6         | 1163,144,1 |  |
| 6                          | Алачабоф . . . . .                        | 8,0                             | 2,60                             | 99                    | 1150                           | 1098              | 1098,5 | 242,0                         | 10,10             | 175,5             | 188,5  | 124,8  | 188,9     | 113,3   | 29,6               | 19,8             | 840,4          | 850,5014,9 |  |
| 7                          | Куш-Тепе . . . . .                        | 3,0                             | 1,50                             | 28                    | 250                            | 234               | 228,8  | 49,3                          | 2,90              | 48,6              | 11,00  | 40,2   | 40,6      | 25,1    | 2,4                | 8,7              | 176,6          | 179,5029,8 |  |
| 8                          | Чортут . . . . .                          | 15,0                            | 1,70                             | 80                    | 900                            | 822               | 821,9  | 161,5                         | 39,2              | —                 | 256,0  | 86,6   | 204,2     | 36,9    | 4,6                | 32,9             | 621,2          | 660,4013,9 |  |
| 9                          | Эль-беги . . . . .                        | 7,0                             | 1,80                             | 89                    | 850                            | 725               | 667,8  | 51,7                          | 14,2              | —                 | 175,4  | 126,6  | 117,0     | 99,3    | 17,7               | 65,9             | 601,9          | 616,1021,0 |  |
| 10                         | Джар-кишлак . . . . .                     | 8,0                             | 1,40                             | 29                    | 250                            | 214               | 198,2  | 5,8                           | 5,50              | 24,2              | 12,3   | 72,5   | 35,0      | 18,9    | 19,1               | 4,9              | 186,9          | 192,4038,8 |  |
| 11                         | Чайракорон . . . . .                      | 12,00                           | 2,20                             | 121                   | 670                            | 665               | 664,8  | 56,2                          | 28,3              | 84,8              | 24,1   | 359,5  | 70,6      | 18,9    | 16,8               | 5,6              | 580,3          | 608,661,9  |  |
| Итого по участку . . . . . |                                           | 97,5                            | 24,60                            | 1236                  | 9470                           | 7728              | 6958,7 | 693,3                         | 457,3             | 669,1             | 1011,5 | 1860,3 | 1097,4    | 452,8   | 338,0              | 379,0            | 5808,1         | 6265,4032  |  |

Кроме указанных 9470 га годных к орошению площадей, находящихся в зонах командования существующей сети, по Дюшамбскому участку и Гиссарской долине—от Дюшамбе и до Гиссара, возможно получить до 4—5 тысяч га прироста.



До 1926 года в этом районе население заседало почти исключительно рис, постепенно высыхающие рисовые поля покрывают всю площадь от г. Дюшамбе до р. Кафирниган; в 1926 году правительство ТАССР особым постановлением запретило сеять рис ближе чем в 3—4 километрах от города, и теперь эта культура постепенно вытесняется другими.



Рис. 15. Пойма р. Дюшамбинки у гор. Дюшамбе и голова ар. Шахмансур.

По наиболее близким к столице каналам Хазара № 2 и Шахмансур (рис. 15) рисовых посевов в 1928 г. не было. В смысле возможного развития орошения, этот участок не имеет почти никаких перспектив, т. к. кроме мероприятий по техническому улучшению систем, по частичному их переустройству и восстановлению хвостовых частей существующих арыков, работ по новому орошению за отсутствием земельного фонда здесь не предвидится. Восстановить предположено хвостовую часть арыка Гавкуш и его отвода Кампыр-Кала, где возможно получить около 1.000 гектар прироста, а также ряд мелких отводов по Шахмансуру, Камагорону и Алачобофу, что даст до 700 гк.

Необходимо отметить, что в этом участке, кроме поливных посевов, имеется до 3.000 гк. богары, что в значительной степени может способствовать вытеснению зерновых культур хлопком. Существующее состояние ирригационно-сельско-хозяйственной жизни участка охарактеризовано нами таблицей № 42.

Как и в предыдущих участках проведение железнодорожной линии до Дюшамбе будет немало способствовать экономическому возрождению Дюшамбинского района, вытеснив экстенсивный тип хозяйства и создав промышленно-хлопководческий.

К сожалению, перспективный земельный фонд Кафирниганского округа очень мал, вернее его почти нет, почему хозяйственно-экономическое значение проводимой железной дороги для Таджикистана не так велико, как могло бы быть при наличии в пересекаемых этой магистралью районах значительных свободных и годных к орошению площадей.

*(Продолжение следует).*



## Х Р О Н И К А.

### I.

#### Краткий обзор работы Технического Совета при Средне-Азиатских организациях Водного Хозяйства.

*(Период с 1923 года по 1928 год включительно).*

Ирригационное строительство в Ср. Азии за последнее десятилетие сдвинулось с мертвой точки.

Перед организациями Водного Хозяйства, в ведение которых передано было строительство, настоятельно возник вопрос создания компетентного техническо-консультационного органа, который мог бы, во-первых, корректировать текущую повседневную работу строительных и изыскательных Управлений Водного Хозяйства, во-вторых, накапливать опыт от прежних лет и использовать его для будущих работ, и, в-третьих, изучать и подготавливать к осуществлению широкие проблемы ирригационного строительства в Средней Азии.

1922 год надо считать моментом оформления организаций Водного Хозяйства, а начало 1923 года—периодом создания Технического Совета при Управлении Водного Хозяйства Ср. Азии.

На первых шагах работы Технического Совета, как это видно из журналов заседаний Технического Совета, роль последнего сводилась к удовлетворению потребностей текущего момента. Ирригационные сооружения туземного типа, разрушенные небывалым паводком 1921 года, требовали большого труда, сил и финансового напряжения на восстановление, и в задачу Технического Совета входило дать то или другое целесообразное техническое решение по быстрому восстановлению разрушенных туземных ирригационных систем и сооружений, не забывая в то же время необходимость двигать вопрос по линии переустройства вообще ирригационного хозяйства на широких началах, требовавшихся и диктовавшихся условиями жизни и развития молодой Советской республики, когда каждый литр воды, поданный на поля, означает освобождение нашего Союза от хлопковой зависимости от иностранных государств.

Последняя задача относится к области ирригационных проблем использования земельных и водных запасов в Средней Азии, задача сложная, весьма важная для нашего Союза и сугубо ответственная, требующая длительного подготовительного периода работы.

Основная масса работы Техсовета заключалась в изучении и даче отзывов по проектам, которые составлялись разными организациями Водного Хозяйства, однако, неоднократно Технический Совет привлекался к участию в той или иной консультации по вопросам, требовавшим немедленного разрешения на месте работ.



Всего за 6 лет работы Технического Совета состоялось заседаний Технического Совета 595 и рассмотрено разных вопросов по ирригации в Ср. Азии свыше 1000, по которым даны соответствующие заключения.

Среди рассмотренных и утвержденных Техсоветом проектов наиболее крупными проектами за истекшее время необходимо отметить следующие: переустройство и новое орошение Голодной степи на площади, примерно, 450 тысяч гкт., по проекту проф. Ризенкампа. Голодная степь расположена в среднем течении р. Сыр-Дарьи, с левой ее стороны и захватывает валовой массив земель с хорошими плодородными почвами свыше 500.000 гкт.

