

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒԵՊԻԱ

Աղոնց Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղակալ), Անանյան Ա. Կ.,
Գառապարյան Ա. Մ., Եղիազարյան Ի. Վ., Կասյան Մ. Վ., Խուդա-
վերդյան Վ. Մ., Նազարով Ա. Դ. (պատ. խմբագիր), Սիմո-
նով Մ. Ջ., Փինաշյան Վ. Վ. (պատ. քարտուղար):

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Адонц Г. Т. (зам. отв. редактора), Анамян А. К., Гаспа-
рян А. М., Егиазаров И. В., Касьян М. В., Назаров А. Г.
(отв. редактор), Пиниджян В. В., (отв. секретарь), Симо-
нов М. З., Худавердян В. М.

Б. О. ЕГИАЗАРЯН

СУТОЧНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ГЭС ВЫШЕЛЕЖАЩИМ ВОДОХРАНИЛИЩЕМ И РЕГУЛИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ БЕЗНАПОРНОГО ДЕРИВАЦИОННОГО ВОДОВОДА

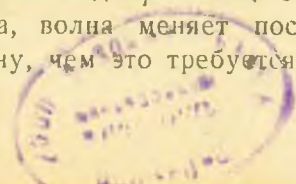
Несоответствие между неравномерным потреблением электроэнергии и почти постоянным расходом воды в течение суток приводит к необходимости осуществления суточного регулирования на ГЭС.

В статье рассматриваются вопросы суточного регулирования головным водохранилищем, когда последнее отделено от силового узла станции деривацией. Если деривация напорная, то независимо от ее длины можно считать, что всякое изменение режима станции достаточно быстро передается в головное водохранилище и после некоторых колебаний в деривации устанавливается режим с новым расходом.

Если же деривация безнапорная, то в зависимости от длины, уклона, гидравлического режима канала, степени колебания горизонта воды в головном водохранилище и местных условий возможны два типа деривационного канала: а) саморегулирующийся и б) несаморегулирующийся.

В случае саморегулирующегося деривационного канала изменение поступающего в канал расхода происходит автоматически, без вмешательства эксплуатационного персонала. В результате изменения нагрузки станции в конце канала возникают волны, которые меняют глубину и уклон свободной поверхности в канале в соответствии с новым расходом воды. Распространяясь до головного водохранилища, они отражаются от его поверхности, меняя поступающий в канал расход. Последний, распространяясь волновой скоростью, доходит до напорного бассейна с некоторым сдвигом, равным времени двойного пробега волной всей длины канала. В течение этого времени расходится регулирующий запас воды в канале. Потеря воды на сброс из напорного бассейна нет. Бермы канала горизонтальны, их высота обусловлена максимально возможной в напорном бассейне отметкой воды.

По мере своего распространения обратные волны сильно деформируются, практически полностью затухая до места выклинивания кривой подпора (спада) [1]. Дойдя до головного водохранилища с уменьшенной величиной максимального расхода, волна меняет поступающий в канал расход на меньшую величину, чем это требуется рабо-



той станции. Волна деформируется и на обратном пути от головного водохранилища до напорного бассейна. Чем длиннее деривационный канал, тем больше деформация волны и, следовательно, тем больше несоответствие между поступающими и требуемыми расходами, что должно покрываться за счет регулирующего объема призмы канала, величина которой ограничена. При большой длине канала (близкой длине кривой подпора в канале) волна деформируется настолько, что доходит до головного водохранилища с незначительной величиной максимального расхода. Головное водохранилище почти полностью отключается, и ведется лишь небольшое регулирование, ограниченное объемом деривационного канала. В таких случаях деривационный канал становится уже несаморегулирующимся. Горизонтальные бермы уже не обеспечивают соответствующего эффекта, приводя лишь к увеличению стоимости канала. Поэтому они делаются параллельными дну канала. Избыток воды сбрасывается через водосброс, сооружаемый в конце канала. Независимость величины расхода воды в деривации от работы станции приводит (особенно в изолированно работающих ГЭС) к большим потерям, для уменьшения которых можно в начале канала изменить расходы в соответствии с графиком нагрузки ГЭС, т. е. осуществить регулирование головным водохранилищем. При этом усложняется эксплуатация деривации.

Ограничивающими факторами при такой схеме суточного регулирования являются деформация и время добегания волны попуска. Возникшая в результате изменения расхода в створе головного водохранилища волна попуска по мере перемещения по каналу деформируется и для установления требуемого расхода в данном створе необходимо все больше времени после того, как начало волны добежало до него [2].

При достаточно большой длине деривации и периодически повторяющихся попусках (что приводит к наложению отдельных попусков) деформация волн может быть настолько значительной, что в конце канала расход практически будет постоянным и равным среднесуточному расходу.

Для перерегулирования расходов деформированной в той или иной мере волны надо в конце канала иметь бассейн необходимой емкости. В тех случаях, когда в конце канала не имеется свободной емкости, а регулирующая призма канала настолько мала, что не в состоянии покрывать недостаток или размещать избыток воды, необходимо в попусках из водохранилища одновременно с учетом времени добегания начала волны учитывать также величину деформации волны, соответственно подбирая очертания графика попусков. Следовательно, деривационный канал при суточном регулировании головным водохранилищем необходимо рассчитывать на попуск максимального расхода, с прибавлением величины его затухания, что значительно увеличивает пропускную способность канала и удорожает его

сооружение. С другой стороны, увеличение пропускной способности канала дает возможность станции в многоводный период несколько увеличить выработку энергии, если имеется потребность в сезонной дополнительной энергии.

Величина этой энергии $\Delta \mathcal{E}$, полученной в результате полного использования пропускной способности деривации и возложения функции суточного регулирования на другие станции системы, можно найти из графика продолжительности мощности (рис. 1, заштрихованная площадь):

$$\Delta \mathcal{E} = (N_{yc} - N_{cp}) t_{yc} + \int_{t_{yc}}^{t_{cp}} (N_{yc} - N_{cp}) dt.$$

Принимая, что кривую $N = f(t)$ в интервале от t_{yc} до t_{cp} можно заменить прямой линией, это выражение приближенно запишется в следующем виде:

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{(N_{yc} - N_{cp})(t_{yc} + t_{cp})}{2}, \quad (1)$$

где N_{yc} и t_{yc} — установленная мощность станции (для которой найдена пропускная способность деривации при суточном регулировании головным водохранилищем) и ее обеспеченность в часах, N_{cp} и t_{cp} — средняя мощность станции (для которой найдена пропускная способность деривации при суточном регулировании с помощью БСР) и ее обеспеченность в часах.

Для выбора схемы суточного регулирования головным водохранилищем или специальным бассейном в конце деривации (БСР) необходимо доказать ее экономическую целесообразность, что [5] можно делать сравнением ежегодных издержек для двух схем, принимая при этом, как упрощающее допущение, равенство гидравлических потерь по длине деривации для обеих схем. Разность гидравлических потерь, следовательно и соответствующая ей разность потерь энергии $\Delta \mathcal{E}_n$, величина небольшая и ею можно пренебречь. В случае же необходимости учета этой разности надо на ее величину корректировать значение $\Delta \mathcal{E}$.

Применение головного водохранилища для суточного регулирования очевидно целесообразно, если удовлетворяется условие

$$U_{гв} < U_{БСР}, \quad (2)$$

где $U_{гв}$ — суммарные ежегодные затраты по деривации и водохранилищу при суточном регулировании головным водохранилищем.

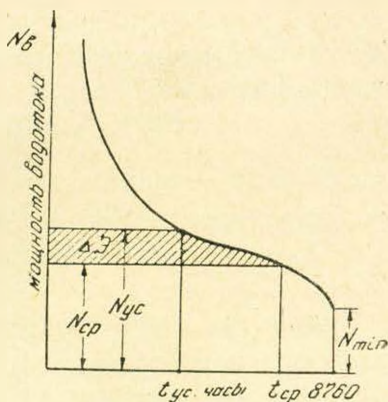


Рис. 1.

$U_{\text{БСР}}$ — суммарные ежегодные издержки по деривации и бассейну при суточном регулировании с помощью БСР.

Будем рассматривать два случая: а) головное водохранилище имеет небольшой объем и создается специально для суточного регулирования и б) головное водохранилище предусматривается для длительного регулирования и его использования для суточного регулирования не связано с дополнительными расходами. На практике больше встречается второй случай.

Рассмотрим сперва первый случай, для которого

$$U_{\text{гв}} = U_{\text{д}} + U_{\text{в}} - \Delta U, \quad (3)$$

$$U_{\text{БСР}} = U_{\text{д}}^* + U_{\text{б}}, \quad (4)$$

где $U_{\text{д}}$ и $U_{\text{д}}^*$ — ежегодные издержки по деривации в случаях ведения суточного регулирования головным водохранилищем и с помощью БСР;

$U_{\text{в}}$ и $U_{\text{б}}$ — ежегодные издержки по головному водохранилищу и бассейну суточного регулирования;

$\Delta U = b\Delta\mathcal{E}$ — стоимость дополнительной сезонной энергии $\Delta\mathcal{E}$;

b — стоимость 1 квт-ч сезонной энергии.

Годовые издержки можно выразить через капиталовложения K [4]:

$$U = \alpha K.$$

Подставляя это выражение в (2) с учетом (3) и (4), получим следующее неравенство:

$$\alpha_{\text{д}}K_{\text{д}} + \alpha_{\text{в}}K_{\text{в}} - b\Delta\mathcal{E} < \alpha_{\text{д}}^*K_{\text{д}}^* + \alpha_{\text{б}}K_{\text{б}}, \quad (5)$$

где $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{д}}^*$ — капиталовложения по деривации в схемах суточного регулирования головным водохранилищем и с помощью БСР.

$K_{\text{в}}$ и $K_{\text{б}}$ — капиталовложения по головному водохранилищу и БСР;

$\alpha_{\text{д}}$, $\alpha_{\text{д}}^*$, $\alpha_{\text{в}}$ и $\alpha_{\text{б}}$ — коэффициенты, выражающие долю ежегодных эксплуатационных затрат от соответствующих капиталовложений.

Капиталовложения по деривации пропорциональны ее объему и между ними существует прямолинейная связь [4]:

$$K_{\text{д}} = K_{\text{од}} + \zeta_{\text{д}}V_{\text{д}} = K_{\text{од}} + \zeta_{\text{д}}FL, \quad (6)$$

$$K_{\text{д}}^* = K_{\text{од}} + \zeta_{\text{д}}^*V_{\text{д}}^* = K_{\text{од}} + \zeta_{\text{д}}^*F'L,$$

где $K_{\text{од}}$ — постоянная часть капитальных вложений по деривации, не зависящая от ее объема;

$\zeta_{\text{д}}$ — коэффициент пропорциональности (стоимость одного дополнительного кубометра объема деривации). Из (6) можно получить

$$\zeta_{\text{д}} = \frac{K_{\text{д}} - K_{\text{д}}^*}{V_{\text{д}} - V_{\text{д}}^*},$$

где $V_{\text{д}}$ и F — объем и площадь поперечного сечения деривации при суточном регулировании головным водохранилищем;

V_x и F' — те же при наличии БСР;

L — длина деривационного канала.

Поперечное сечение F можно выразить через F'

$$F = F' + \Delta F, \quad (7)$$

где $\Delta F = \Delta F' + \Delta F''$;

$\Delta F'$ — увеличение площади поперечного сечения канала для пуска дополнительного максимального расхода сверх среднесуточного;

$\Delta F''$ — увеличение площади поперечного сечения, учитывающее увеличение дополнительного максимального расхода волны из-за ее затухания по длине канала.

Подставляя (6) и (7) в (5), после некоторых преобразований получим:

$$\Delta \alpha_d \zeta_d F' L + \alpha_d \zeta_d \Delta F L < \alpha_b K_b - \alpha_n K_n - \Delta \alpha_d K_{од} + b \Delta \mathcal{E},$$

откуда найдем неравенство для длины деривации L , при удовлетворении которого в данных условиях суточное регулирование головным водохранилищем окажется экономически целесообразным:

$$L < \frac{\alpha_b K_b - \alpha_n K_n - \Delta \alpha_d K_{од} + b \Delta \mathcal{E}}{\zeta_d (\Delta \alpha_d F' + \alpha_d \Delta \mathcal{E})}, \quad (8)$$

где для краткости обозначено $\Delta \alpha_d = \alpha_d - \alpha'_d$.

Для указанного выше второго случая, когда головное водохранилище предусматривается для длительного регулирования, в ежегодных суммарных затратах $U_{гв}$ не будут участвовать затраты по водохранилищу U_n , и (3) запишется в следующем виде:

$$U_{гв} = U_d - \Delta U. \quad (3')$$

Тогда (8) соответственно упростится и примет вид:

$$L < \frac{\alpha_b K_b - \Delta \alpha_d K_{од} + b \Delta \mathcal{E}}{\zeta_d (\Delta \alpha_d F' + \alpha_d \Delta F)}. \quad (9)$$

При пользовании этими соотношениями сравнительно большие вычисления приходится производить при определении приращения площади поперечного сечения ΔF , которое зависит от полной пропускной способности канала. Последняя обуславливает также величину возможной дополнительной выработки электроэнергии $\Delta \mathcal{E}$ и зависит не только от требуемой максимальной нагрузки ГЭС, но и от степени деформации волны пуска по длине деривации. Задача заключается в определении такого графика пусков, который в конце канала, с учетом деформации волны, возможно меньше отличался бы от графика расходов станции. Максимальная ордината такого графика пусков представит и пропускную способность (расчетный расход) канала. Для решения задачи можно пользоваться предложенным автором приближенным методом расчета прямой волны [2], причем задача решается подбором в следующей последовательности.

Имея график расходов станции (рис. 2, жирная линия), определяем очертание графика пусков с тем, чтобы в конце канала получить

наилучшее совпадение двух гидрографов. Если после расчета деформации задаваемого графика окажется, что графики расходов деривации и станции не совпадают, то расчет повторяется при новом графике попусков до тех пор, пока получится приемлемое совпадение. При задании графика попусков надо стремиться к возможно простым очертаниям с наименьшим числом ступеней.