Большое преимущество данного проекта заключается в его целокупности орошения, в одном земельном массиве, нетронутости земель прежним орошением и благоприятных климатических и почвенных условиях, позволяющих использовать земли, главным образом, под хлопок. Проект был просмотрен и утвержден Техническим Советом еще в начале 1927 года, в стадии схематического проекта, и с соответствующими замечаниями возвращен автору проекта, проф. Ризенкампу, для внесения дополнений и исправлений.

В настоящее время проект поступил на рассмотрение высших правительственных инстанций Союза ССР: Водной Секции Госплана СССР, Экспертно-Технического Совета, Совета Труда и Оборона.

В ближайшее время Госплан Союза СССР приступит к его детальному изучению и рассмотрению.

Вторым, также весьма крупным объектом, рассмотренным Техническим Советом, является рабочая гипотеза переустройства и нового орошения Ферганской долины на общей площади возможного орошения, примерно, 1.000.000 гкт.<sup>1)</sup> Перенаселенность некоторых районов Ферганы, безземелье местного дехканства, прекрасные климатические и почвенные условия, наличие свободных неорошенных земель ставит этот объект в ряд ирригационных мероприятий больших по масштабу, но диктуемого к выполнению обстоятельствами времени в неотдаленном будущем.

Если не может быть охвачена проблема во всей широте намеченных мероприятий, то, во всяком случае, отдельные объекты проблемы признаны Техническим Советом возможными к выполнению в ближайшее время и к таковым в первую очередь относятся Уч-Курганская степь и земли по Янги-арыку. Рабочая гипотеза детально изучена Техсоветом, внесены значительные изменения в схему использования источников орошения, несколько видоизменено направление основных магистральных каналов и очередность устройства гидротехнических узлов.

Схема орошения Ферганской долины тесно связывается с объектами орошения, расположенными по среднему течению р. Сыр-Дарьи и низовьями Сыр-Дарьи, т. к. выяснение количества забираемой воды в верховьях Сыр-Дарьи, т. е. в Ферганской долине, и выяснение количества остающейся воды дает возможность ближе и реальнее подойти к размеру орошения и характеру сооружений, необходимых при орошении в нижележащих объектах.

Третьим объектом, по своим размерам не уступающим ни Голодной степи, ни Фергане, также рассмотренному Техническим Советом, является проблема переустройства и нового орошения Чирчик-Ангренского бассейна на площади возможного орошения, примерно, 800 тыс. гкт. Наличие во многих местах долины весьма благоприятных климатических и почвенных условий, предельно-максимальное использование туземной ирри-

<sup>1)</sup> Рабочая гипотеза Ферганы разработана под руководством инж. К. Я. Калябугина.



гационной техники для дальнейшего расширения площади орошения и правильного снабжения водой существующих систем, стремление увеличить площадь хлопковых посевов, все это ставит и эту проблему также в ряд ирригационных задач, стоящих перед государством на очереди. Первоначальная наметка рассмотренной схемы была просмотрена Техсоветом еще в 1924 году, однако, отсутствие подробных с'емочных материалов, почвенных и гидрогеологических изысканий не давало возможности выявить в полной мере порядок мероприятий, объем их и окончательную стоимость проблемы.

В последней схеме переустройства и нового орошения Чирчик-Ангренского бассейна, рассмотренной Техсоветом в конце 1928 года, необходимые сведения были значительно пополнены и дали возможность Техническому Совету более определенно установить как необходимость тех или других мероприятий, так и порядок их осуществления<sup>2)</sup>.

Четвертым объектом, занимающим внимание Технического Совета еще и в данное время и заканчиваемым рассмотрением, является схема переустройства и нового орошения Зеравшанской долины на площади возможного орошения примерно, 600 т. гкт.<sup>3)</sup>. В ряду крупных ирригационных объектов, по количеству получаемого эффекта от прироста новых орошенных земель на затрачиваемые средства, этот объект оказывается менее других дающий количественный земельный эффект и требуется затратить не один десяток миллионов рублей, чтобы получить ощутительный прирост земель; однако, наличие в низовьях Зеравшана Бухарского оазиса, задыхающегося от безводья в вегетационный период, наличие прекрасных климатических условий, перенаселенность населения, несовершенства туземной ирригации, заставляют отнести и к этому объекту с максимальным вниманием и определить то место, которое этот объект должен занять в ряду других проблем, и установить те мероприятия, которые, без тяжелого обременения государства, смогли бы быть проведены, не откладывая их на продолжительный срок.

Технический Совет этими вопросами в данное время и занимается.

Помимо перечисленных крупных вопросов, Технический Совет в течение своей работы сталкивался, изучал и давал заключения по проблемам меньшего объема, связанным с текущим моментом, как-то: Южно-Хорезмская проблема, низовья Аму-Дарьи, орошение Чимбайского района, орошение Чарджуйского оазиса, орошение долины р. Чу, и по еще более мелким объектам и отдельным сооружениям.

Не освещая в данном месте более подробно перечисленные объекты в их цифровых данных, а также не приводя выдержек из постановлений Техсовета по тому или другому объекту и отдельным частям проектов, считаю это необходимым сделать в дальнейшем при освещении проделанной и проделываемой работы Техническим Советом.

*Период за декабрь 1928 года и январь 1929 года.* В течение декабря и января месяцев состоялось 11 заседаний Пленума Техсовета, 17 заседаний президиума Техсовета. Рассмотрено разных вопросов и проектов 44. Наиболее крупными вопросами, которые были рассмотрены Техническим Советом, об'являются следующие:

1. Схема переустройства и нового орошения Зеравшанской долины;
2. Экономическое обоснование Южно-Хорезмской ирригационной системы;
3. Схема переустройства и нового орошения Янги-арыкского района в Фергане;

<sup>2)</sup> Первая схема по Чирчик-Ангрену 1924 г. разработана инж. Ф. П. Моргуновым, а последняя доработка схемы произведена под руководством Ф. П. Моргуновка и А. А. Талызина.

<sup>3)</sup> Схема по Зеравшану разработана под руководством инж. В. А. Ливанова.



4. Пятилетний план опытных дренажных работ в Голодной степи;
5. Окончательный проект переустройства арыка Старый Джун;
6. Программа изысканий и исследований по осушению старого города Ташкента;

7. Схематические проекты переустройства и нового орошения по Киргизской республике по речкам Бекташу, Сукулук, Ак-су, Арасан, Кугарт-сай. Больше всего труда и времени заняло рассмотрение Зеравшанской схемы, окончательное рассмотрение которой затягивается на февраль месяц.

Рассмотрение Зеравшанской схемы, обнимающей переустройство и новое орошение на площади, примерно, 800 тыс. гектар, было разбито на отдельные части:

- 1) Земельный массив, 2) гидромодуль, гидрометрия, коэффициент полезного действия, почвы, 3) техническая схема, 4) водохранилища, 5) гидротехнические узлы, 6) отдельные районы в схеме. Схема в ее целокупности рассматривается Техническим Советом впервые.

Сумма требующихся денежных затрат на выполнение мероприятий по схеме оценивается, примерно, в 100 миллионов рублей с окончанием всех работ в течение 15 лет.

Вторым крупным объектом, просмотренным Техсоветом, является Янги-арыкская проблема на общей площади переустройства и нового орошения 65.732 гектара, прироста хлопковых земель по схеме определено 13.452 гектара, по самотечному орошению, и 9.700 гектар по машинному орошению.

Общая стоимость проекта исчислена в 11.893.433 руб. и окончить работы предполагается в течение, примерно, восьми лет, включая 2 года, уже ведущихся по этому строительству.

Из остальных перечисленных проектов, рассмотренных Техсоветом, следует отметить проекты переустройства и нового орошения в Киргизской республике, с использованием мелких, горных речек, требующих специальных сооружений для своего использования. Общая площадь переустройства и нового орошения по р. Башташ, Сукулук, Ак-су, Арасан и Кугарт-сай исчислена по проектам, примерно, в 33.300 гектар.

Стоимость работ исчислена, примерно, в 810 тыс. рублей. Вопрос использования горных речек для целей орошения признан Техсоветом заслуживающим внимания и Кирводхозу предложено доработать материал соответствующим образом.

*Н. Д. Пржигодзкий*

## II.

### **Работа Совета специалистов Ср.-Аз. Опытного-Исследовательского Института Водного Хозяйства.**

*(Ноябрь—декабрь 1928 г.).*

В ноябре—декабре истекшего года состоялось 10 заседаний Совета специалистов ОИИВХ, на которых рассмотрено всего 21 вопрос. Из наиболее крупных следующие:

1. Доклад о работе, достижениях и перспективах работы Радио-бюро ИВХ.

В 1927—28 году Радио-бюро было занято конструированием новых типов эксплуатационных приборов. Эта работа закончена, создано несколько типов приборов, которые изготовляются мастерской точных инструментов ИВХ, при чем стоимость установки ИВХ обходится, примерно, в 8 раз дешевле стоимости установки Треста слабых токов. В 1929 году



необходимо заняться установкой радио-станций для обслуживания всей опорной гидрометрической сети и опытно-оросительных станций ИВХ, а также начать работу по линии применения радио в исследовательском деле. Совет специалистов признал необходимым поставить в ближайшую задачу Радио-бюро широкое ознакомление с радиолитературой и после этого начать развивать опытно-исследовательские работы по практическому применению радио в лабораторных исследованиях, а именно: определение местонахождения и изучение движения грунтовых вод, движения наносов, определения скоростей потока, изучения строительных материалов и т. д.

2. Заключение по запискам Упрагола: а) методика гидравлического расчета каналов и б) обзор гидравлических исследований по Голодностепскому магистральному каналу.

Записки составлены Упраголом к переустройству системы существующего орошения в Голодной степи. Первая записка дает теоретические выводы формул гидравлического расчета незаиляемых каналов, принятых Упраголом. Вторая записка дает обоснование коэффициентов Кеннеди, принятых в проекте

Совет специалистов одобрил предложенный метод гидравлического расчета каналов и отметил, что построенные номограммы для ускорения расчетов оправдывают свое назначение и могут быть рекомендованы для широкого распространения. Отмечена неправильность положения, устанавливаемого запиской о независимости процесса заиления от глубины. Зависимость взвешивающей способности потока от глубины установлена теоретически самим Кеннеди, доказана теоретически и подтверждена опытом в лаборатории проф. Вэликановым. Относительно установления коэффициента  $k$  по материалам гидравлических исследований, ИВХ отмечено сделанное допущение, что наблюдаемый уклон горизонта воды есть критический незаиляемый и неразмываемый для грунта русла канала. Вследствие этого к полученным величинам  $k$  следует отнести, как к ориентировочным. Вообще же для обоснования коэффициента  $k$  необходимо пользоваться материалами исследований, специально для этой цели производящихся; в проекте же используются материалы исследований по коэффициенту шероховатости.

3. Заключение по гидромодулю, принятому в новом проекте орошения Голодной степи проф. Ризенкампа. Проект предусматривает орошение 407.000 га северо-восточной части Голодной степи, при чем в новом проекте рассмотрение вопросов гидромодуля отличается от старого тем, что здесь элементы, от которых зависит проектный гидромодуль и головные расходы, рассматриваются в динамической совокупности. Три элемента, от которых зависит головной расход—гидромодуль, коэффициент полезного действия и загрузка системы, рассматривались в первом проекте статическими (заданные), в новом проекте они рассматриваются, как изменяющиеся в течение определенного времени.

Кривая загрузки системы начинается с 55.000 га в первый год и строится в одном случае из предположения полной загрузки в 15 лет, а в другом 50 лет. Коэффициент полезного действия в начальный период принят  $=0,4$ , конечный в одном варианте— $0,6$ , а в другом  $0,8—0,85$ .

Гидромодуль в начальный период орошения получен:

|                                 |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| максимальный                    | $q=0,54$ лит/сек. |
| для нормальных условий орошения | $q=0,405$ »       |
| » хороших                       | » $q=0,31$ »      |



При этом оросительная норма для хлопка принята для начального периода—4.020 м<sup>3</sup>., для нормальной техники—2.990 м<sup>3</sup>. и при хоршей технике в 2.270 м<sup>3</sup>. Хозяйственный ток (поливная струя) принят 130—140 лит/сек. Для проектирования распределителей предположено исходить из величины хвостка в 64 лит/сек. в голове с форсировкой от 130 до 200%. Головной расход магистрального канала для площади 407.000 га исчислен в размере 233 м<sup>3</sup>/сек.

После обсуждения всех представленных материалов, Совет специалистов пришел к нижеследующим заключениям:

1. Графический метод проектирования головного расхода системы считать для данного случая приемлемым.

2. Коэффициент полезного действия для всей системы без сплошного бетонирования, но при условии бетонирования участка магистрали до Конногвардейского и рационального водопользования, считать предельным  $\eta=0,6$ .

Дальнейшее увеличение коэффициента полезного действия полагать возможным при условии бетонирования магистрали и распределителей в пределах до  $\eta=0,7$ .

3. Размеры орошения хлопчатника по 3-му варианту признать значительно преуменьшенными—% на 20.

4. Тоже остальных культур по 2-му и 3-му варианту соответственно на 20 и 40%.

5. Сроки поливов культур люцерны и хозяйственной группы искусственным укомплектованием искажены.

Необходимо передвинуть на более ранний срок последний полив люцерны и укоротить межполивные периоды хозяйственных культур.

6. Максимальным гидромодулем периода предельного снижения считать 0,45 л/с. и как крайний предел 0,4 л/с., при этих условиях потребление нетто окажется на 20% выше исчисленного в проекте и головной расход на всю площадь 407.000 га, определенный по методу, предложенному в проекте, составит, примерно, если принять 50-летний период загрузки при  $\eta$  конечного периода = 0,6  $Q_{\text{гол. max.}} = 300 \text{ м}^3/\text{с.}$  и при  $\eta_k = 0,7$   $Q_{\text{гол. max.}} = 265 \text{ м}^3/\text{с.}$ , при загрузке в 15 лет и  $\eta_k = 0,7$   $Q_{\text{гол. max.}} \approx 320 \text{ м}^3/\text{с.}$  или обратно  $Q_{\text{гол.}} = 233 \text{ м}^3/\text{с.}$  в общем среднем хватит на площадь 310.000 га.

7. С размерами поливной струи и околodka согласиться; форсировку распределителей признать желательным снизить до 150—175%.

В проекте необходимо дополнительно проработать вопросы и проектирования оросительной сети колхозов и крупных совхозов, так как водопользование и ирригационную сеть последних пснадобится конструировать на основаниях иных, чем те, которые приняты в проекте в настоящее время.