Если в расчете деформации начальные условия неизвестны, то для большей определенности нужно предполагать, что в канале имеется установившееся равномерное движение, соответствующее среднесуточному расходу $Q_{\text{ср. с.}}$. Расчет, поэтому, необходимо начинать с момента, когда расход действительно равняется среднесуточному. В тех случаях, когда в начальный момент $t = 0$ расход не совпадает со среднесуточным, график расходов можно продолжать в пределах пре-

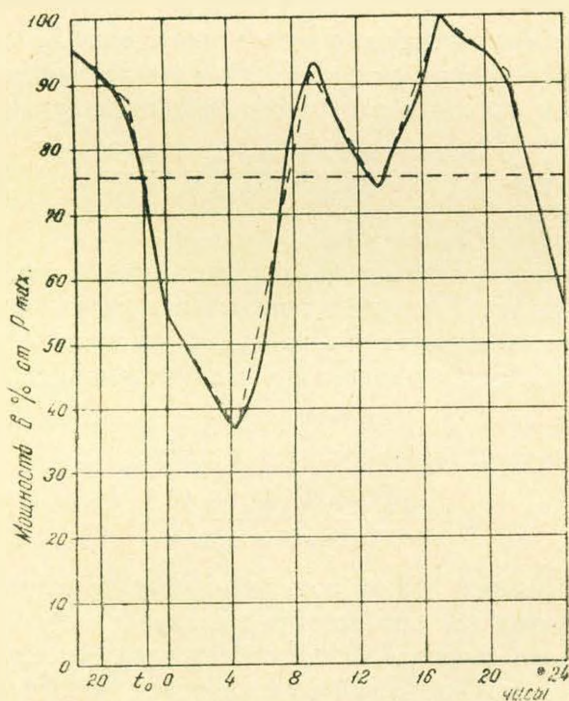


Рис. 2.

дыдущих суток (рис. 2), пока он пересечет линию среднесуточного расхода и соответствующий этой точке момент времени следует принимать за начало отсчета. При этом исходим из того, что график расходов практически повторяется в каждые сутки (в течение определенного промежутка времени).

Для учета влияния начального неустановившегося движения и получения правильной картины установившегося волнового колебания воды в канале нужно продолжать расчет и для первой половины следующих суток. В таком случае предположение о начальном равномерном движении не будет влиять на полученный результат.

В качестве примера на рис. 3 и 4 приводим результаты расчета для одной ГЭС, ведущей суточное регулирование. На рис. 3 сплошная линия выражает график расходов, пересчитанный из графика нагрузки, пунктирная линия — ее схематизация, а линия пунктир с точкой дает полученный расчетом деформированный график в конце деривации, при пусках из головного водохранилища по схематизированному графику. Учитывая степень деформации волны (рис. 3), задаем график пусков, который выражен пунктирной линией на рис. 4.

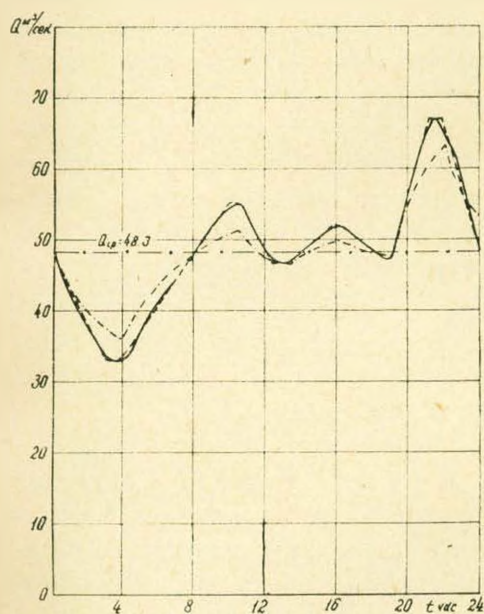


Рис. 3.

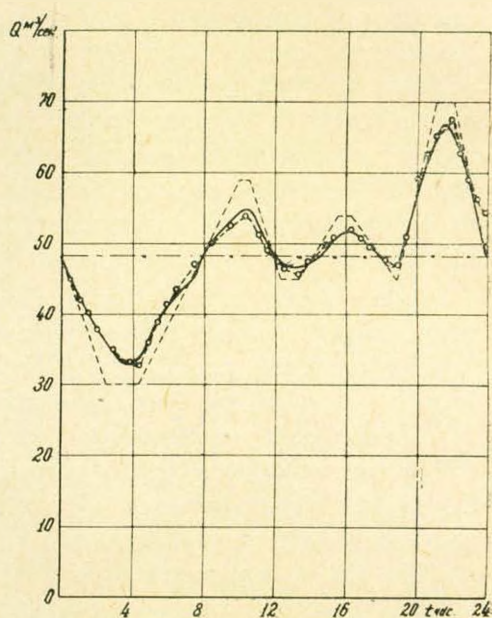


Рис. 4.

Полученный расчетом деформированный график расходов в конце деривации (пунктир с кружочками) хорошо ложится на действительный график расходов станции (сплошная линия), почему пуски из головного водохранилища и можно произвести по принятому графику, обеспечив этим требуемое суточное регулирование без участия БСР.

Следует отметить, что суточное регулирование головным водохранилищем можно осуществить также на станциях, для которых оно не предусмотрено, как, например, в период ремонта или чистки БСР, или же во всех тех случаях, когда по тем или другим причинам нам приходится останавливать работу БСР, а в деривации имеется свободная пропускная способность. В таких случаях для уменьшения холостых сбросов и возможной полноты регулирования пуски из головного водохранилища необходимо делать с учетом времени добегания и деформации волны методом подбора, как было изложено выше.

Так как объем канала может быть использован для перерегулирования расходов, то рассмотрим вопрос регулирующих способностей деривационного канала. Проф. А. А. Морозов пишет: „Так как запас

воды в призме канала обычно весьма ограничен, то он может оказаться достаточным для покрытия только сравнительно небольших увеличений расхода воды; в этом случае мы можем получить существенное ограничение возможностей суточного регулирования" ([3], стр. 64).

Для количественного анализа регулирующих возможностей канала необходимо знать, какая часть объема канала участвует в регулировании. Может показаться, что чем длиннее деривационный канал, тем больше его объем и, следовательно, регулирующие возможности. Но объемы канала выше места практического выклинивания кривой подпора (спада), до которого распространяется волна [1], фактически не участвуют в регулировании. Чем дальше расположен участок канала от створа изменения расхода, тем меньше его роль в обеспечении необходимого объема. Отсюда ясно, что большая длина канала на его регулирующую способность влияет слабо, а после места выклинивания кривой подпора (спада) практически вовсе не влияет.

Объем той части канала, которая участвует в регулировании расходов, зависит от геометрических размеров канала (длина, поперечные размеры, уклон дна) и от условий, в которых работает канал (граничные условия, гидравлический режим, расход).

Забор воды из напорного бассейна диктуется не пропускной способностью напорного трубопровода, а работой турбины. Требуемый ею расход обеспечивается до тех пор, пока еще канал имеет возможность снабжать дополнительный расход за счет сработки своего объема. Но эти возможности ограничены, так как волна не распространяется до истока канала и в канал все время поступает постоянный расход Q_0 . Поэтому в канале, после некоторой сработки объема воды в нем, должен установиться новый установившийся режим с расходом Q_0 . Соответствующая ему кривая свободной поверхности воды в деривационных каналах ГЭС будет иметь вид кривой спада с предельной глубиной на месте перехода в напорный бассейн или же выхода в напорный трубопровод.

Из вышеизложенного следует, что переход от требуемого работой станции расхода к начальному Q_0 происходит довольно быстро, и даже без большой погрешности можно считать, что он происходит мгновенно. Величина объема канала ΔW_0 , участвующего в регулировании, равняется объему воды, заключенному между начальным и конечным положениями свободной поверхности воды в канале.

Имея величину ΔW_0 , график расходов станции и принимая мгновенный переход от большого расхода к Q_0 после полной сработки объема ΔW_0 , легко определить то время, в течение которого регулирование мощности ГЭС за счет сработки объемов деривационного канала еще возможно. Это время равняется промежутку, в течение которого превышающий бытовой сток объем воды равняется регулируемому объему канала ΔW_0 и определяется из равенства:

$$\Delta W_0 = \int_0^{t_1} (Q - Q_0) dt. \quad (10)$$

Время t_1 зависит от очертания графика расходов ГЭС $Q = Q(t)$. В частности, для мгновенного увеличения расхода на ΔQ_0 и дальнейшего постоянства $t_1 = \frac{[\Delta W_0]}{\Delta Q_0}$, а при линейном изменении расхода ГЭС

по времени $Q = kt$, оно будет $t_1 = \sqrt{\frac{2\Delta W_0}{k}}$. Можно также по (10)

найти требуемый регулирующий объем ΔW для промежутка времени t , когда $Q > Q_0$, и сравнением с имеющимся ΔW_0 ответить на вопрос — достаточен ли объем канала для суточного регулирования станции или нет.

Приближенно можно оценить также регулирующие возможности объема саморегулирующегося деривационного канала, если последний имеет значительную длину. Для этого надо поступить следующим образом. Продолжая мысленно деривационный канал выше водоприема, строим кривую свободной поверхности (кривую спада) с первоначальным расходом Q_0 и предельной глубиной в конце канала, находим регулирующий объем канала ΔW_0 , равный объему, заключенному между двумя кривыми свободной поверхности и начальным и конечным створами канала. Теперь уже по (10) можно найти то время t_1 , в течение которого сработкой данного объема можно обеспечить завышенные расходы. Сравнением полученного времени с временем двойного хода волны можно ответить на вопрос — достаточен ли объем канала при данной его длине для обеспечения бесперебойного суточного регулирования.

В обратном случае можно найти тот промежуток времени, в течение которого можно израсходовать воду канала.

Для примера автором был рассчитан регулирующий объем деривационного канала одной из ведущих суточное регулирование ГЭС Армянской энергосистемы. При объеме воды в канале больше 35 000 м³ (среднесуточный расход $Q_{\text{ср. с.}} \approx 50 \text{ м}^3/\text{сек}$) регулирующий объем получился равным $\Delta W_0 \approx 3100 \text{ м}^3$, т. е. меньше одного процента объема воды в канале, а длина канала, практически участвующая в регулировании, составляла всего 2,5 км, при общей длине деривационного канала почти в 20 км. Этот пример показывает, что нельзя надеяться на регулирующие возможности несаморегулирующегося деривационного канала при значительно неравномерном графике потребления.

Բ. 2. ԵՂԱԶԱՐՅԱՆ

ՀԻՊՐՈԿԱՅԱՆԻ ՈՐԱԿԱՆ ԿԱՆՈՆԱՎՈՐՈՒՄԸ ՎԵՐԻՆ ՋՐԱՄԲԱՐՈՎ ԵՎ ՈՉ
ՃՆՇՄԱՆ ԴԵՐԻՎԱՅԻՈՆ ՋՐԱՆՑՔԻ ԿԱՆՈՆԱՎՈՐՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոգվածում գիտվում է վերին ջրամբարի միջոցով հիդրոէլեկտրակայանների օրական կանոնավորման հնարավոր դեպքերը, նրանց առավելությունները և թերությունները, կանոնավորման սահմանափակումները, որոնցից առանձնապես աչքի է ընկնում ջրի ելքերի հիդրոպրաֆի ղեկավարման ըստ ճանապարհի երկարություն: Այլ ղեկավարման, որը հետևանք է ջրանցքում շփման և իներցիոն ուժերի ազդեցության, կարող է բերել նրան, որ հիդրոկայանի անհրաժեշտ ջրի քանակությունը հարկավոր ժամանակում չի ապահովվի, ուստի անհրաժեշտ է այն հաշվի առնել կանոնավորման հաշվարկներին ժամանակ:

Օրական կանոնավորում կատարելու նպատակով վերին ջրամբարի օգտագործման դեպքում վերանում է հատուկ օրական կանոնավորման ալգալանի կառուցման անհրաժեշտությունը և ի հաշիվ ջրանցքի մեծացած թողունակության հնարավորություն է ստեղծում գարնան հորդացումների ժամանակ լրացուցիչ էներգիա ստանալ, որի քանակը որոշված է ըստ (1) բանաձևի: Սակայն ջրանցքի թողունակության մեծացումը մյուս կողմից բերում է նրա չափերի մեծացման և թանկացման:

Օրական կանոնավորման տարբեր սխեմաների համեմատության և ամենից էկոնոմիկ սխեմայի բնորոշված նպատակով դուրս են բերված հաշվային բանաձևեր, որտեղ հաշվի է առնված ալեքի ղեկավարման ազդեցությունը և լրացուցիչ էներգիայի ստացման հնարավորությունը վերին ջրամբարի՝ օրական կանոնավորման նպատակով օգտագործման դեպքում: Տնտեսական համեմատությունը կատարված է ըստ օրական կանոնավորման տարբեր սխեմաների շահագործման ծախսերի: Ստացված (8) և (9) բանաձևերը հնարավորություն են տալիս որոշել ջրանցքի այն երկարությունը, որի դեպքում կանոնավորումը վերին ջրամբարի միջոցով կլինի տնտեսապես ձեռնառու:

Հոգվածում գիտարկված է նաև ղերիվացիոն ջրանցքի կանոնավորման հնարավորությունների հարցը և ապացուցված է, որ ջրանցքը իր լրիվ ծավալի շատ փոքր մասով միայն կարող է մասնակցել կանոնավորմանը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Егиазарян Б. О. Суточное регулирование деривационных ГЭС с учетом деформации волнового расхода воды. Автореферат, Ереван, 1953.
2. Егиазарян Б. О. Приближенный способ нахождения расхода воды в любом створе водотока при прохождении прямой волны. «Известия АН Армянской ССР», ОФМЕТ наук, № 3, 1955.
3. Морозов А. А. Использование водной энергии М., 1948.
4. Егиазаров И. Р. Гидравлические силовые установки, ч. III. М., 1937.
5. Егиазарян Б. О. О двухбассейновом суточном регулировании на деривационных ГЭС. Сборник научных трудов ЕрПИ, № 14, вып. 2, 1956.

ГИДРОТЕХНИКА

А. А. АСЛАМАЗЯН

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ ГИДРОТУРБИН
ПРИ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ

Вопросы, связанные с энергетическими испытаниями гидротурбин, работающих в установившихся (статически) режимах, получения их характеристик, а также методика пересчета этих характеристик, хорошо разработаны и широко применяются в области гидромашиностроения. Однако указанные вопросы в случае работы турбины в неуставившихся (динамических) режимах мало изучены и нет единой методики получения ее динамических характеристик.

При исследовании ряда вопросов, относящихся к устойчивости гидроэнергосистем, допускают [1—3], что статические характеристики гидротурбины могут быть применены во всех случаях исследования неуставившихся режимов. Такое допущение хотя и позволяет вести исследования по динамическим режимам, однако полученные результаты нуждаются в строгой экспериментальной проверке, ибо указанное допущение принимается без должного анализа и оценки влияния всех действующих факторов на явление.

Многообразность сложных явлений, имеющих место в динамических режимах работы турбины, а также при изучении вопросов, связанных с устойчивостью гидроэнергосистем, не имеет соответствующего математического выражения, и без опытов нельзя оценить влияние всех действующих факторов.

В свете изложенного возникает необходимость в установлении методики экспериментального исследования динамических режимов и получения динамических характеристик гидротурбин. С этой целью в лаборатории моделирования энергосистем Института энергетики и гидравлики Академии наук Армянской ССР проведены экспериментальные исследования гидротурбины при ее работе в неуставившихся режимах.

Опыты проводились с рабочим колесом К-245 при $\varphi = +5^\circ$, $D = 0,3$ м для трех различных схем его установки.