4. Заключение по пятилетнему плану гидробиологических работ ИВХ. Вода оросительной сети дает приют огромному количеству растительных и животных форм, от микроскопических до крупных. На любом канале непрерывно движутся путники, увлеченные водой из истоков, с поверхности земли. Известная часть членов этих сообществ (водного биоценоза) оседает на дне и откосах каналов и влияет на водопроницаемость каналов и их сохранность. Многие формы атакуют берега каналов, пронизывают их множеством ходов, часто значительного диаметра, что вызывает разрыхление берега и разрушение. Оросительная система в стране, где жизнь от безводья замирает на значительный промежуток времени, стягивает к себе большое количество самых разнообразных организмов. Поэтому, весьма важно для орошения изучение качественного и количественного состава фауны вне оросительной системы.



В зависимости от оседающих организмов, поверхность каналов может стать более или менее слизистой, что влияет на коэффициент шероховатости. Можно полагать, что в зависимости от откосов каналов и материалов, слагающих его, скорости течения и пр.—меняются биоценозы их.

Совет специалистов одобрил пятилетний план гидробиологических работ, внося некоторые дополнения, в частности об изучении вопроса зарастания каналов камышем, более тесной увязки выводов исследований с ирригацией. Работы признать необходимым ввести в общий план работ ИВХ и первоначально вести через кабинет гидробиологии САГУ. Наряду с этим, необходимо организовать лабораторные работы в ИВХ, для чего озаботиться приобретением соответствующего оборудования.

Полевые работы желательно первоначально сосредоточить в Верхне-Сыр-Дарьинском районе, так как последний отличается наиболее развитой ирригацией.

5. Заключение о потерях на фильтрацию из Ак-Дарьинского водохранилища и влияние его на окружающую местность.

Упразер составил эскизный проект водохранилища на рукаве р. Зеравшан, Ак-Дарья, в районе острова Мианкаль. Цель создания водохранилища скопить зимние воды и в вегетационный период использовать эти запасы для орошения нижележащих земель Бухарского оазиса. Водохранилище образуется, с одной стороны, естественной возвышенностью, а с другой, земляной плотиной. Элементы водохранилища следующие:  $H=13$  м.,  $B=500$  м.  $L=5,5$  км. Площадь зеркала  $=1.000$  га.

Главная опасность в создании этого водохранилища—влияние его на повышение уровня грунтовых вод острова Мианкаль, на котором имеется 80.000 га культурной земли.

Совет специалистов установил неточность подсчета коэффициента фильтрации для лесса, данного Упразером на основе произведенных последним опытов с откачкой. Признано необходимым для предварительного проекта уточнить коэффициент фильтрации для галечника и лесса, путем постановки более глубоких откачек с параллельным исследованием состава и порозности грунта.

Для предварительного проекта необходимо поставить длительные наблюдения за режимом грунтовых вод острова, связав его с режимом рек и потерями из оросительной системы.

### III.

#### Работа по изысканиям и проектировке Г.У.В.Х. Ср. Азии.

С начала 1928—29 операц. года все изыскательские и проектировочные работы ГУВХ Средней Азии сосредоточены в одном изыскательно-проектном отделе.

Последний объединяет в настоящее время нижеследующие организации: 1. Чирчик-Ангренская изыскательская партия. 2. Верхне-Сыр-Дарьинская (Фергипп). 3. Чу-Таласская изыскательская партия. 4. Вахшская изыскательская партия. 5. Мургабское проектное бюро. 6. Аму-Дарьинское проектное бюро. 7. Проектное бюро Упачана. 8. Бюро типового проектирования.

Кроме того, в отделе ведется специальная работа картографической группы и подготовляются к производству аэросъемочные работы, в дополнение и развитие наземных съемок по некоторым бассейнам.



Большая часть организаций продолжает работу предшествующих лет; вновь ставятся с текущего года работы по р.р. Вахш, Талас и Мургаб.

В соответствии с постановлением СТО от 23/IV 28 г. о порядке составления проектов и прохождения их через соответствующие инстанции, пришлось по ряду проблем вернуться к исходному положению, несмотря на то, что за истекшие годы по отдельным частям этих проблем выполнены значительные как изыскательские, так и проектировочные работы.

По Чирчик-Ангренской схеме разработка отдельных проблем находится в следующем положении: закончена дополнительная доработка общей схемы и ожидается разрешение Госплана на приступ к составлению предварительного проекта по Нижне-Ангренскому и окончательного по Троицкому барражу.

По Ферганскому району представлена в Экспертно-Технический Совет полная схема Янги-арыка и имеется в виду по утверждению ее приступить к составлению предварительного проекта.

По двум другим объектам Ферганы—по Савайской степи и Кунган-Ярскому району, схемы, начатые в прошлом году, дорабатываются и, по проведении их в соответствующих инстанциях, будет приступлено в текущем году к составлению предварительных проектов. Этими тремя объектами вместе с Уч-Курганом предусмотрено развитие крупного строительства в текущем пятилетии по Фергане.

По Чуйской проблеме в этом году ведутся изыскательские и исследовательские работы для составления начатой в прошлом году общей схемы использования водных ресурсов реки; выполнен предварительный проект орошения 9.000 га по Атбашинскому району сбросными водами Аламединской гидростанции и намечен в этом же году ряд мелких проектов по небольшим объектам для уточнения отдельных частей общей схемы.

Аму-Дарьинское проектное бюро, в развитие работы, начатой в прошлом году, составляет рабочую гипотезу использования водных и земельных запасов в бассейне р. Аму-Дарьи. Эта работа к сентябрю месяцу с/г. должна быть закончена. Попутно бюро выполняет работы по уточнению вариантов головного питания южно-хорезмских систем, составленных в развитие схемы переустройства коренного питания южно-хорезмск. ирригационн. систем (Юхиса). Эти варианты, Таш-Сакинск. и Тюя-Муяня, вместе с экспертизой проф. Ризенкампа по южно-хорезмской проблеме в ближайшее время будут рассмотрены Техсоветом и посланы в дополнение к означенной схеме, еще в прошлом году представленной в Экспертно-Технич. Совет при Госплане СССР.

По Таласу к концу текущего года будет дана рабочая гипотеза, по Вахшу подготовлена лишь часть изыскательского и исследовательского материала. Последние должны быть дополнены с тем, чтобы в будущем операционном году закончить составление схемы. По Мургабу, несмотря на значительные затраты на изыскания и исследования в истекшие годы и весьма обширный материал по этим работам, предполагается в связи с незначительными кредитами, отпущенными на эту работу, разработать в текущем году лишь один из вариантов схемы.

Проектное бюро Упрочана, продолжая работы прошлого года, закончило схему расширения Голодностепского канала; по утверждении ее в Госплане, куда она уже представлена, будет приступлено к составлению предварительного проекта на дополнительную площадь нетто 26.000 га. Кредит на это в размере 75.000 руб. оперативным планом предусматривается. Попутно Проектное бюро Упрочана дало некоторое освещение общей Голодностепской схемы несколько в ином направлении, чем это сделано проф. Ризенкампом.



И, наконец, Бюро по типовому проектированию начало и развертывает работы по составлению законченных типовых проектов для небольших и средних расходов.

Исходным моментом в этой работе был подбор обширного материала, чертежей и проектов, записок и проч., разработанных в прошлом соответствующими организациями.

Ограничиваясь изложенным в настоящей хронике, имеется в виду в последующем давать информации о ходе работ и о некоторых результатах по тем или иным объектам за соответствующие промежутки времени.

П. М. Янчур.

---



## РЕФЕРАТЫ и БИБЛИОГРАФИЯ.

### 1.

**Ф. Х. Ньюель.** Директор Исследовательского Института С.А.С.Ш.  
*«Из прошлого ирригационного строительства Северн. Америки».*

*От редакции.* Настоящая статья, помещенная в Transactions of American Society of Civil Engineers v. 92, 1928 года, написана Ф. Н. Newell'ем—основателем и первым директором Департамента мелиорации Сев. Амер. С. Ш. Статья интересна, как показатель современных настроений ирригационных деятелей САСШ, и приобретает особое значение в виду широкой известности и всеобщей популярности ее автора.

\* \* \*

Недавно исполнилось двадцатипятилетие опубликования Федерального билля об улучшении земель (Federal Reclamation Act), открывшего собою новую эпоху в отношении Федерального правительства к мелиорации земель. За истекшую четверть века произошла коренная перемена в идеях об улучшении земель. Вопросы мелиорации, в связи с их финансированием Федеральным правительством, интересуют теперь широкие круги населения. Производятся многочисленные обследования правильности и необходимости расходования народных денег для целей мелиорации.

Необходимо пролить свет на одно чрезвычайно болезненное место, которое политические деятели и разные грюндеры всячески старались скрыть и отвлечь от них общественное внимание. Здесь, одним словом, была какая-то запретная зона... Многие хорошие инженеры не могли удержаться на службе Федерального правительства по той лишь причине, что они были слишком болтливы или, выражаясь языком политработников, «не были достаточно практичными», понимая под словом «практичность»—нужды данной политической группировки и, в силу отсутствия такой «практичности», были достаточно лояльными в отношении интересов общества и всей страны. Их ошибка состояла в отсутствии молчаливого согласия на производство необоснованного расходования денег; они не во-время цитировали классическое изречение: «мелиорация, сколько экономических преступлений совершается во имя твое».

Полное подтверждение правильности этого изречения видно из получившего ныне всеобщее признание утверждения о том, что для ирригации необходима правительственная дотация, что она законна и желательна и что большие мелиоративные проекты не могут быть начаты без правительственной помощи. Говоря иными словами, большие проекты по улучшению пустующих земель в настоящее время являются нерентабельными, да и раньше они тоже не окупали себя. Сравнение стоимости мелиорации с доходностью улучшенных земель (с учетом, конечно, процентов, амортизации и накладных расходов) устанавливает, что за весьма малыми исключениями, все большие предприятия кончались финансовыми катастрофами. Заинтересованные группировки всячески



старались завуалировать это больное место, однако, двадцатипятилетний опыт и произведенные обследования полностью это устанавливают. Такой вывод является анафемой тем «практическим политработникам», которые требуют от государства больших кредитов. Эти финансовые результаты явились и тем рифом, на коем разбились карьеры многих инженеров.

Двенадцать лет тому назад (в 1915 году) автор попробовал выяснить положение дела в статье «Экономические возможности ирригации», но оказалось, что время для критики еще не наступило. Разительных примеров неуспеха тогда нельзя было привести, не нарушая «правил официального приличия». Приходилось предоставить болезнь ее естественному течению, дабы имеющийся ныне отрицательный результат сделался ясным для всех и не оставляющим никаких сомнений.

Мы соглашаемся с тем, что правительственная дотация на ирригацию законна и желательна, но при этом надо отдать себе полный отчет в том, что из размеров и характера этой дотации нельзя делать секрета, или как-либо их скрывать. Это необходимо в интересах плательщика налогов; общество должно быть осведомлено о причине повышения налогов, прямых и косвенных. Дотация, как таковая, не является злом. Она очень полезна, но ее не надо скрывать.

Нельзя никому поставить в вину ссуды мелиоративным предприятиям, если только общество знает, куда деньги расходуются, но, с другой стороны, не может быть оправдания людям, скрывающим факты, в особенности, если при этом выступают с нападками на инженеров, исполнявших проекты и производивших постройку.

Существовавшая обстановка вызывала искреннее возмущение со стороны инженеров и всех честных людей: дабы получить необходимые кредиты, или добиться сложения долгов, выбирался самый легкий способ, а именно:—опорочивалась деятельность производителей работ. Способ этот очень прост, а детали его известны всем, знакомым с историей улучшения земель Федеральным правительством.

Первая глава огромных ирригационных предприятий всегда открывается настойчивыми просьбами местных землевладельцев и их представителей о федеральной помощи. Они сопровождаются заверениями о том, что, независимо от расходов на мелиорацию, предприятие будет рентабельным и землевладельцы с удовольствием все затраты выплатят.

Вторая глава—это время всеобщего энтузиазма, восхваления инженеров и их деятельности и просьб, обращенных к Федеральному правительству, о постройке более прочных сооружений, возможно более высоких плотин, возможно широких каналов и оросительной сети, достигающей до каждой фермы.

Третья глава начинается с окончанием строительных работ, с выводом воды на поля и с началом возмещения строительных затрат. Тогда начинается то, что предсказывалось Президентом Конгресса Кенноном и другими опытными политическими деятелями, возражавшими против билля об улучшении земель. Их возражения основывались на уверенности в том, что когда придет время платежей, землевладельцы откажутся от взносов. Это мнение было основано на знании человеческой природы. Эти люди были уверены в том, что правительство не сумеет собрать со своих граждан платежей по истечении столь большого промежутка времени. Они на опыте познали, что единственным способом для правительства получения денег является производство наличного расчета вперед. Почтовое ведомство мудро требует оплаты почтовых расходов до вручения посылки. В то же самое время земельные органы имеют всегда длинный список должников и многие безнадежные долги списываются по распоряжению Конгресса.



Эти политические деятели, предвидя результат, не указали в свое время, как должно пойти сложение долгов. Еще менее заботились об этом инженеры и уж, конечно, они никогда не могли предположить, что их сделают «козлами отпущения» за экономические промахи. Однако, как только от землевладельцев потребовалась оплата строительных расходов, так те же самые люди, которые в свое время настаивали на больших постройках и больших расходах, резко меняли свою позицию: ими начиналась упорная и настойчивая агитация, которая привела к уходу многих инженеров и техников, мужчин и женщин.

Здесь не место обсуждать вопросы общественной этики, но всякий инженер, находящийся на общественной службе, должен знать, что настроение масс необходимо учитывать и изучать с той же тщательностью, как условия климата, колебания расходов рек, паводки и пр., что может разрушить постройку. Одинаковое и, пожалуй, большее разрушение может причинить внезапная перемена общественных симпатий.

Конечно, сомнения, контроль и личные выпады против инженеров, последовавшие за требованием оплаты строительных расходов, сопровождались расследованием их деятельности. Еще никто не попробовал заняться составлением полного списка всех произведенных обследований, однако, «Комиссия по установлению фактов» насчитала их несколько сот. Некоторые из них стоили в особенности дорого, не только в отношении времени и денег, которые потребовались для установления каждой детали, сколько в отношении отвлечения внимания инженеров от их прямых обязанностей и производительного труда. Не явится преувеличением утверждение о том, что производители работ и их помощники ряд вечеров и ночей проводили в подборе сведений, которые от них требовались. Много хороших инженеров не выдержали ожесточенных нападков, а некоторые теряли терпение и хладнокровие от нелепости предъявлявшихся к ним требований и обвинений. Например, один известный сенатор потребовал от Департамента Мелиорации полный список всех десятников. Цель не была указана, равно не было указано, каких десятников он имел в виду. К этому времени на всех работах имелось несколько тысяч десятников. Собираание сведений и разборка людей по категориям отняли много времени, которое следовало бы уделить заботам о грядущих паводках и удовлетворении спроса на воду. Мы сомневаемся, чтобы этот сенатор хотя бы просмотрел приготовленные для него списки.