Схема I. Установка рабочего колеса в открытой камере (рис. 1) с направляющим аппаратом поворотного лопаточного типа, с числом лопаток $z = 12$ высотой $b = 0,11$ м. Испытания проводились без отсасывающей трубы с постоянным напором $H = 1,1$ м. Эта схема дала возможность получить статические и динамические характеристики рабочего колеса в чистом виде без наличия колебания давления в какой-либо части турбины.

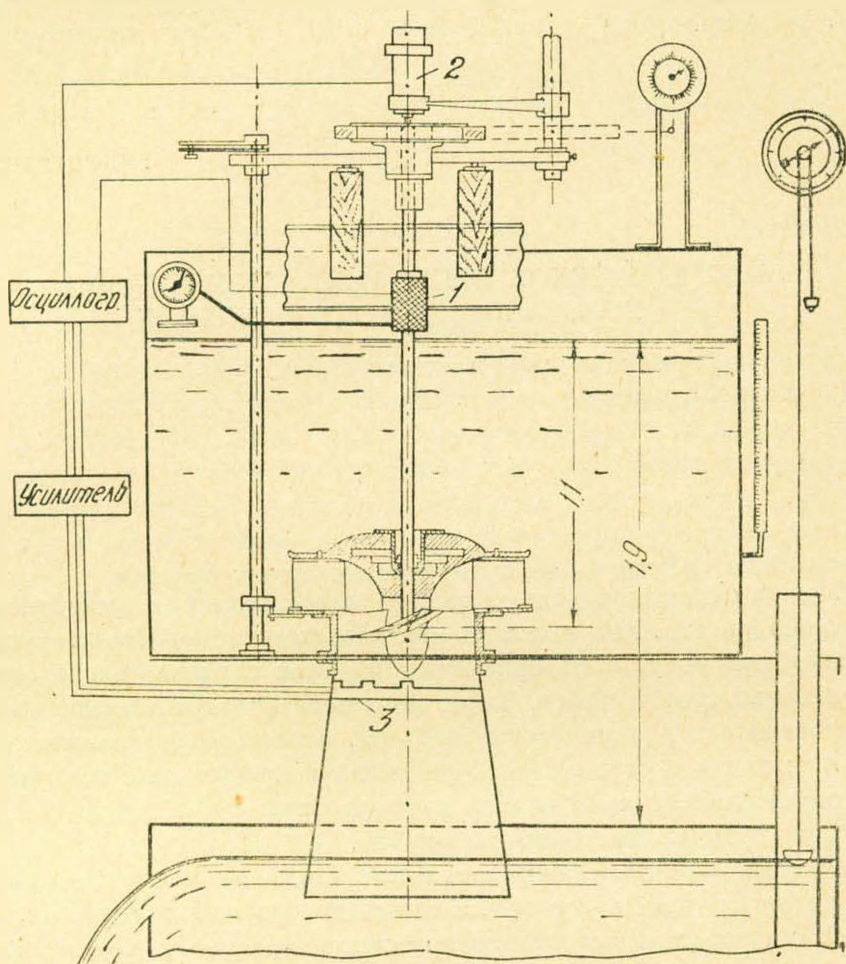


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Схема II. Испытание рабочего колеса на том же стенде, что и при схеме I, но с прямоосной отсасывающей трубой длиной $l = 1,35$ м выходным диаметром $D = 0,58$ м. Максимальный напор $H = 1,9$ м.

Во второй схеме исследовано влияние на характеристики только, отсасывающей трубы.

Схема III. Рабочее колесо испытывалось на динамической модели с горизонтальным валом, металлической спиральной камерой, поворотно-лопаточным направляющим аппаратом с $z = 12$. Подводящий трубопровод модели имел длину $L = 69$ м, диаметр $D_0 = 0,64$ м и толщину стенок $\delta = 4$ мм. Отсасывающая труба длиной $l = 3$ м, выходным диаметром $D = 0,7$ м. Максимальный напор $H = 5,9$ м. Таким образом, благодаря последовательному испытанию рабочего колеса в трех указанных схемах, имелась возможность исследовать в отдельности влияние отсасывающей трубы, спиральной камеры и трубопровода на характеристики турбины, работающей в условиях динамических и статических режимов.

Методика экспериментирования турбины при статических режимах общеизвестна. Вкратце опишем методику экспериментирования динамических режимов работы турбины, проводимых при разных постоянных открытиях направляющего аппарата. Динамический режим создавался следующим образом: полностью заторможенное рабочее колесо при определенном открытии a_0 , напора H_0 и расхода Q_0 , мгновенно освобождалось и на осциллографе производилась синхронная запись по времени всех основных переменных.

При испытании по схеме I регистрировались число оборотов и угловое ускорение вала турбины; по схеме II — число оборотов, угловое ускорение вала турбины и колебание давлений в трех точках отсасывающей трубы; по схеме III — число оборотов и угловое ускорение вала турбины, движущий момент на валу турбины, расход воды через турбину, колебание давления в трех точках отсасывающей трубы, давление за направляющим аппаратом, т. е. над рабочим колесом.

Измерение всех неэлектрических величин производилось датчиками, которые в основном были изготовлены в лаборатории института.

Регистрация скорости вращения производилась путем записи напряжения датчика двухстрелочного дистанционного тахометра переменного тока ТЭ-45 (1, рис. 1), непосредственно на осциллограф или по дифференциальной схеме, согласно рис. 2—а.

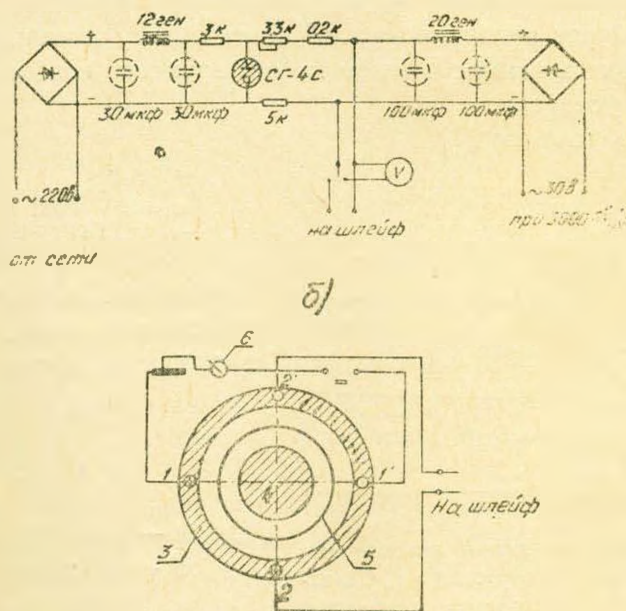


Рис. 2. а) Принципиальная схема тахогенератора;
б) принципиальная схема датчика ускорения.

Регистрация углового ускорения. В первые два этапа работы не было возможности измерять непосредственно вращающий момент на валу из-за отсутствия динамометра и взамен момента на осцил-

лографе регистрировалось угловое ускорение вала турбины, что позволило определить вращающий момент по времени

$$M_{\theta} = f(t_{\theta}).$$

Для этой цели был использован датчик типа ДИС-3 (2) рис. 1 изготовленный ИНИ МЭП. Принцип действия датчика состоит в следующем: в пазах статора (рис. 2—б) обычного асинхронного двигателя расположены две обмотки (1—1) и (2—2), магнитные оси которых взаимно перпендикулярны.

В воздушном зазоре между статором (3) и неподвижным сердечником (4) вращается пустотелый цилиндр (5), изготовленный из немагнитного материала и насаженный на вал датчика.

При возбуждении обмотки (1—1) постоянным током во вращающемся цилиндре возникают токи, направленные по оси обмотки (2—2). Изменение скорости вращения цилиндра (5) вызывает изменение потока, пронизывающего обмотку (2—2). Поскольку вращающий момент турбин пропорционален ускорению вращения цилиндра, т. е.

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M}{J}, \quad (1)$$

где ω — угловая скорость вращения,

J — момент инерции вращающихся масс,

то электродвижущая сила, наводимая в обмотке (2—2) датчика, также будет пропорциональна вращающему моменту турбины. Для получения зависимости момента по времени необходима тарировка записи ускорения.

Согласно условию (1)

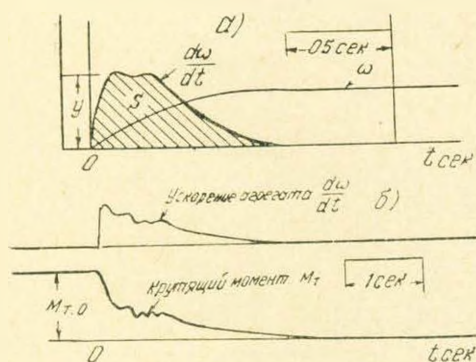


Рис. 3. а) Осциллограмма записи ускорения и угловой скорости. б) Осциллограммы записи ускорения и момента.

$$\omega = \int_0^t \frac{d\omega}{dt} dt. \quad (2)$$

На рис. 3—а дана осциллографическая запись ускорения и скорости, по схеме 1, откуда

$$\omega = \int_0^t m y dt = S,$$

где m — масштаб ординаты y ; S — площадь записи ускорения, показанная штриховкой, опреде-

ляется с помощью планиметра.

Масштаб для ординаты y равен:

$$m = \frac{\omega}{S(1 \text{ см} \cdot t)} \frac{1}{\text{см} \cdot \text{сек}^2},$$

значение ординаты,

$$y_{\text{исм}} = \frac{\omega}{St} J \text{ кг. м.} \quad (3)$$

Пользуясь аналогичными осциллографическими записями для каждого эксперимента, по формуле (3) определялись ординаты y и зависимость $M_d = f(t_d)$.

Регистрация момента вращения производилась струнным динамометром [5], который был использован при исследованиях по схеме III.

Это устройство дает возможность измерять момент на валу при скоростях вращения до 2000 об/м, с точностью, достаточной для практических лабораторных работ.

На валу при помощи хомутов закрепляются два кронштейна, между которыми поперек вала натягивается тонкая стальная струна. При деформации вала, под влиянием крутящего момента, кронштейны получают относительное перемещение, натягивая или ослабляя струну. В зависимости от этого меняется частота собственных колебаний струны. Колебание струны индуцирует в адаптере ток соответствующей частоты, который с помощью вращающегося трансформатора передается на усилитель.

Выход схемы осуществлен через устройство, дающее ток, пропорциональный изменению момента.

На рис. 3—б дана одновременная запись ускорения датчиком ДИС-3 и крутящего момента динамометром, по которой видна совершенно одинаковая форма записи. Обработка этих осциллограмм показала совершенно тождественные результаты.

Регистрация давления производилась тензометрическими датчиками. Для отсасывающей трубы было изготовлено специальное устройство (3), рис. 1, обтекаемой формы с тремя тензометрическими датчиками, которое устанавливается в начале отсасывающей трубы по радиусу поперечного его сечения у стенки, в середине радиуса и в центре. В корпусе тензометрических датчиков на продольной упругой металлической пластинке с двух сторон закреплены проволочные тензометры сопротивления. Пластика одним концом упирается о мембрану, которая воспринимает на себя изменения давления воды. Эти колебания мембраны вызывают изменения прогиба пластинки, т. е. электрического сопротивления проволочных датчиков. Электрическая мостовая схема, два плеча которой являются указанными датчиками, а два плеча находятся в усилителе, выходит из равновесного состояния, и появившийся в диагонали ток, пропорциональный изменению давления, подается на осциллограф. Другой конец упругой металлической пластинки упирается в регулировочный винт, который служит для регулирования предварительного изгиба пластинки, т. е. выбора оптимального участка характеристики.

Для обработки записи давлений строились эпюры давлений для

трех точек измерения. Суммарная эпюра осреднялась по длине радиуса и с ее помощью строились кривые изменения напора в зависимости от времени.

Кроме этого, для замера давления в трубопроводе в сечении у входа в спиральную камеру и в камере рабочего колеса установлены подобные датчики несколько больших размеров, с диаметром мембраны, равным 25 мм.

На рис. 4—а дана осциллографическая запись колебаний давления в отсасывающей трубе при работе по II схеме. Запись по времени разбита на I, II III зоны, соответствующие начальному статическому

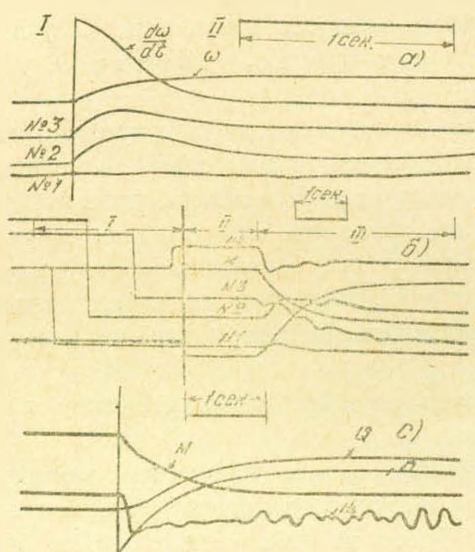


Рис. 4. а) Осциллографическая запись колебания давления в отсасывающей трубе по схеме II. б) Осциллографическая запись колебания давления над рабочим колесом, в отсасывающей трубе по схеме III. в) Осциллографическая запись изменений M , Q , n и H .

a_0 , Q_0 , H_0 , затем динамическому и новому установившемуся режимам. Запись № 1 показание датчика, установленного у стенки отсасывающей трубы. № 3—в центре трубы и № 2—в середине радиуса трубы.

Как видно, первые доли секунды динамического режима, мгновенно увеличенный расход заполняет вакуумное пространство над рабочим колесом. В результате этого на величину снятого давления соответственно уменьшается напор. В дальнейшем вакуум постепенно восстанавливается. На осциллограмме дана также запись ускорения и скорости вала турбины.

На рис. 4—б дана осциллографическая запись колебаний давлений в трех точках отсасывающей трубы № 1, 2 и 3

и над рабочим колесом № 4, по схеме III.

Как видно, при мгновенном сбросе нагрузки резко падает давление у входа в турбинную камеру и в отсасывающей трубе, что вызывает колебание напора до конца динамического режима в области рабочего колеса, и напор не восстанавливается до своего первоначального значения.

Измерение расхода при динамических режимах по схемам I и II не было произведено, за неимением соответствующей аппаратуры. При статических режимах расход измерялся с помощью прямоугольного, тонкостенного водослива, установленного в нижнем отводящем резервуаре модельной установки. Замер толщины слоя воды над водо-

сливом производился тастером и поплавком. В наших подсчетах допускалось, что для условий $H = \text{const}$, $a_0 = \text{const}$ расход зависит только от скорости вращения турбины, т. е. при одинаковых значениях чисел оборотов динамического и статического режимов значения расходов одинаковые — $Q_d = Q_c$, иными словами, форма и наклон кривой $Q = f(n)$ для обоих режимов работы турбины остаются неизменными.

При исследовании по схеме III имелась возможность измерять расход при динамических режимах с помощью устройства, сконструированного в лаборатории института [6] по принципу переменного перепада на суживающемся участке. Это устройство имеет достаточную для лабораторных работ чувствительность и слабо реагирует на волновые явления, происходящие в трубопроводе.