Этот эпизод иллюстрирует обстановку, в какой служащие работали, с того времени, как от землевладельцев стали требовать платежей. Он иллюстрирует также и мнение автора о том, что в распоряжении дотацией необходимо отрешиться от политических моментов.

Вопрос заключается не в том, полезна или вредна дотация, но в неправильном представлении о ее цели и в необходимости полного освещения ее размеров и характера. В этом вопросе необходима возможная ясность, ибо в нем более, чем в каком либо ином, политикан постарается скрыть факты; он может также извратить результаты путем ловкого жонглирования фразами. Например, он будет употреблять слово «фермер» при всяком удобном случае, преувеличивая трудности и страдания фермеров—пионеров, после чего публика охотно ссужает свои деньги.

Необходимо помнить, что правительство, при проведении своей мелиорационной программы, имеет дело не с фермерами, но с землевладельцами. Эти землевладельцы могут быть, а могут и не быть фермерами в буквальном смысле этого слова. Владение участком земли, пригодным для сельского хозяйства, еще не делает их фермерами. Примерно 40% этих землевладельцев не живут на своих участках. Из дебатов на Конгрессе устанавливается, что некоторые из землевладельцев правитель-



ственных ирригационных участков были по профессии актерами, банкирами, факельщиками, ветеринарами, часовщиками и зоологами. Каждая профессия здесь представлена, но, к сожалению, процент простых землеробов среди них не преобладает. Такие люди слишком осторожны, чтобы стать пионерами. Они предпочитают подождать, пока пройдет время начального заселения, с его трудностями и случайностями, зная отлично, что когда будет установлена истинная ценность участка, они смогут его купить обычно за цену ниже его действительной стоимости.

Люди, рискующие занимать только что улучшенные земли, естественно являются авантюристами, наделенными оптимизмом и пылким воображением. Они не обладают осторожностью и опытом и, как правило, не рассчитывают долго оставаться на новой земле. Их привлекает надежда заработать что-нибудь, ничего не вложивши, и воспользоваться случайными доходами первого засельщика. Это—такие люди, каких называют «типичными американцами», т. е. не упускающие случая, ставящие на карту удобства и даже здоровье своих семей и свое собственное и все время ищущие лучших условий.

Смена хозяев орошаемых участков велика. Принято считать, что переменяются три владельца, прежде чем будет основана постоянная усадьба. Это указывает на большие суммарные затраты, чередующиеся с случайным доходом, ибо каждый владелец что-то вносит в усадьбу, в форме ли построек, или личного труда, увеличивая тем ее ценность. Однако, бывает и наоборот: в силу небрежного пользования водой, земля портится, или засоляется; таким путем испорчено 20% всей орошенной площади.

Имеется простое средство исправить такое положение и которое каждому приходит в голову, а именно: необходимо до допущения засельщиков селиться на орошаемой земле, производить им тщательный отбор, дабы человека без достаточной квалификации не допускать на орошенные правительством земли. Это великолепное средство, но, к сожалению, такой отбор невозможен, за недостатком желающих. Такой отбор пробовали производить много раз и при различных условиях, но без успеха, ибо приходится приветствовать каждого человека, который имеет мужество и веру в себя, а его недостатки приходится извинять. Кроме этого, опыт тысяч засельщиков показывает, что часто получается успешный результат при самых неблагоприятных auspiciis и в то же время имеется много случаев полной неудачи с людьми, которые явились на землю с деньгами и имели необходимую квалификацию. Причиной этому является неподдающиеся учету психологические факторы, которые, однако, преимущественно и повлияли на успех, или неудачу.

Каждый из меняющихся владельцев вновь орошенной земли настоятельно просит помощи; у каждого большая задолженность; банкиры считают положение безнадежным, а местные политические деятели в речах и газетных статьях обещают, в случае своего избрания, правительственную помощь; на этой платформе их и избирают и, как результат—Конгресс из года в год гарантирует дотацию. Правда, этот порядок несколько отличается от порядка сложения недоимок, какой предсказывался Председателем Конгресса Кенноном, но результат получился тот же, ибо расходы Федерального правительства до сих пор не возмещены. Мы не считаем, что имеются причины проявления особого беспокойства по случаю создавшегося положения, но честное отношение к плательщикам налогов и нашей стране не дает возможности это положение скрывать, а также скрывать то, что частные ирригационные предприятия не пользуются никакой дотацией, а, между тем, они оросили площадь в десять раз большую, чем Федеральное правительство.



Теперь в особенности важно широкое освещение предстоящих расходов, ибо снова приближается время крупных требований на народные сбережения для исполнения дальнейших проектов по улучшению земель. Интересы р. Колорадо потребуют не миллионов, но десятков миллионов долларов; землевладельцы в бассейне р. Колумбия требуют сотен миллионов долларов. Вообще ныне вошло в моду, говоря о гидротехнических предприятиях, оперировать с сотнями миллионов долларов.

Построечная стоимость на один акр многих мелиоративных предприятий такова, что они много раз отвергались. Однако, они снова и снова выплывают, сопровождаемые проектами разверстки платежей на много поколений. Конечно, никто серьезно не считает, что Конгресс в дальнейшем станет настаивать на этих платежах; считается, что он последует установившейся практике сложения недоимок.

Наряду с вышеупомянутыми требованиями по мелиорации земель западных штатов стоит, пожалуй, еще более настоятельное требование на сотни миллионов долларов не в целях развития земледельческой площади, но для спасения того, что уже существует. Мы имеем в виду обвалование р. Миссисипи.

А затем пред'являются требования о разрешении проблемы р. св. Лаврентия, об упорядочении внутренних водных путей на востоке, проблема р. Рио Гранде, гидроустановки Muscle Shoals, Great Falls и пр. Защитники всех этих проектов полны энтузиазма и действуют решительно. Кулуары Конгресса еще никогда не были так хорошо организованы и финансированы. Кулуарные разговоры ныне считаются необходимостью, ибо считается, что пленум Конгресса не в состоянии полностью уяснить себе представленных для обсуждения проблем.

Инженеры имеют сейчас возможность, на время, по крайней мере, обратить свое внимание на экономическую сторону предприятия. И это, может быть, их убережет в дальнейшем от крушения; экономисты же сделают большое общественное дело, если тщательно взвесят доходы и расходы больших предприятий, представленных сейчас на рассмотрение.

*С. И. Сыромятников.*

## II.

**Опытно-Мелиоративный вестник.** Том I, вып. 1, 1928 г. Издание Госуд. Сел.-Хоз. Мелиорации. Москва, 83 стр. Цена 1 руб. Тираж 500 экз.

Необходимо всячески приветствовать появление нового журнала в области мелиорации, так как исследовательская мысль в этой области могла иметь выход только в трудах отдельных опытно-мелиоративных организаций.

Первый выпуск нового журнала оставляет в читателе прекрасное впечатление, а для наших ср.-азиатских ирригаторов в нем найдется достаточно интересных тем, а именно:

«Эквивалент влажности почвы» С. В. Астапова, «Водомер постоянного расхода» А. И. Бредиса, «К методике учета грунтовых вод» А. Д. Кабальчича, «К вопросу об использовании мелиоративных систем» А. Ф. Самохина.