Первичным прибором расходомера служит мембранный дифференциальный манометр с проволочными тензодатчиками. При изменении расхода воды в трубопроводе меняется перепад давления в дифманометре, который преобразуется в электрический ток и регистрируется на осциллографе. На рис. 4 — представлена осциллографическая запись показаний расходомера, динамометра, чисел оборотов по записи напряжения датчика скоростей и давления над рабочим колесом. Результаты обработки осциллограммы подтвердили правильность нашего допущения, так как данные, полученные расходомером при динамических режимах, достаточно хорошо ложатся на статические кривые $Q_c = f(n_c)$. Перед опытом измерительные приборы были протарированы, и была установлена зависимость между ординатой записи и абсолютным значением записываемых величин.

Обработка данных и анализ погрешностей по всем измерениям показывают, что ошибка не превышает 5%.

В результате обработки опытных данных и расчета с учетом влияния инерционного момента и изменения динамического напора [7] с достаточной полнотой выявлены надежность и допустимая точность использованной аппаратуры. Полученные динамические характеристики и их сопоставление со статическими частично опубликованы в работе автора [7].

Институт энергетики и гидравлики
АН Армянской ССР

Поступило 15.III 1959

Հ. Ա. ԱՌԱՄԵՋԱՆ

ՀԻԴՐՈՏՈՒՐԻՆՆԵՐԻ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄՆԵՐԸ
ԶՀԱՍՏԱՏՎԱԾ ՌԵԺԻՄՆԵՐՈՒՄ

Ա Վ Փ Ո Փ Ն Շ Մ

Հոգիածում նշում է, որ չնայած հաստատված սեփականում աշխատող հիդրոտուրբինների էներգետիկ փորձարկումների և նրանց խարակտերիստիկ կորերի ստացման մեթոդը մշակված է մանրամասնորեն և իր լայն կիրառու-

թիւնն է գտել տուրբինաշինարարութիւն մեջ, սակայն չհաստատված ուժերով-ներում աշխատող տուրբինների վերաբերյալ այդ հարցը մնում է դեռ չմշակված:

Ներկա հոգվածում առաջարկվում է տուրբինների չհաստատված ուժերով-ներում էներգետիկ փորձարկումների մեթոդ, որը մշակվել և կիրառվել է լա-թրատոր պալմաններում:

Հոգվածում բերված են էքսպերիմենտալ սարքի ու չափող գործիքների նկարագրութիւնը, ինչպես և գրանցված մեծութիւնների մշակումը:

Օգտագործված չափող գործիքները զլխավորապես մշակված և պատ-րաստված են էներգետիկայի և հիդրավլիկայի ինստիտուտի մոդելացման լա-թրատորիայում և նրանց հիմքում գրված էն ոչ իներցիոն լարային տենդո-մետրիկ սովիչներ:

Այդ փորձարկումների ժամանակ չափվել և օսցիլոգրաֆով գրանցվել են ջրի ելքի, ճնշման, արագութիւն, արագացման և պտտող մոմենտի փոփոխու-թիւնները ըստ ժամանակի, որոնց միջոցով կառուցվել են չհաստատված ու-ժերներում աշխատող տուրբինային իարակտերիստիկ կորերը:

ЛИТЕРАТУРА

1. Tenot A. Turbines hydrauliques et regulateurs automatiques de vitesse. 1935, т. IV.
2. Егуазаров И. В. Моделирование явлений неустановившегося волнового движения безнапорного и напорного потока. „Известия ОН АН СССР“, № 10, 1953.
3. Овсепян К. Х. Динамическая модель Водно-энергетического института АН АрмССР и ее задачи. Научные доклады Высшей школы „Энергетика“. № 1, 1958
4. Картвелишвили И. А. Неустановившиеся режимы в силовых узлах гидроэлектростанций. ГЭИ, 1953.
5. Хачиян М. Г. Струнный динамометр для измерения крутящего момента. „Известия АН Армянской ССР“, (серия техн. наук), № 5, 1958.
6. Овсепян К. Х., Хачиян М. Г. Расходомер для регистрации расхода при нестационарных режимах. „Известия АН Армянской ССР“, № 3, 1950.
7. Асламазян А. А. Научные доклады Высшей школы „Энергетика“, № 2, 1958.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Ш. А. ГЮЛЬХАСЯН

К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СЕЛЬСКОГО ЖИЛОГО ДОМА ДЛЯ НИЗМЕННЫХ РАЙОНОВ АРМЕНИИ

Низменная часть территории Армении, охватывающая в основном районы Арагатской долины, по своим природно-климатическим условиям существенно отличается от других районов. В статье автора рассматриваются вопросы проектирования жилого дома колхозника, имеющие свои специфические особенности, конкретно для низменных районов республики.

Типы домов. Практика показывает, что многоквартирный дом в настоящее время больше отвечает хозяйственно-бытовым условиям колхозника. При многоквартирных домах имеются почти неограниченные возможности целесообразного, свободного размещения жилого дома и других хозяйственно вспомогательных построек на приусадебном участке, организации удобной связи между жилым домом и этими постройками и т. д.

Известно, что по сравнению с многоквартирным, двухквартирный дом более экономичен. Установлено, например, что стоимость квартиры в двухквартирном доме обходится на 8—10% дешевле, чем стоимость квартиры такой же площади в многоквартирном доме. Сокращение поверхности наружных стен в двухквартирном доме приводит также к снижению эксплуатационных расходов (расходов на отопление дома) примерно на 15—20%, кроме этого, при двухквартирной застройке значительно снижаются также расходы на общее благоустройство села.

Однако следует отметить, что в колхозных селах республики двухквартирные (спаренные) дома строятся редко, что в основном объясняется характером ведения индивидуального хозяйства колхозника. Другой причиной ограниченного их применения является существующий в настоящее время индивидуальный способ строительства, затрудняющий кооперирование между отдельными застройщиками. С усовершенствованием методов строительства, т. е. с переходом на строительство домов силами колхозных или межколхозных строительных организаций, как это уже широко практикуется во многих передовых колхозах страны, двухквартирный дом, несомненно, найдет большее применение.

В зависимости от количества комнат, дома могут быть одно- или двухэтажными. Причем многокомнатные дома целесообразно проекти-

ровать двухэтажными. По отношению к одноэтажным, при равной жилплощади, двухэтажные дома более экономичны по стоимости квадратного метра жилплощади и по затратам на благоустройство улиц, так как в этом случае появляется возможность сужения ширины приусадебных участков, тем самым и протяженности улиц.

В состав жилого дома колхозника должны входить: жилые комнаты (общая жилая комната и спальни), кухня, передняя, кладовая, терраса, а в канализованных домах также ванная комната и уборная или совмещенный санузел.

Общая комната. По своим размерам, пропорциям, расположению в плане дома комната дневного пребывания должна соответствовать свойственным ей разнообразным функциям: приема гостей, досуга семьи, места для принятия пищи и т. д. Оптимальной площадью общих жилых комнат следует считать 18—22 м². Такая площадь удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к этой комнате. Общая жилая комната должна иметь удобную связь с террасой и с кухней. С целью экономичного решения планировки она может быть проходной в спальни.

Спальные комнаты. Площадь спальных определяется числом людей, на которое они рассчитаны. Поэтому они обычно подразделяются на спальни для родителей (с ребенком) и на спальни (на 2 человека) для других членов семьи. Оптимальной площадью спальни для родителей, с учетом размещения необходимой мебели в домах колхозников, следует считать 14—16 м², а для других спален 12—14 м². Спальные комнаты не должны быть проходными.

В связи с изложенным общая жилая площадь должна составлять:

в однокомнатном доме	18—22 м ²
в двухкомнатном доме	32—38 м ²
в трехкомнатном доме	44—52 м ² .

Кухня. Площадь кухни в домах колхозников должна быть не менее 6—8 м². Кухня должна иметь удобную связь с общей жилой комнатой, с кладовой, террасой, а также со двором. Влияние местных условий на формирование отдельных элементов жилого дома проявляется и при решении кухни. Опыт самостоятельного строительства сельских жилых домов в Армении показывает, что отдельные кухни имеются не во многих домах. Это объясняется в основном тем, что в подавляющую часть времени года (около 8—9 месяцев) обед готовится вне помещений жилого дома, во дворе, на летней кухне или на террасе. При таких условиях отдельные кухни или кухни-столовые в домах, где они имеются, не всегда используются по своему прямому назначению. Это доказывается и практикой эксплуатации сельских жилых домов, построенных государством в послевоенные годы в селах Арташатского, Эчмиадзинского, Вединского, Талинского районов. Исходя из этого, с целью экономичного ре-

шения жилого дома, следует считать допустимым совмещение кухни с передней или с общей жилой комнатой.

Совмещение кухни с передней является распространенным в практике сомодеятельного строительства сельских жилых домов в Союзе. Оно является более подходящим в условиях низменных районов, где продолжительность периода эксплуатации кухни в отапливаемой части дома значительно короче. Основным преимуществом такого решения является высокая его экономичность, так как в этом случае, площадь подсобных помещений, приходящаяся на единицу жилой площади, значительно сокращается.

Совмещение кухни с общей жилой комнатой очень распространено в зарубежной практике строительства сельских жилых домов — в Германии, Франции, Бельгии, Чехословакии, Болгарии, Румынии и в других странах. Для удобства эксплуатации такая кухня в большинстве случаев устраивается в отдельной нише в одной части комнаты. По окончании кухонных работ, нишу можно занавесить и изолировать от жилой части комнаты.

Особого внимания заслуживают приемы организации кухонных работ, применяемых в практике проектирования сельских жилых домов Народной Республики Болгарии [1] и в Румынской Народной Республике [2], природно-климатические условия которых имеют много общего с аналогичными условиями в Армении. В проектах сельских жилых домов Болгарии, разработанных для применения в равнинной местности, приготовление пищи в зимнее время предусматривается в общей жилой комнате, на печке, при помощи которой отапливается помещение, как это делается в домах сомодеятельного строительства колхозников Армении. При этом все другие кухонные работы, связанные с приготовлением пищи, выполняются не в жилой комнате, а в отдельном помещении (моечная), имеющем удобную связь с местом расположения кухонного очага (рис. 1—а и б). Эти помещения небольшие по площади (3—4 м²), имеют самостоятельный выход наружу и, как правило, располагаются с дворовой стороны дома.

Наличие отдельного хозяйственного помещения в доме значительно улучшает санитарное состояние общей жилой комнаты. Таков же принцип организации кухонных работ в румынском сельском доме (рис. 1—в).

Таким образом, исходя из конкретных местных условий, с целью экономичного решения планировки, кроме проектов с отдельными кухнями, целесообразно разработать проекты домов с кухнями, совмещенными с передней и с общей жилой комнатой.

Передняя. В условиях продолжительной и суровой зимы функция передней в сельском доме обычно становится более разнообразной, так как в холодное время года почти все хозяйственно-бытовые работы семьи протекают в помещениях отапливаемой части дома, в том числе и в передней. Поэтому передние в таких домах имеют сравнительно большую площадь. В условиях же низменных районов Арме-

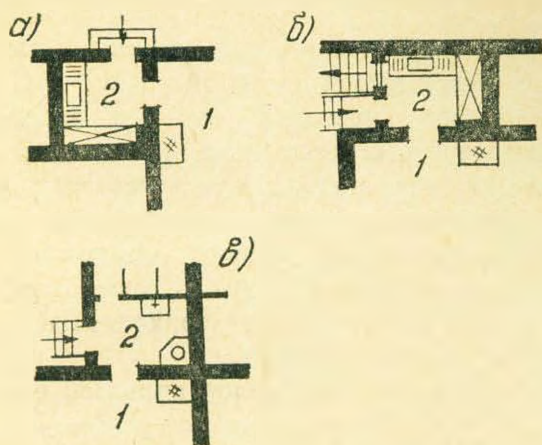


Рис. 1. Схемы решения кухонного узла в проектах сельских жилых домов. а и б — по проектам Народной Республики Болгарии, в — по проекту Румынской Народной Республики, 1 — общая жилая комната, 2 — хозяйственное помещение.

нии нет необходимости в больших передних, так как многие хозяйственные работы, даже в зимнее время, выполняются не внутри дома, а на застекленной веранде, террасе и некоторые из них даже во дворе. Поэтому функция хозяйственного помещения передней, как это имеет место в большинстве домов в северных районах, естественно отпадает.

Основными функциями передней являются предохранение комнат от наружного холода и организация связи с отдельными помещениями дома. Она служит также для хранения верхней одежды и обуви, для чего желательно, чтобы часть передней была непроходная. Передние должны иметь непосредственную связь с общей жилой комнатой, кухней, а в канализованных домах также с санитарным узлом.

Кладовая. В практике проектирования и строительства сельских жилых домов имеются два решения кладовой: в одном случае кладовая располагается в подвале дома, в другом — в расположенных близ дома или примыкающих к нему пристройках.

Первое решение, когда кладовая устраивается в подвале, обладает рядом преимуществ по отношению со вторым. Устройство кладовых в подвальных помещениях дома является наиболее удобным для хранения продуктов в жарких условиях низменных районов Армении, так как температура в подвальных помещениях в летнее знойное время бывает довольно постоянной и значительно ниже, чем температура воздуха, например, в жилых помещениях. Устройство кладовой в подвале дома оправдывается и в экономическом отношении. Подсчеты показывают, что в этом случае стоимость ее обходится примерно на 50% дешевле к стоимости такой же площади кладовой, устроенной в отдельном помещении. Устройство кладовой в подвале дома способствует также компактности за-

стройки приусадебного участка и в то же время является очень удобным в эксплуатации.

Функции кладовой в домах колхозников не ограничиваются одним только хранением продуктов, там хранятся также самые различные предметы бытового обихода крестьянской семьи. Поэтому кладовые, во первых, должны иметь площадь больше чем она необходима для хранения одних только продуктов, во вторых, они должны иметь удобную связь с хозяйственным двором, где в длительное время года концентрируются почти все хозяйственно-бытовые работы семьи колхозника, в том числе и кухонные работы. Практика строительства показывает, что наиболее удовлетворительной площадью кладовых в зависимости от количества жилых комнат в доме, является 15—20 м². Наилучшим способом осуществления удобной связи кладовой со двором является устройство непосредственного входа в кладовую с дворовой стороны дома, что теснейшим образом связано с характером хозяйства и бытом колхозников и широко применяется в практике современного индивидуального строительства в колхозных селах республики [3].

Устройство единственного входа в подвал через люк из кухни крайне ухудшает условия эксплуатации кладовой. Такое решение, во-первых, ухудшает связь кладовой со двором; во-вторых, не позволяет вносить в кладовую предметы больших размеров и объемов. В домах самодельного строительства кладовые не только снабжаются самостоятельным входом со двора, но по тем же причинам эти входы делаются намного шире обычных дверей (1,3—1,6 м). Неудобна также сама система спуска в подвал через люк, особенно для престарелых людей. Таким образом устройство единственного входа в кладовую из кухни через люк, как это предусматривается во всех типовых проектах сельских жилых домов, разработанных проектными организациями республики, неприемлемо и при проектировании следует от него отказаться.

Высота кладовой должна быть 2—2,2 м, что вполне отвечает условиям хранения различных продуктов, в том числе для хранения фруктов, которые обычно подвешиваются к потолку кладовой.

Терраса. В условиях жаркого климата низменных районов террасы имеют весьма важное значение в быту колхозника. Около 7—8 месяцев террасы являются здесь дополнительной жилой площадью, а в знойный период лета почти вся хозяйственно-бытовая деятельность семьи протекает на террасе: там отдыхают, обедают и спят.

Для создания одинаковых бытовых условий целесообразно при определении площади террас в домах с различным количеством комнат установить определенное соответствие между площадью террас и общей жилплощадью. Практика показывает, что наиболее оптимальными являются террасы, при которых отношение их площади к общей

жилплощади в одно-, двух- и трехкомнатных домах соответственно составляет 0,6; 0,5 и 0,4.

При определении ширины террас следует исходить из характера хозяйственно-бытовых процессов, выполняемых в ней в самый интенсивный период ее эксплуатации, т. е. в летнее время. Поэтому ширина ее в первую очередь должна обеспечить размещение обеденного стола со стульями и кроватей, а также необходимых проходов. Учитывая это, минимальной шириной террас следует принимать 2,4 м.

Имеются три возможных варианта расположения террас по отношению к окружающей местности: с дворовой стороны дома, со стороны соседнего участка и со стороны улицы. Из всех вариантов наиболее целесообразным следует считать первый, когда терраса располагается с дворовой стороны дома. Этот вариант наиболее распространен в архитектуре народного жилья. При таком расположении обеспечиваются наилучшие условия для отдыха семьи на террасе и связь с придомовым хозяйством, расположенным с дворовой стороны участка. При отсутствии возможности такого расположения может быть рекомендован второй вариант — когда терраса располагается со стороны соседнего участка. В этом случае для того, чтобы защитить террасу от уличной пыли и шума, необходимо участок перед террасой со стороны улицы тщательно озеленить. Расположение террасы со стороны улицы, по тем же причинам следует считать более неблагоприятным.

В отличие от других многоквартирных домов — пригородных, поселковых, а также домов совхозов, жилые дома колхозников обладают развитым придомовым хозяйством (сад, огород, летняя кухня, помещения для животных, различные хозяйственные постройки и т. д.). Поэтому расположение входа в дом должно обеспечить функционально оправданную, удобную связь дома с придомовым хозяйством. Другой важной задачей при организации входа является защита дома от холода в зимнее время, что в основном зависит от расположения главного входа в плане жилого дома, т. е. входа через переднюю, выполняющую в зимнее время функцию теплового шлюза.

На рис. 2 приводятся широко применяемые в практике проектирования схемы размещения главного входа при различных расположениях террас. В схемах *а* и *б* главный вход располагается с терра-

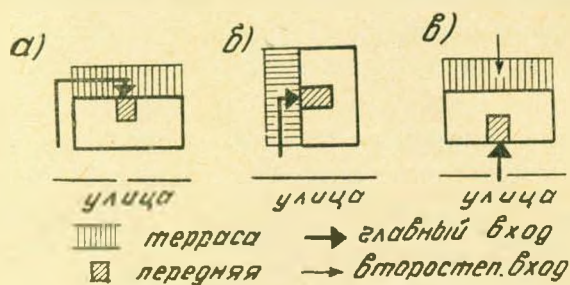


Рис. 2. Схемы размещения главного входа.

сы, а в схеме *в* — с улицы. Наиболее удачными являются схемы *а* и *б*, при которых, помимо удобной связи дома со двором и придомовым хозяйством, лучше решается также предохранение комнат от холода в зимнее время, так как связь с придомовым хозяйством осуществляется через главный вход, т. е. через переднюю. В схеме *в* плохо решается вопрос защиты дома от наружного холода в зимнее время. Объясняется это тем, что связь с придомовым хозяйством осуществляется через так называемый второстепенный вход, расположенный с дворовой стороны дома, с террасы. Отсутствие теплового шлюза при доме вызывает охлаждение комнат, в то время как главный вход с улицы используется очень незначительно и тем самым передняя при нем существенной роли в защите дома от холода в зимнее время не играет.

Санитарное благоустройство. В настоящее время в сельских домах применяются примитивные дворовые выгребные уборные, которые крайне неудобны в пользовании, не гигиеничны и не могут удовлетворять возросшим культурным потребностям колхозников.

В условиях низменных районов при наличии в доме внутреннего водопровода могут применяться смывные уборные городского типа. Для удаления фекальных или фекально-хозяйственных вод следует применять индивидуальную местную канализацию, которая основывается на использовании поглощающих свойств почвы и устраивается непосредственно на приусадебном участке.

Особого внимания заслуживает местная канализация системы так называемого подземного орошения. Последняя состоит из небольшого подземного резервуара (септик-тенк) для очистки (просветления) канализованной воды и металлических, керамиковых или деревянных дырчатых труб, заложенных на глубину 40—50 см под землей, для передачи в почву поступающей из септики сточной воды. Септик устраивается из бетона, кирпича или естественного камня. Для передачи в почву сточной воды вместо труб можно применять также дренажные каналы, устроенные примерно на такую же глубину из обыкновенных каменных плит, или же фильтрующие колодцы, которые устраиваются из камня, кирпича, дерева и т. д.

Системы местной канализации широко применяются в строительстве индивидуальных домов во многих зарубежных странах. Имеются примеры весьма эффективного применения их в отечественной практике поселкового строительства. При бережной эксплуатации без каких-либо прочисток и ремонтов она работает 8—12 лет, обеспечивая индивидуальному жилому дому комфорт, не уступающий комфорту современного городского дома [4, 5]. Устройство местной канализации на приусадебных участках колхозников не связано со значительными трудностями и не требует больших затрат.

В настоящее время во многих колхозных селах уже имеются реальные возможности устройства внутреннего водопровода, тем самым, и местной канализации. Не исключена также возможность, что

постоянный рост общественного богатства колхозов в недалеком будущем позволит развернуть широкую работу по полному благоустройству сел, вплоть до проводки общей канализации. Исходя из этого, наряду с неканализованными домами, целесообразно разработать также проекты канализованных домов с выделением отдельной комнаты для санитарного узла. До проводки канализации (местной или общей) эти комнаты временно могут быть использованы для различных хозяйственно-бытовых нужд.

Շ. Ա. ԳՅՈՒԼԽԱՍՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՐԹԱՎԱՅՐԱՅԻՆ ՇՐՋԱՆՆԵՐԻ ԿՈՆՏՆԵՆԱԿԱՆԻ
ԲՆԱԿԵԼԻ ՏԱՆ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄԸ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. ո. մ.

Անհատական բնակարանային շինարարությունը սկսած ընդհանուր տեսակետից գլուղներում ներկայումս կատարվում է առանց նախագծերի: Գլուղական բնակելի տների տիպային նախագծերը անհատական բնակարանային շինարարության մեջ կիրառություն չեն գտնում, քանի որ նրանք լրիվ չափով չեն արտացոլում կոլտնտեսային գլուղի կոնկրետ պայմանները և կոլտնտեսականի կենցաղի առանձնահատկությունները:

Հոգիվածում բերվում են կոլտնտեսականի բնակելի տան նախագծման վերաբերյալ կոնկրետ առաջարկություններ Հայաստանի հարթավայրային շրջանների համար, որոնք իրենց բնակչության պայմաններով զգալի չափով տարբերվում են սկսած ընդհանուր մյուս շրջաններից:

Կոլտնտեսականի բնակելի տան հիմնական տիպը ըստ բնակարանների քանակի այժմ համարվում է մեկ բնակարանոց տունը: Զույգ բնակարանոց տունը առաջինի համեմատությամբ ունի մի շարք տնտեսական առավելություններ, որի պատճառով ժամանակի ընթացքում այն պետք է գտնա բնակելի տան հիմնական տիպերից մեկը:

Բազմասենյակ տները ցանկալի է նախագծել երկհարկանի, որը տնտեսական ավելի ձեռնտու է համարվում թե ըստ բնակելի մակերեսի քառակուսի մետրի արժեքի և թե ըստ փողոցի քարեկարգման ծախսերի: Ճան ընդհանուր սենյակի նորմալ մակերեսը համարվում է 18—22 քմ.: Ննջարաններից մեկը, որը նախատեսվում է ծնողների և մեկ փոքր երեխայի համար պետք է ունենա 14—16 քմ. մակերես, իսկ բազմասենյակ տներում, մյուս ննջարանները, որոնք նախատեսվում են երկու հոգու համար՝ 12—14 քմ. մակերես: Ճան հատակագծի էկոնոմիկ լուծման և վառելիքի տնտեսման նպատակով թույլատրելի է համարվում խոհանոցի համատեղումը ընդհանուր սենյակի հետ, որտեղ կերակուրը պատրաստվում է սենյակի ջեռուցման համար օգտագործվող վառարանի վրա, ինչպես այդ կիրառվում է մի շարք արտասահմանյան երկրների գյուղական տներում: Հարթավայրային շրջաններում, որտեղ տարվա տաք ժամանակի երկարատևության պատճառով տան մեջ խոհանոցից օգտվելու ժամանակամիջոցը կարճատև է և տևում է ընդամենը 3—4 ամիս, միջոցների

տնտեսման նպատակով թուլատրելի է համարվում խոհանոցի համատեղումը նաև նախասենյակի հետ:

Ելնելով հարթավայրային շրջանների շոգ կլիմայական պայմաններից, անհրաժեշտ է մթերատոցները տեղավորել տան նկուղում: Նրանք պետք է ունենան 15—20 քմ. մակերես և բակի հետ անմիջապես կապված լինեն հարմար մուտքով: Հարթավայրային շրջաններում տան պատշգամբները կարևոր դեր են խաղում կոլտնտեսականի կենցաղում: Նրանք տարվա մեջ մոտ 7—8 ամիս ծառայում են որպես լրացուցիչ բնակելի մակերես: Նախագծման ժամանակ նպատակահարմար է որոշակի կապ ստեղծել պատշգամբի մակերեսի և տան բնակելի մակերեսի միջև: Ցանկալի է, որ պատշգամբի և տան բնակելի մակերեսի հարաբերությունը մեկ, երկու և երեք սենյականոց տներում համապատասխանաբար հավասար լինի 0,4 0,5. և 0,6-ի: Պատշգամբը պետք է ունենա ոչ պակաս 2, 40 մ. լայնություն և ցանկալի է, որ այն տեղավորված լինի տան բակի կողմից: Նախասենյակի միջով կազմակերպվող մուտքի (գլխավոր մուտքի) դասավորությունը պետք է հարմար կապ ստեղծի տան և նրան կից օժանդակ կառուցվածքների ու այգու հետ և բացի դրանից ձմեռվա ընթացքում ապահովի սենյակները դրսի սառն օդի ներխուժումից: Այդ իսկ պատճառով անհրաժեշտ է, որ այն տեղավորված լինի տան պատշգամբի կողմից (նկ. 2 ա, 6):

Կոլտնտեսային գյուղի զարգացման ներկայիս պայմաններում, բացի չլուղազգված տիպի տներից, գյուղերում կառուցելու համար անհրաժեշտ է նախատեսել նաև կոլուղազգված տիպի տներ, սանտեխնիկական հարմարանքների տեղադրման համար առանձին սենյակով, որը մինչև տան կոլուղացումը կարող է օգտագործվել ուրիշ տնտեսական նպատակների համար: Մինչև բնակավայրերի կոլուղացումը, խորհուրդ է տրվում օգտագործել տեղական կոլուղի, որը իր կազմությունը պարզ է, մեծ ծախսերի հետ չի կապված և մատչելի է լուրաքանչյուր ընտանիքի համար:

ЛИТЕРАТУРА

1. Шурков Л. и Иосифов И. Проблемы сельского жилища в Болгарии. Журн. „Архитектура и строительство“, № 2, София, 1953.
2. Попеску-Негряну Е. Проектирование типовых городских и сельских жилых домов в Румынской Народной Республике. „Архитектура СССР“, № 2, 1957.
3. Гюльхасян Ш. А. Жилой дом колхозника низменных районов Армении (из практики самодеятельного строительства). Сборник научных трудов Ереванского политехнического института, Ереван, 1958.
4. Блохин П. Н. Малоэтажный жилой дом, М., 1944.
5. Спышинов П. А. Благоустройство малоэтажных зданий. М., 1948.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

А. М. ГАСПАРЯН, А. А. ЗАМИНЯН

СТЕСНЕННОЕ ПАДЕНИЕ ЧАСТИЦ

Стесненное падение монодисперсных сферических частиц

(Сообщение 2)

В сообщении [1] было показано, что все авторы, исследовавшие стесненное падение, предлагают уравнения, могущие быть приведенными к виду:

$$C = K C_0 m^n. \quad (1)$$

Подразумевается, что оно относится к монодисперсным сферическим (или почти сферическим, сильно округлым) частицам. Там же показано наличие больших расхождений в уравнениях различных авторов, несмотря на структурную идентичность этих уравнений типа (1). Было высказано мнение, что эти расхождения следует объяснить неодинаковостью условий экспериментов и недостаточностью учета различных факторов, могущих повлиять на точность и объективность получаемых опытных величин, то есть неудовлетворительной разработанностью методики эксперимента.

Там же [1] изложены результаты исследований методики взвешенного слоя и те требования, соблюдение которых обеспечивает получение надежных опытных данных.

С целью уточнения величин K и n (и их зависимости от числа Рейнольдса), входящих в уравнение (1) и обуславливающих расхождения в данных различных авторов, нами были проведены соответствующие экспериментальные исследования, результаты которых излагаются ниже.

Примененные твердые частицы и среды для их взвешивания

Одним из важнейших требований является доброкачественность применяемых для эксперимента частиц. Они должны быть: а) однородными по плотности, б) строго сферическими по форме и в) по возможности одинаковыми по величине — монодисперсными. Нами для экспериментов были применены частицы из следующих материалов:

Стеклянные шарики, изготовленные ранее описанным способом [2], выделялись в фракции путем просеивания и гидравлической сепарации. По форме они вполне сферичны, что видно из рисунка 1, на котором изображены шарики диаметром 68,1 микрона.

Парафиновые шарики готовились по способу, изображенному на рисунке 2.

Расплавленный парафин из колбы 2, помещенной в ультратермостате 1, где поддерживается температура 80—90°С, выдавливается воздухом через монжусную трубку 3 в колонку 5, заполненную водой. Воздух, выдавливающий жидкий парафин,

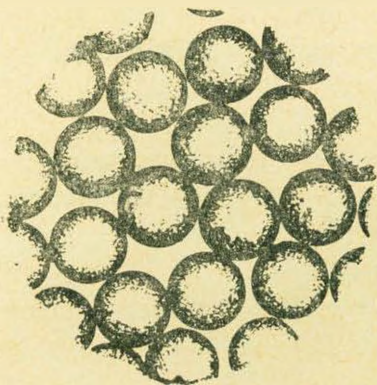


Рис. 1.