Работа С. В. Астапова подробно останавливается на методе определения влажности почв центрофугированием в САСШ, рецензируя работы в этой области за последние годы ряда американских авторов. В заключении автор ссылается на интересные работы А. Ф. Лебедева. Очевидно, в дальнейших номерах журнала этому серьезному вопросу будет уделено достаточно внимания. Водомер постоянного расхода является результатом проработки вопроса в лаборатории Г.И.С.Х.М. Опыт показывает, что



на принципе взаимного гашения энергии двух встречных струй возможно сконструировать дешевый прибор простой конструкции, пропускающий воду в ороситель с ошибкой менее 1%.

Необходимость удешевить и упростить учет грунтовых вод без ущерба качеству работ еще в 1914 г. позволила применить на Минской Болотной станции специальную рейку с поплавком, подробно описанную А. Д. Кабальчиком с указанием о том, как она должна быть переконструирована для учета горизонта воды в больших водоемах.

Проф. А. И. Костяков подробно описывает «кротовый дренаж». При помощи дренажного плуга, позволяющего закладывать трубчатый дренаж, не прибегая к предварительному рытью траншей с последующей их засыпкой и утрамбовкой, чрезвычайно упрощается и удешевляется устройство дренажа.

В наших условиях «кротовый дренаж» будет иметь несомненный успех при мелиорации тяжелых подзолистых почв. Поэтому Г.И.С.Х.М. предполагает поставить опыты с дренажными плугами в наших условиях.

А. С. Козменко описывает опыты по борьбе с промерзанием почвы и намечает примерные пути практического осуществления такого вида мелиорации.

Журнал выделяет особо работы «на местах».

В этом отделе мы имеем ряд статей планового и отчетного характера (А. Э. Матиссен, И. И. Беляев) и чисто прикладного порядка: А. Ф. Самохин «К вопросу об использовании мелиоративных систем», С. М. Алпатьев «Первые опыты по орошению в Сальском округе», Б. И. Королев «Первые шаги по улучшению орошаемого хозяйства Чеченской А. О.».

Интересно поставлен отдел хроники, критики и библиографии О. М. В., журнал издан на хорошей бумаге и имеет очень приятный внешний вид.

«Вестник Ирригации» должен всячески помочь своему молодому товарищу, прекрасно справившемуся в своей первой книжке с задачей текущей информации по вопросам опытно-мелиоративных исследований, стать твердо на ноги.

Хорошее начало и опытные руководители журнала дают основание считать, что и следующие выпуски будут отвечать интересам опытно-мелиоративного дела.

Проф. Б. Шлегель.



## Обзор иностранной литературы.

*От редакции.* «Вестн. Ирр.» придает чрезвычайно большое значение широкому ознакомлению всех кругов ирригационных работников с иностранной технической литературой, в первую очередь периодической. Чтобы облегчить нашим ирригаторам это ознакомление, Редакция вводит с этого номера постоянный обзор наиболее интересных статей по водному делу, помещаемых в главнейших заграничных журналах (в пределах имеющихся возможностей у редакции пользования иностранными журналами). Список цитируемых в обзоре изданий помещается ниже.

### Перечень иностранных технических журналов, цитируемых в обзоре технической литературы.

- 1) A-E-G Mitteilungen; 2) Annales des travaux publics de Belgique, Bruxelles; 3) Annales des Ponts et Chaussées, Paris; 4) Annali dei Lavori pubblici, Roma; 5) Annali delle r. Scuola d'Ingegneria di Padova; 6) Archiv für Eisenbahnwesen; 7) Archiv für Wärmewirtschaft; 8) Asphalt und Teerindustrie-Zeitung; 9) Baupolizeiliche Mitteilungen; 10) Die Bautechnik; 11) Bauwelt; 12) Bauzeitung Stuttgart; 13) Beton armé, Paris; 14) Beton und Eisen; 15) Betonstrasse; 16) Cemento armato, Torino; 17) Ciment, Paris; 18) Coal Age, New York; 19) Concrete and Constructional Engineering, London; 20) Concrete-Cement Age, Chicago; 21) Constructeur de ciment armé, Paris; 22) Deutsches Bauwesen; 23) Deutsche Bauzeitung; 24) Deutsche Wasserwirtschaft; 25) Dinglers Polytechnisches Journal; 26) Dock & Harbour Authority, London; 27) Electrical World, New York; 28) Electric Railway Journal, New York; 29) Electrotechnik und Maschinenbau; 30) Elektrotechnische Zeitschrift; 31) Energia Elettrica, Milano; 32) The Engineer; 33) Engineering News Record, New York; 34) Engineering, London; 35) Gas-und Wasserfach; 36) Génie Civil, Paris; 37) Gesundheits-Ingenieur; 38) Gewapend Beton, den Haag; 39) Houille Blanche, Grenoble; 40) Ingegneria, Roma; 41) Ingegneria, Milano; 42) De Ingenieur, den Haag; 43) Ingnioren, Kopenhagen; 44) Journal of the Franklin Institute, Philadelphia; 45) Kruppsche Monatshefte; 46) La Construction Moderne; 47) Maschinenbau; 48) Der Maschinenkonstrukteur; 49) Mitteilungen der Deutschen Materialprüfungsanstalten; 50) Mitteilungen der Siemens-Bauunion; 51) Mitteilungen des Deutschen Ingenieur-Vereines in Mähren; 52) Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke; 53) Navigation du Rhin, Strassbourg; 54) Nordisk Jarnbane Tidskrift, Stockholm; 55) Oesterreichische Wasserwirtschaft; 56) Pit and Quarry, Chicago; 57) Polytechnisches Weekblad, Amsterdam; 58) Power, New York; 59) Proceedings of the American Society of Civil-Engineers, New York; 60) Railway Engineer, London; 61) Railway Gazette, London; 62) Revue Générale des chemins de fer, Paris; 63) Rock Products, Chicago; 64) Schiffbau; 65) Schweizerische Bauzeitung, Zürich; 66) Schweizerischer Hoch-und Tiefbau; 67) Schweizerischer Wasserwirtschaft, Zürich; 68) Siemens-Zeitschrift; 69) Société des Ingenieurs Civils de France, Paris; 70) Stahl und Eisen; 71) Die Strasse; 72) Der Strassenbau; 73) Techn. Papers of Bureau of Standards, New York; 75) Technik und Wirtschaft; 76) Technique des Travaux; 76) Technique moderne, Paris; 77) Teknisk Tidskrift, Stockholm; 78) Teknisk Ukeblad, Oslo; 79) Tiefbau; 80) Ton-Industrie-Zeitung; 81) V. D. I. Nachrichten; 82) Wasser und Abwasser; 83) Wasser und Gas; 84) Wasserkraft und Wasserwirtschaft; 85) Wasser und Wegebauzeitschrift; 86) Werft Reederei



Модельные опыты с шипами для поглощения энергии для водосливов водоудержательной плотины Pit-River.

Описание модельных опытов в масштабе 1 : 25 для определения наиболее действующих приспособлений для погашения энергии на водоудержательной плотине Pit-River с почти 2.000 куб. м/сек. Лучшее действие показали два ряда шипов на бетонном водобое: верхний ряд в виде скошенных призм-дробителей, нижний с кривыми поверхностями для отклонения и уничтожения потока.