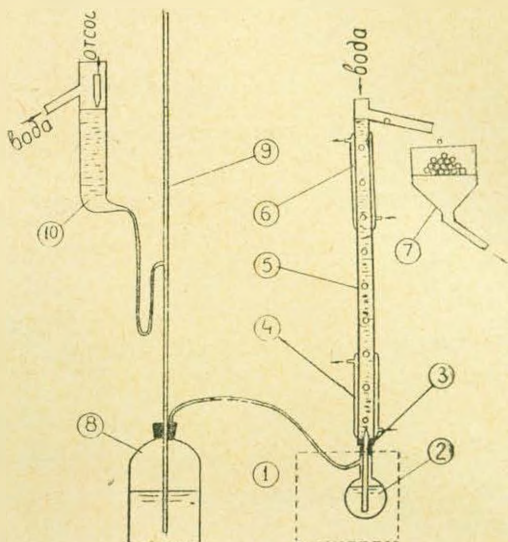


Рис. 2.

находится под постоянным напором воды, осуществляемым установкой, состоящей из сосуда постоянного напора 10, пьезометрической трубки 9 и баллона 8.

Выходящий из наконечника трубки 3 жидкий парафин принимает форму капли, которая, вырастая до определенного размера, отрывается, имея при этом сферическую форму, а на ее месте образуется новая капля. Подогревателем 4 и холодильником 6 создается режим, благоприятный для затвердевания капли по возможности с меньшим деформированием сферической формы. При затвердевании объем парафина сильно уменьшается, поэтому быстрое охлаждение капелек приводит к сильным деформациям.

Свинцовые шарики выделялись из большой партии охотничьей дрови.

Стальные монодисперсные шарики представляли собой продукцию подшипникового завода, имели сферическую форму и практически одинаковый размер: 1 мм в диаметре.

Монодисперсные чугунные шарики были получены из чугунной дрови. Около 30 кг дрови, в которой имелись шарики от 1 до 3 мм, были просеяны через сито размером 2 мм. Прошедшие через сито и не прошедшие отбрасывались, а те шарики, которые застревали в отверстиях сита, собирались отдельно как более монодисперсная фракция. Таким образом, было выделено около 1 кг шариков, затем повторным пропусканием через сито отобрано 0,5 кг, которые в дальнейшем были использованы.

Алюмосиликатные, почти монодисперсные шарики были выделены из большой партии шарикового катализатора для крекинга нефти. Выделение отдельных размеров проводилось так, как в вышеописанном случае выделения двухмиллиметровых чугуновых шариков.

Для выявления степени монодисперсности и для определения точного размера были отобраны средние пробы из полученных шариков, и из этих проб по 50—100 штук для каждого вида были тщательно обмерены. Диаметр каждого шарика измерялся в пяти направлениях и бралось среднеарифметическое значение; из полученных значений рассчитывалось среднее значение диаметра для испытываемых частиц.

В табл. 1 сведены результаты измерений.

Таблица 1

Средний диаметр монодисперсных частиц в м.м	2,897	2,426	2,119	1,983	1,3015	0,9716
Макс. процент отклонения от среднего значения диаметра (степень монодисперсности)	3,0	3,5	4,5	3,1	3,0	6,4
Макс. отклонения от среднего диаметра в отдельном шарике (степень сферичности шарика)	2,0	1,9	1,2	2,0	1,9	0,5

Алюмосиликатные шарики сильно пористы, причем, как показали определения, для различных размеров шариков пористость имеет постоянное значение и равна $m = 0,539$. При помещении в воду шарики полностью заполняются водой. Плотность алюмосиликатных шариков, насыщенных водой, не зависит от размеров шариков и равна $1,65 \text{ г/см}^3$. Можно также расширять алюмосиликатные шарики в других средах, только для этого необходимо тщательно высушить их, насытить новой средой и определить плотность либо пикнометрически, либо исходя из пористости.

Основные данные по всем примененным нами частицам сведены в табл. 2. Среднее значение диаметров сфер, за исключением алюмосиликатных, определено весовым способом по выражению:

$$d = \sqrt[3]{\frac{6G}{\pi n \rho}},$$

где n — число отсчитанных и взвешенных частиц, ρ — их плотность. Все приведенные в таблице плотности определены нами. Под „степенью монодисперсности“ подразумевается соотношение диаметров наибольших и наименьших частиц, входящих в данную фракцию. Эта величина для стеклянных шариков определена при помощи микроснимков. Для парафиновых шариков по размерам сит, за исключением частиц с диаметром 0,2475, являющихся почти монодисперсными и изготовленными специальным, трудоемким, способом.

В качестве среды использовались: вода при различных температурах — от 10 до 90°C, глицериновые водные растворы (от 20 до 95%,
3. Изв. ТН, № 5

Таблица 2

Данные Материал	Фракции сфер	Средний диаметр сфер см	Плотность в г/см ³	Степень монодисперсности α
I. Стеклопные шарики	—270 меш.	0,00681	2,49	1,22
"	—200+270 меш.	0,0071	2,49	1,22
"	—140+200 меш.	0,00887	2,49	1,40
"	—100+140 меш.	0,01274	2,49	1,40
"	—70+100 меш.	0,01805	2,49	1,40
"	—50+70	0,0274	2,49	1,30
Парафиновые шарики	—0,84+0,7 мм	0,0769	0,905	1,20
"	—1+0,84 мм	0,0887	0,908	1,20
"	—1,29+1 мм	0,1075	0,9085	1,29
"	—1,68+1,29 мм	0,1506	0,906	1,30
"	—2+1,68 мм	0,1895	0,908	1,20
"	—2,5+2 мм	0,2335	0,906	1,25
"	—3+2,5 мм	0,2942	0,89	1,20
"	—	0,2475	0,9075	1,05
Свинцовые шарики	—1+1,29 мм	0,1225	11,0	1,29
"	—	0,350	11,0	1,15
Стальные шарики	—	0,100	7,76	1,01
Чугунные шарики	—	0,2005	7,54	1,10
Алюмосиликатные шарики	3 мм	0,2897	1,65	1,06
"	2,4 мм	0,2426	1,65	1,07
"	2 мм	0,1983	1,65	1,06
"	1,29 мм	0,13015	1,65	1,07
"	2,14 мм	0,2119	1,65	1,09
"	1 мм	0,09716	1,65	1,13
"	1,29 мм	0,13015	1,77	1,07
"	2 мм	0,09716	1,77	1,13

глицерина), содовые растворы плотностью до 1,05 г/см³ и бромформ плотностью 2,87 г/см³.

Измерение С. Обработка опытного материала

Скорость стесненного падения C измерялась способом взвешенного слоя с учетом по возможности всех требований, вытекающих из изучения вопросов методики [1].

В зависимости от условий были применены шесть различных схем осуществления способа взвешенного слоя.

1. Схема для расширения водой при малых расходах, в пределах комнатных температур. Основной частью схемы, изображенной на рис. 3, является прибор, состоящий из градуированного полого стеклянного цилиндра, в нижнем конце которого, у деления ноль, установлена сетка для поддержания частиц. В верхней части цилиндра припаян отвод для слива воды. Цилиндр вставляется в более широкую трубку, заполненную свинцовыми шариками для обеспечения равномерности подхода потока. Заранее охарактеризованный материал определенной навески засыпался в цилиндр на сетку и взвешивался потоком воды.

Вода из водопровода 1 подается в напорный бак 3, снабженный электроподогревателем 4, откуда самотеком по трубке 5 поступает в сосуд постоянного напора 6, из которого излишек воды удаляется водоструйным насосом. Подача воды регулируется съемными наконечниками 13 и изменением высоты уровня в сосуде 6. Вода после колонки расширения поступает в воронку 8 и сливается.

Термометрами 9, 10 и 11 контролируется температура воды, а термометром 12 — температура воздуха вокруг прибора.

При нормальной работе установки производились следующие замеры:

объемной скорости подачи воды, высота взвеси соответствующей данной скорости воды и температуры термометрами 10, 11 и 12. Постоянство комнатной температуры обеспечивалось электронагревательным шкафом с автоматической регулировкой температуры электронным реле.

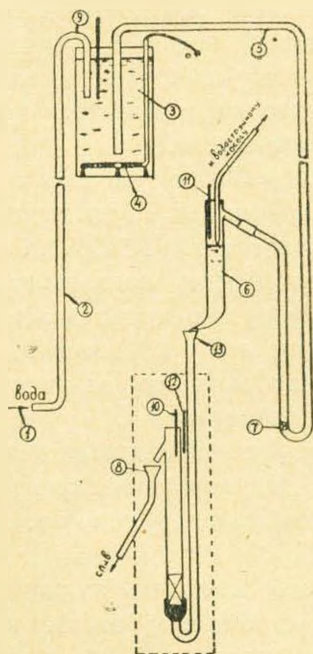


Рис. 3.

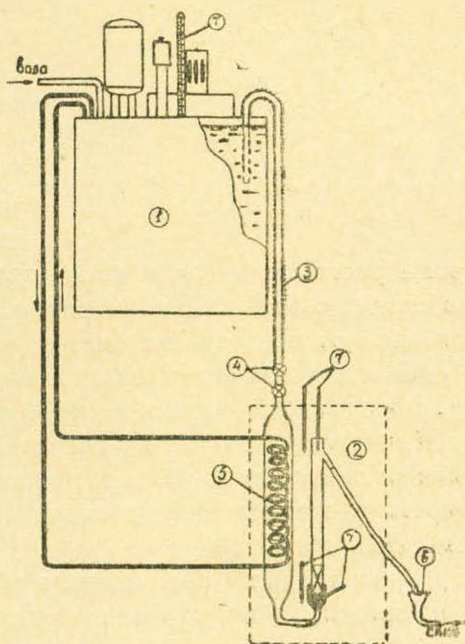


Рис. 4.

2. *Схема для расширения при высоких температурах (ниже точки кипения среды)*, рис 4. Нагретая до требуемой температуры в ультратермостате 1 вода, по трубке 3 поступает в подогреватель 5, откуда поступает на прибор, последний вместе с подогревателем вмонтирован в воздушный термостат 2. Замеры те же, что и при схеме 1. Расход регулируется кранами 4. Температурный контроль осуществляется пятью выверенными термометрами 7.

3. *Схема для работы при больших расходах воды.* Когда необходимы большие расходы воды (до 1 л/сек), что имеет место при взвешивании частиц, имеющих большие значения Re , работа по схеме

рис. 3 невозможна. Надежной средой с устойчивой температурой является водопроводная вода, при условии большого расхода последней.

4. *Схема для работы с ограниченным количеством среды.* В случае работы с жидкостями, количество которых не превышает нескольких литров, использовалась схема, изображенная на рис. 5.

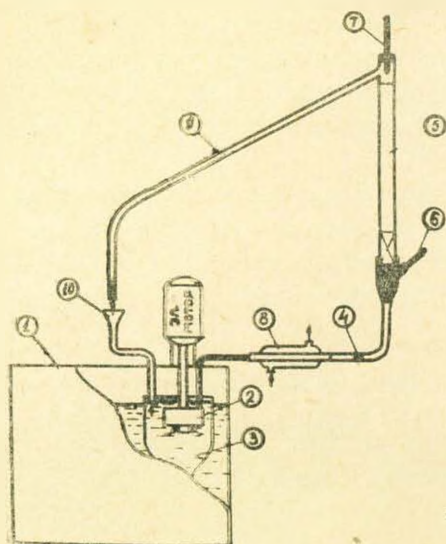


Рис. 5.

Основной частью схемы является ультразвуковой термостат 1, у которого снят перемешивающий пропеллер. и насос 2 погружен в воронку с рабочей средой. Среда из емкости 3 насосом 2 подается в колонку 5, где происходит расширение. Колонка снабжена двумя термометрами 6 и 7, расход среды регулируется краном 4. При работе с вязкими жидкостями возможен местный нагрев 2, поэтому на пути среды установлен холодильник 8, который включается по мере необходимости.

5. *Схема для работы с концентрированными растворами глицерина (от 80 до 100°С).* Глицериновые

растворы высокой концентрации интенсивно поглощают влагу из воздуха. Работу с глицерином поэтому нужно проводить в изолированной от воздуха системе, во избежание его разбавления, что приводит к резким изменениям вязкости. Изображенная на рисунке 6 схема обеспечивает нормальную работу на глицерине.

Жидкость из напорного сосуда 7 по трубке 19 подается в колонку для расширения 8, расход жидкости регулируется краном 14, жидкость после колонки проходит через измерительную емкость 9 и затем сливается в сборник.

Одновременно с наполнением сборника 6 жидкость из ранее наполнившегося сборника 5 перекачивается, с помощью азота, в напорный сосуд 7, с такой скоростью, чтобы уровень в 7 не изменялся. Таким образом, обеспечивался постоянный расход жидкости. Жидкость из сборника 5 перекачивается в 7 следующим образом. Азот из баллона высокого давления 1, через редуктор 2, поступает в ресивер 4, откуда — в сборник 5. Под давлением азота жидкость по трубопроводу 18 поступает в сосуд 7. За некоторое время до полного наполнения сборника 6 сборник 5 подготавливается к приему жидкости: закрывается линия подачи в 7, сбрасывается давление и открывается доступ жидкости из 8. Затем ставится на выдавливание сборник 6, путем переключений зажимов 20.

Описанным способом можно обеспечить непрерывную работу установки на любое время. Напорный сосуд 7 „дышит“ через хлор-

кальцевую трубку 11. Контроль за давлением в системе осуществляется при помощи ртутного манометра 3. На выходе и входе жидкости в колонку 8 установлены термометры 12, 13 с делениями $0,1^{\circ}\text{C}$.

Кран 16 служит для отключения сосуда 7 от системы при остановках, а зажим 17—для слива жидкости из 7.

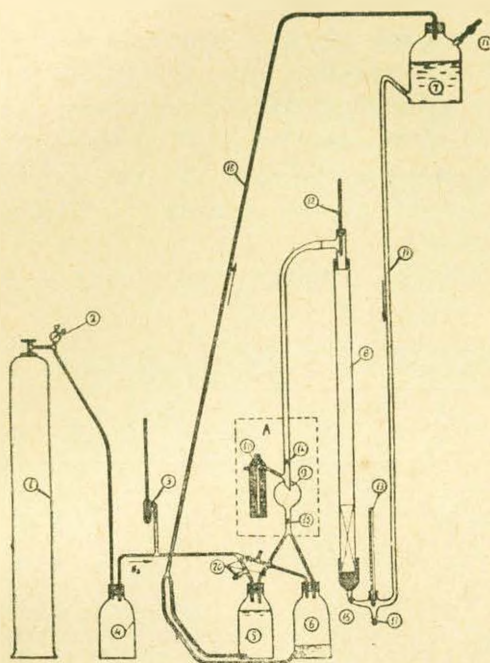


Рис. 6.