16. Th. Rehbock, Karlsruhe. Die Verhütung schädlicher Kolke bei Zturbetten. «Der Bauingenieur» 1928, № 4—5.

Предотвращение вредных вымоин у водобоя.—Статья описывает на основании опытов Д-ра Люшера, а также проведенных в речной лаборатории Карлсруэ, насколько можно уменьшить вымоины речного дна применением зубчатого порога (рейки) к конце водобоя.

Примечание: на рис. 12 и 13, в виду допущенной автором ошибки линия энергии в движущейся воде ниже прыжка вычерчена слишком высоко. Она должна над мешком понизиться настолько, чтобы значение  $k_{11}$  стало меньше  $t_{11} : 2$ .

17. Dr. Ing. Kelen, Berlin. Die neuen italienischen Talsperren-Vorschriften und ihre kritische Betrachtung. «Deutsche Wasserwirtschaft» 1927—№ 8.

Новое итальянское законодательство о водоудержательных плотинах и критическое рассмотрение его.

18. Prof. G. G. Kriwoschein, Leningrad. Das rationelle Profil der Stau-mauern. «Der Bauingenieur» 1928—№ 7.

Рациональный профиль подпорных стен. Исследования относятся к размерам напряжений на воздушной стороне сечения подпорной стены при трапецевидных и треугольных сечениях с целью предотвращения образования трещин во время стройки.

1. Reclaiming swampy lake front creates valuable land. «Engineering World», v. 32, № 6, June 1928.

Описание работ по осушению заболоченных берегов оз. Cass, Детройт, САСШ; стоимость работ и применявшиеся методы. (5½ столбц. текста, снимок с общего вида работ, план и профиль).

2. Willcocks W. The restoration of the ancient irrigation of Bengal. «Wat. & Wat. Engineering», v. XXX №№ 356—357, Aug.—Sept. 1928.

Статья посвящена вопросу реставрации древней ирригационной системы в Бенгалии. (18 столбц. текста).

3. Water supply works in Spain «Wat. & Wat. Engineering», v. XXX, № 357, 20. IX. 28

Описание отдельных систем водоснабжения в Испании; некоторые цифровые данные. Ирригационные работы и предположенные площади орошения. (1 столбец текста).

4. A large water scheme. «Canad. Engineer», v. 55 № 10 p. 287, Sept. 1928.

Краткое описание проекта водоснабжения из р. Tod в Австралии. (1½ столбца текста).

5. Montagne E. Eng.—Canaux découverts. Application de la loi de Re-ech «La Houille Blanche», № 134/140, p. 106, Juill. Août 1928.



Сбросные каналы; приложение к ним закона Reech; математическая трактовка вопроса. (7 столбцов текста).

6. Mesnager M. Les barrages hydrauliques. «La Houille Blanche», № 139/140, p. 97 Août 1928.

Водоподпорные плотины различных типов; преимущества легких арочных плотин; возведение плотин легкого типа в САСШ и полученный опыт; результаты возведения сооружений этого рода в Италии и Франции; сравнение арочных плотин с плотинами тяжелого типа; предупреждение фильтрации. (18 столбцов текста).

7. Ivan Houk. Desing and construction of the Willwood diversion dam. «Engin. & Contr.», v. XLVII, № 5, p. 232, May 1928.

Расчеты и конструкция плотины Willwood на р. Shoshone, Wyoming, возведенной с целью орошения 17.000 акров земель проекта Shoshone. Методы конструкции и стоимость бетонных сооружений этого рода. (7 столб. текста, план и разрезы).

8. Christians G. W. Asphalt grouting for water proofing and for stopping leakage. «Water Works», v. LXVII, № 6, p. 225, June 1928.

Применение в гидротехнике асфальтирования с целью придания сооружениям водонепроницаемости и уничтожения имеющейся фильтрации. Описание опыта асфальтирования плотины Columbia на р. Duck, Tennessi. (4 столб. текста 5 пл. и общ. план).

9. Steele B. W. Eng. Echo-dam, Salt-lake basin project, Utah. «New Reclam. Era», v. 19, № 9, p. 134, Sept. 1928.

Земляная плотина с каменной наброской на р. Weber, Utah, возведенная с целью образования водохранилища для ирригации окрестного района. (6 столб. текста; генер. план и разрезы).

10. Indian storage reservoirs. «Wat. & Wat. Engineering» v. XXX, № 357, p. 398 Sept. 1928.

Подробный разбор книги W. L. Strange — «Водохранилища Индии». (4 столб. текста).

11. Maas M. A. Ing. Bassin de charge. «La Houille Blanche» № 133/140, p. 110. Juill. 1928.

Общее рассмотрение вопроса об аккумуляровании гидравлической энергии. Практические примеры. (8 столб. текста, 15 фиг.).

12. Dam sites and reservoirs areas in Burmah. «Wat. & Wat. Engineering», v. XXX, № 357, p. 421. Sept. 1928.

Подробное описание топографических условий местностей и месторасположений в Бурме (Индия), предположенных под гидротехнические сооружения, составленное на основании генерального отчета Геологического Надзора Индии за 1927 год. Очерк производившихся изысканий. (7 столб. текста).

13. The Burrator reservoir. «Civil Engineering», v. XXIII, № 5, p. 231, Oct. 1928.

Увеличение действующей высоты плотины Burrator и Sheepstor (САСШ) с целью увеличения вместимости водохранилища. Краткое описание работ. (1½ столб. текста).

14. Water conservation of the river Murrey. «Civil Engineering», v. XXIII, № 5, p. 234, Oct. 1928.

Краткая заметка о текущих гидротехнических работах на о. Виктория и р. Муррей в Австралии (1 столб. текста).

15. The Tod river water scheme, South Australia. «Wat. & Wat. Eng.», v. XXX, № 357, p. 403, Sept. 1928.



Референция специальной брошюры, изданной по случаю открытия эксплуатации крупной системы водоснабжения из р. Tod в Южной Австралии. (4 столб. текста, план и детали насосной установки).

16. Indian barrages. «Wat. & Wat Eng.» v. XXX, № 357, Sept. 1928.  
Описание Суккурского барража на р. Инд (Индия) и сообщение о ходе работ по его возведению. Предположенная площадь орошения—15.000.000 акров. (3 столб. текста 2 илл.).
17. Progress of construction of Gibson dam. «Engineering World», v. 32, № 6, June 1928.  
Современное состояние работ по сооружению плотины Gibson, возводимой Бюро Мелиораций САСШ на р. Sun-river для ирригационного проекта Sun-river. (1½ столб. текста).
18. Scott W. A. The Owyhee Dam. «Eng. World», v. 32, № 6, June 1928.  
Описание плотины Owyhee в округе Malheur штата Орегон — САСШ. Вычисление объема земляных работ; геологическая формация ложа; отводный туннель и водослив; общие данные и размеры сооружения. (3 столб. текста—план, профили и разрезы плотин).
19. Usine hydro-electrique de Galleto (Italie). Ouvrages de prise d'eau. «Génie Civil», v. XCIII, № 14, p. 317, Oct. 1928.  
Гидроэлектрическая станция в Галлето (Италия). Описание водозахватывающей части сооружений. Общее описание; плотина, подводный туннель, канал и главный туннель, напорные шахты. (8 столб. текста, 13 фиг. и илл.).