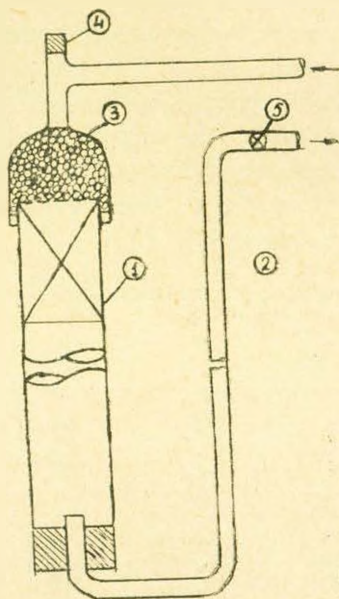


Рис. 7.

Измерение расхода среды. Для измерения расхода служит приспособление, изображенное на узле А. Когда не производятся замеры расхода, и жидкость поступает в один из сборников, измерительная емкость 9 пуста (кран 15 открыт). При измерении расхода кран 15 закрывается и фиксируется время заполнения 9 от нижней метки до верхнего отвода. При заполнении 9 находящийся в измерительной емкости газ выдавливается в атмосферу через хлор-кальцевый влагоулавливатель 10. Как только уровень жидкости в 9 достигает до верхнего отвода, открытием крана 15 жидкость сливается в сборник. Емкость 9 заполняется очищенным от влаги воздухом из 10. Объем 9 предварительно откалиброван на воде и на глицерине.

6. *Схема для взвешивания смеси частиц меньшей плотности, чем среда.* Среда насосом термостата подается в верхнюю часть колонки расширения (рис. 7) и, пройдя слой свинцовых шариков 3 для равномерности подхода потока, расширяет смесь частиц 1 и затем по 2 поступает обратно в термостат. Подача жидкости на расширение регулируется краном 5. Отвод 4 служит для периодического удаления возможных накоплений воздуха. Замеры аналогичны замерам схемы 1.

В случае работы с парафиновыми частицами лучше в качестве среды применять содовые растворы. В чистой воде они образуют агрегаты, что нарушает равномерность взвеси.

По описанным схемам, в средах, указанных выше, и с частицами, приведенными в табл. 2, было произведено 47 серий опытов по определению скоростей стесненного падения.

Для иллюстрации приводится один пример (серия № 43) таких измерений и обработки полученных данных. Все остальные серии опытов идентичны приведенному примеру. Объект расширения стальные шарики $d = 0,10$ см; $\rho = 7,76$ г/см³, навеска 39,42 г, монолитный объем навески $39,42; 7,76 = 5,08$ см³; среда — вода, средняя температура 25°C. Диаметр колонки $D = 1,525$ см, ее сечение $F = 1,818$ см². Измерения проводились по схеме 1.

В табл. 3 приведены первичные лабораторные записи и подсчеты серии № 43.

Таблица 3

Взвешивание монодисперсных стальных шариков в $d = 0.1$ см в воде (серия № 43)

№ опытов	V	Q	θ	t	C	φ
1	9,7	98,0	12,7	25,0	4,24	0,524
2	9,7	231,0	30,0	25,1	4,24	0,524
3	10,2	228,0	26,6	25,0	4,72	0,498
4	10,2	234,0	27,3	25,1	4,72	0,498
17	15,7	254,0	13,4	25,1	10,42	0,323
18	15,7	240,0	12,6	25,1	10,47	0,323
19	16,9	427,0	20,7	25,1	11,34	0,300
20	16,9	417,0	20,4	25,1	11,23	0,300
27	25,4	456,0	15,4	25,2	16,28	0,200
28	25,4	459,0	15,5	25,2	16,28	0,200
29	28,4	463,0	14,6	25,0	17,3	0,180
30	28,3	463,0	14,7	25,1	17,4	0,179
35	42,4	484,0	12,4	25,2	21,48	0,120
40	60,0	492,0	11,2	25,0	24,1	0,0848
41	94,0	482,0	9,35	25,2	28,35	0,0511
42	91,0	487,0	9,70	25,4	27,65	0,0559
43	77,0	486,0	10,2	25,0	26,2	0,066
44	77,0	486,0	10,2	25,1	26,2	0,066
45	50,8	482,0	11,55	25,0	22,93	0,100
46	30,0	472,0	14,3	25,0	18,17	0,1695

Примечание к табл. 3. V — Объем взвешенного, слоя см³.

Q — Расход воды, см³/сек.

t — температура среды, С.

C — скорость в свободном сечении колонки, см/сек.

φ — объемная доля твердой взвеси

$$C = \frac{Q}{\theta F}; \quad \varphi = \frac{G_{\text{нав.}}}{\rho_{\text{нав.}} V}$$

По подсчитанным значениям C и φ (табл. 3) строится кривая $C = f(\varphi)$ (рис. 8). С этой кривой снимаются данные первого и второго столбцов таблички (рис. 8) и по цифрам столбцов три и четыре строится линия $\lg C = f_1(\lg m)$.

Основные показатели всех 47 серий опытов сведены в табл. 4.

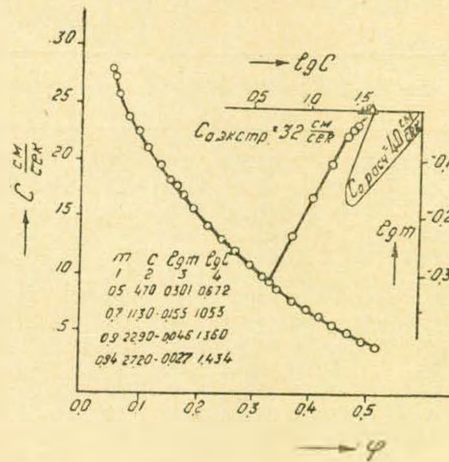


Рис. 8.

Таблица 4

Сводка основных показателей опытов

№ серии	Re	Частицы			Среда		D/d	C_0 расчетн.	C_0 экстрапо- лиров.	K	n
		d	ρ_1	наве- ска г	μ	ρ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,0126	0,0071	2,49	2,48	0,0485	1,124	138	0,0765	0,0765	1,0	5,13
2	0,0382	0,0972	1,77	24,93	0,980	1,216	28	0,317	0,258	0,81	4,80
3	0,0753	0,2005	7,54	110,0	0,810	1,247	14	2,05	1,86	0,91	5,10
4	0,0846	0,1301	1,77	38,3	0,935	1,216	21	0,50	0,462	0,93	4,70
5	0,179	0,00618	2,49	1,045	0,01	1,000	158	0,290	0,306	1,06	4,60
6	0,269	0,0071	2,49	5,44	0,01	1,000	180	0,379	0,407	1,08	5,0
7	0,511	0,0087	2,49	3,8	0,01	1,000	110	0,577	0,660	1,15	4,92
8	0,565	0,100	7,76	25,0	0,8272	1,219	15	3,82	3,82	1,00	4,84
9	0,603	0,00887	2,49	4,76	0,1091	1,00	143	0,621	0,660	1,05	4,92
10	0,900	0,205	7,54	110,0	1,78	1,227	14	6,33	5,20	0,82	4,60
11	0,945	0,01274	2,49	5,53	0,0123	1,00	100	0,91	0,91	1,00	4,70
12	1,412	0,01274	2,49	4,64	0,0099	1,00	100	1,10	1,10	1,00	4,57
13	2,410	0,100	7,76	25,0	0,3742	1,200	15	7,52	5,70	0,84	4,32
14	3,58	0,01805	2,49	3,40	0,01	1,00	54	1,98	1,78	0,90	4,23
15	4,73	0,100	7,76	25,0	0,2538	1,189	15	10,1	8,15	0,80	4,17
16	9,66	0,100	7,76	25,0	0,163	1,175	15	13,4	11,2	0,88	3,92
17	9,76	0,0274	2,49	2,81	0,01	1,00	36	3,56	3,07	0,86	4,00
18	10,48	0,0274	2,49	2,89	0,0096	1,00	36	3,66	3,25	0,83	3,83
19	13,1	0,0769	0,905	48,09	0,0124	1,046	44	2,01	1,59	0,78	3,6
20	17,4	0,0887	0,908	49,30	0,0121	1,036	38	2,28	1,89	0,84	3,54
21	18,6	0,0274	2,49	2,53	0,0065	0,991	36	4,44	4,00	0,90	3,54
22	23,2	0,100	7,76	25,0	0,0894	1,152	15	17,97	14,8	0,87	3,60
23	26,2	0,1076	0,908	47,38	0,0121	1,036	32	2,84	2,24	0,81	3,30
24	32,9	0,0274	2,49	2,53	0,0044	0,98	36	5,45	4,85	0,89	3,42
25	48,4	0,0274	2,49	2,53	0,0033	0,969	36	6,17	5,32	0,86	3,26
26	54,3	0,1506	0,906	46,5	0,0121	1,036	23	4,18	3,38	0,88	3,25
27	56,2	0,100	7,76	25,0	0,0473	1,120	15	23,75	19,00	0,85	3,23
28	58,2	0,0972	1,65	24,61	0,0129	1,00	28	7,75	6,23	0,80	3,16
29	76,0	0,109	1,65	30,0	0,0129	1,00	25	8,90	7,00	0,78	3,06
30	90,8	0,1895	0,908	45,99	0,0117	1,036	18	5,39	3,95	0,84	3,03
31	95,5	0,100	7,76	25,0	0,032	1,097	15	27,9	22,00	0,84	3,02
32	107,5	0,1301	1,65	24,85	0,01293	1,00	21	10,7	8,55	0,80	3,0
33	141,2	0,2335	0,906	50,66	0,01166	1,036	15	6,85	5,07	0,82	2,93

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	151,3	0,2475	0,9075	43,1	0,01203	1,037	21	7,11	5,50	0,77	2,96
35	221,0	0,2942	0,89	44,06	0,0114	1,025	12	8,72	6,00	0,78	2,78
36	234,0	0,100	7,76	25,0	0,01572	1,047	15	35,2	27,5	0,84	2,90
37	248,0	0,1983	1,65	788,0	0,01271	1,00	57	15,9	12,5	0,83	2,83
38	278,4	0,2119	1,65	157,2	0,01271	1,00	24	16,72	13,2	0,79	2,80
39	282,0	0,100	7,76	25,0	0,0189	2,874	15	18,6	14,7	0,84	2,85
40	312	0,227	1,65	150,0	0,0129	1,00	49	17,6	—	—	—
41	359,0	0,2426	1,65	156,32	0,01271	1,00	21	19,0	14,5	0,76	2,75
42	405,0	0,264	1,65	138,6	0,0128	1,00	42,6	19,6	15,9	—	2,80
43	447,0	0,100	7,76	39,42	0,00894	1,00	15	40,0	32,0	0,80	2,73
44	473,0	0,2897	1,65	824,46	0,01271	1,00	39	20,8	16,6	0,90	2,72
45	525,0	0,1225	11,0	67,14	0,01288	1,00	13	55,2	48,0	0,87	2,65
46	945,0	0,2005	7,54	724,57	0,01293	1,00	25	60,7	48,0	0,79	2,65
47	2960,0	0,3500	11,0	865,3	0,01293	1,00	15	108,0	84,0	0,77	2,62

Примечания к табл. 4. Re — отнесено к свободно падающей частице; расчетные значения C_0 определены по способу Лященко и на рисунках представлены треугольниками (рис. 8 и др.); экспериментальное значение C_0 определено графически, как это показано на рис. 8 и др.; значение K уравнения (1) определяется как соотношение этих двух C_0 ; значение n уравнения (1) определяется наклоном прямой в координатах $\lg C_0 - \lg m$.

На рисунках 9, 10, 11 и 12, эти же серии опытов показаны в координатах $\lg C - \lg m$.

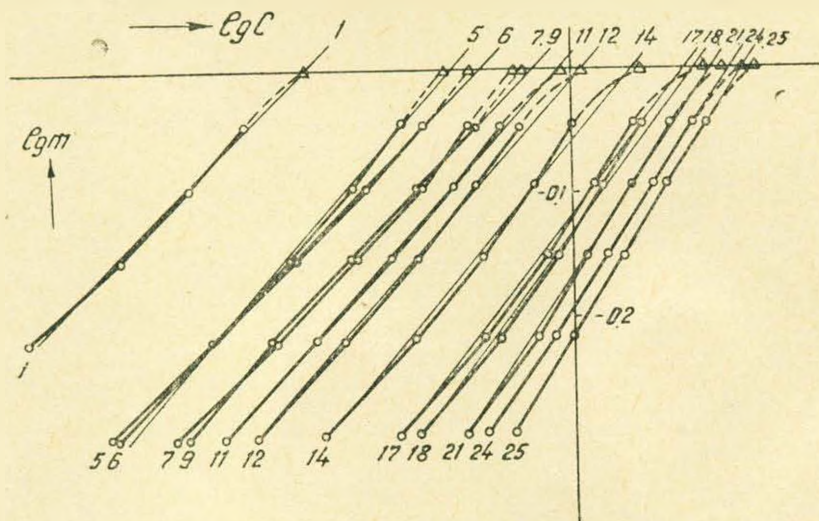


Рис. 9.

Обработка результатов исследования

Как было указано, почти все формулы, предложенные за последние годы для определения скорости стесненного падения, могут быть приведены к виду (1).

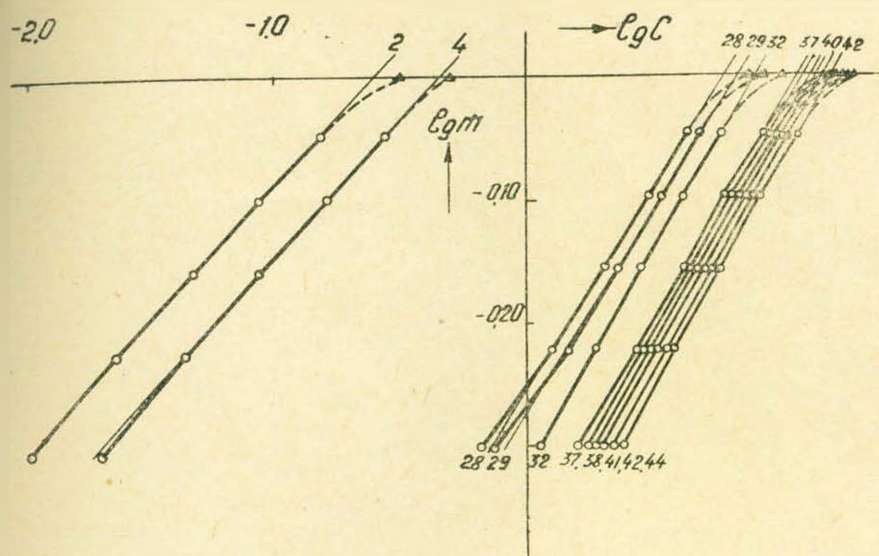


Рис. 10.

Эта формула взаимосвязи является достаточно простой, но она становится еще понятней, если коэффициент K приравнять единице, т. е. когда

$$C = C_0 m^n. \quad (2)$$

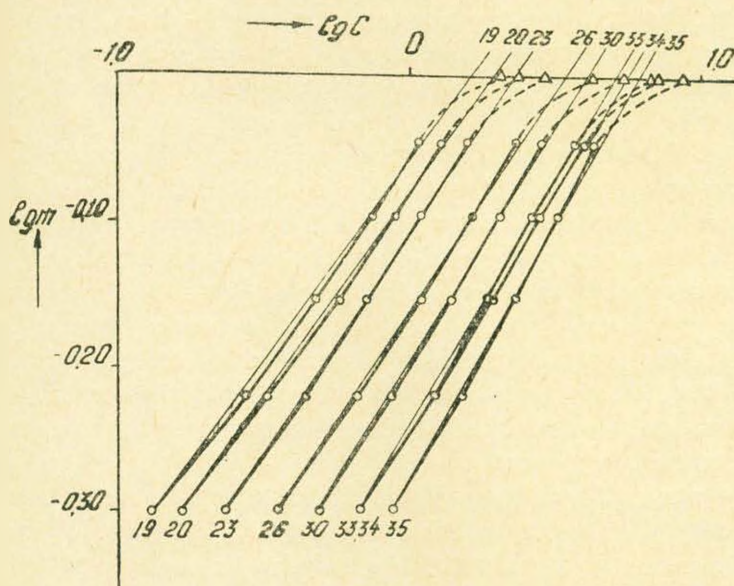


Рис. 11.

Недостаток уравнения (1) заключается в том, что его нельзя применить для случаев, когда значение m близко к единице или равно единице. Получается, что $C = K C_0$, что, очевидно, нелогично, если $K \neq 1$.

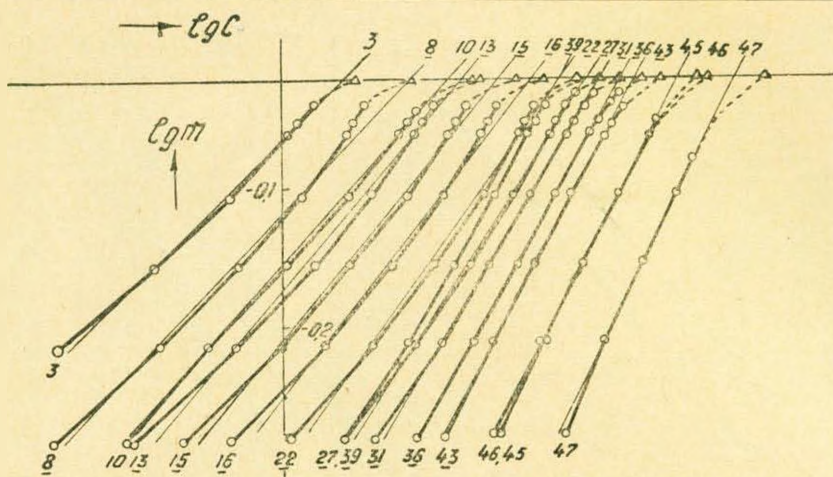


Рис. 12.

Уравнение (1) или (2) удобны для проверки и выяснения степени справедливости всех тех уравнений, которые могут быть приведены в такой вид. Мы, например, ранее [3] наш начальный опытный материал подвергли графической обработке в координатах $\lg \beta - \lg \frac{C \delta p}{m \mu}$. В этих координатах экспериментальные точки хорошо ложатся на одной прямой, которая удовлетворительно близко проходит через точку, соответствующую C_0 , т. е. через точку $\lg Re$. Но когда тот же опытный материал обрабатывается в координатах $\lg C - \lg m$, тогда в большинстве случаев и прямолинейность расположения точек и прохождение линии через точку, соответствующую C_0 , становятся явно неудовлетворительными.

Л. Н. Еркова и Н. И. Смирнов [5] свой опытный материал подвергли графической обработке в координатах $Re' - Arm^3$.

Такая обработка хороша тем, что сразу получается общая усредняющая кривая для всех серий опытов, но при этом отдельные детали и отклонения затушевываются и становятся незаметными. Между тем в стадии поисков возможно точных взаимосвязей и влияющих на процесс факторов эти детали и отклонения могут оказаться важными. В этих координатах можно также обрабатывать отдельно каждую серию опытов, но при этом становится чувствительной громоздкость необходимых расчетов.

Для ясности приводится рис. 13 на котором изображен пример графической обработки опытов серии № 16 (табл. 4) в указанных трех системах координат. Из рисунка видно, что в случае „а“ все экспериментальные точки вместе с расчетной точкой, соответствующей C_0 , достаточно хорошо ложатся на одной прямой. В случаях же „б“ и „в“ ясно видно, что экспериментальные точки не составляют прямую, а расчетная точка, соответствующая C_0 , резко отодвинута вправо. На основании изложенного, опытный материал обработан в координатах $\lg C$ и $\lg m$.

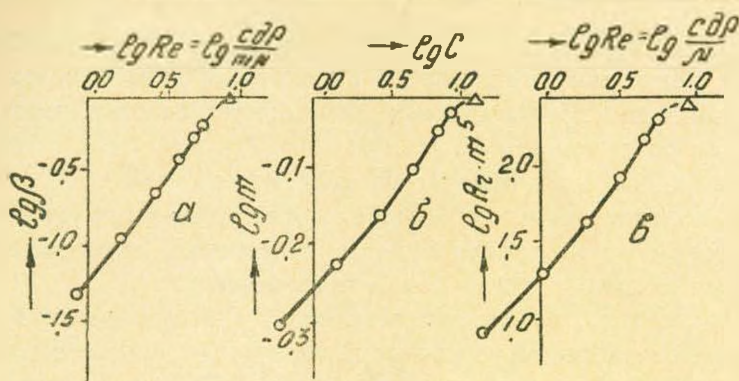


Рис. 13.

На рисунках 9, 10, 11 и 12 опытные точки отмечены кружками и соединены между собой жирными сплошными линиями. Треугольниками отмечены точки, соответствующие расчетным значениям C_0 . Жирным пунктиром проведены участки ориентировочной интерполяции. Тонкой сплошной линией проведена усредняющая прямая, при помощи которой и определено среднее значение n и значение экстраполированной C_0 . Номерация линий соответствует номерам серии опытов.

Какие предположения и выводы можно сделать из этих рисунков?

Рис. 9 изображает серии опытов по взвешиванию стеклянных шариков. Эти шарики вполне гомогенны по плотности и имеют почти идеальную шарообразную форму, но они недостаточно монодисперсны (табл. 2). Как было указано ранее [4], немонодисперсность должна привести к некоторой выпуклости линии вправо. Кроме того, это должно привести к уменьшенным значениям C_0 , определяемым экстраполяцией. Оба эти явления имеют место в большинстве случаев на рис. 9. Однако расхождения от прямой линии настолько велики, что они не могут быть объяснены только немонодисперсностью, в особенности для серий №№ 12, 14, 17, 18 и 21.

На рис. 12 изображены опыты по взвешиванию металлических шариков. Большинство опытов, т. е. 10 серий из 15-ти, касаются стальных шариков, которые по сферичности, монодисперсности и плотности явились почти идеальными и наилучшими из всех примененных нами шариков. Номера линий этих шариков подчеркнуты. Мы видим, что большинство линий стальных шариков отходят от прямой, что нельзя объяснить немонодисперсностью или другими недостатками испытуемого материала.

На рис. 10 и 11 приведены опыты по взвешиванию алюмосиликатных и парафиновых шариков. Линии по форме такие же, как и на предыдущих рисунках, только отход от прямой выражен менее рельефно. Нужно указать, что эти шарики уступают стальным шарикам и по совершенству формы и по монодисперсности и гомогенности. Как

уже указывалось, алюмосиликатные шарики мелкопористы. Эти недостатки не могут так или иначе повлиять на эксперименты, поэтому мы наибольшее предпочтение отдаем опытам со стальными шариками, а затем со стеклянными.

На всех рисунках отмечается следующее.

1. В областях малых и больших чисел Рейнольдса (соответствующих ламинарному и турбулентному движениям) экспериментальные точки сравнительно хорошо ложатся на прямую.

2. Кроме того, в области малых чисел Рейнольдса эта прямая достаточно удовлетворительно проходит через точку, соответствующую C_{10} .

3. В области средних значений числа Рейнольдса (примерно от 0,5 до 500) экспериментальные точки явно и часто резко отходят от прямой линии, показывая тем самым, что уравнение типа (1), где показатель n считается постоянным (для данной серии), не отражает действительной закономерности.

4. Если все же по экспериментальным точкам провести усредняющие прямые (тонкие линии на рисунках), то в переходной области с увеличением Re увеличивается уклон этих усредняющих прямых, т. е. уменьшается степень n .

По значениям n и Re , приведенных в табл. 4 составлен рис. 14.

Точки, соответствующие стальным шарикам, отмечены сплошными черными кружками. Согласно проведенной усредняющей линии,

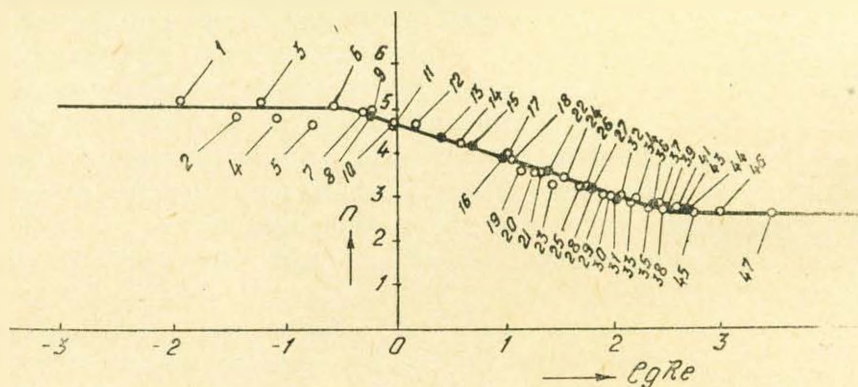


Рис. 14.

вся область (от числа Рейнольдса 0,0126 до 2960) делится на три участка: ламинарная область со значением числа Рейнольдса до $\sim 0,5$. Переходная область со значением числа Рейнольдса ~ 500 и турбулентная область, причем имеем следующие значения степени n :

1. Для ламинарной области: $n = 5,0$.

2. Для переходной области:

$$n = 4,65 - 0,78 \lg Re. \quad (3)$$

3. Для турбулентной области: $n = 2,65$.

В результате многочисленных поверочных расчетов нами, для уравнения (1), были выбраны следующие значения K : для ламинарной области — 1, а для переходной и турбулентной областей — 0,8. Это значение несколько меньше среднеарифметического значения K в табл. 4 (что составляет 0,84), но оно дает, при вышеприведенных значениях n , результаты, более близкие к экспериментальным.

Таким образом, как приближенные [5], но наиболее достоверные в настоящее время могут быть предложены следующие формулы для определения скорости стесненного падения монодисперсных шарообразных частиц:

1. Ламинарная область: $Re < 0,5$

$$C = C_0 m^5. \quad (4)$$

2. Переходная область: $0,5 < Re < 500$

$$C_0 = 0,8 C_0 m^n, \quad (5)$$

3. Турбулентная область: $Re > 500$

$$C_0 = 0,8 G_0 m^{2,65}. \quad (6)$$

Для оценки точности предлагаемых формул были рассчитаны значения C при m от 0,5 до 0,9 для всех 47 серий опытов и сравнены с экспериментальными данными. С учетом исправлений, вследствие влияния диаметра колонки на некоторые опыты, почти все отклонения находятся в пределах $\pm 10\%$.

Принятые обозначения

C — скорость стесненного падения частиц;

C_0 — скорость свободного падения частиц;

$\beta = C : C_0$ — относительная скорость стесненного падения;

φ — объемная доля твердой фазы во взвеси;

$m = 1 - \varphi$ — пористость (объемная доля среды во взвеси);

d — диаметр частицы;

ρ — плотность среды;

ρ_1 — плотность частиц;

μ — вязкость среды;

D — диаметр колонки расширения;

α — степень монодисперсности (соотношение диаметров наибольших и наименьших частиц в данной среде).

$Re = \frac{C_0 d \rho}{\mu}$ — число Рейнольдса, отнесенное к свободно падающей частице;

$Re' = \frac{C d \rho}{\mu}$ — число Рейнольдса, отнесенное к стесненно падающей частице;

$Ar = \frac{d^3 \rho (\rho_1 - \rho) g}{\mu^2}$ — критерий Архимеда.

Ա. Մ. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ, Ա. Ա. ԶԱՄԻՆՅԱՆ

ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ԿԱՇԿԱՆԳՎԱՆՔ ԱՆԿՈՒՄ՝
ՄՈՆՈԴԻՍՊԵՐՍ ԳՆԴԱՋԵՎ, ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ԿԱՇԿԱՆԳՎԱՆՔ ԱՆԿՈՒՄ
(Հաղորդում 2)

Ա մ փ ո փ ու մ

Նախորդ հաղորդման մեջ [1] ցույց էր տրված, որ կաշկանդված անկումն ուսումնասիրող բոլոր հեղինակների՝ զնդաձև մասնիկների համար առաջարկված բանաձևերն ունեն (1) տեսքը, կամ բերվում են այդ տեսքին: Այնտեղ նշված էր նաև, որ այդ բանաձևերով հաշված արագությունները տալիս են մեծ շեղում, որը վերագրվում էր մեթոդիկայի որոշ անճշտություն:

Սույն հոդվածում ճշտված մեթոդիկայի [1] հիման վրա կատարված է էքսպերիմենտալ լաճն ուսումնասիրություն կախվածքի հղանակով մոնոդիսպերս զնդաձև մասնիկների կաշկանդված անկման վերաբերյալ: Որպես պինդ ֆազա օգտագործվել են ապակյա զնդիկներ (նկ. 1), պարաֆինե զնդիկներ (որոնք պատրաստվել են նկ. 2-ում բերված սխեմայով), կապարե զնդիկներ, պողպատյա առանցքակալների զնդիկներ և ալյումոսիլիկատային զնդիկներ: Գրնդիկների մասին մանրամասն տվյալներ տրվում են № 2 աղյուսակում:

Որպես միջավայր օգտագործվել են, տարբեր ջերմաստիճանների (10—90° C) ջուր, գլիցերինի ջրալին լուծույթներ (20—95 °ժ գլիցերին), սոդայի լուծույթներ և բրոմֆորմ (խտությունը $\rho = 2,87$ գր./սմ.³):

Նշելով փորձերի տարրեր պալմաններից, օգտագործվել են կախվածքի հղանակի իրադրման 6 տարրեր սխեմաներ (տես. նկ. նկ. 3—7): Այդ սխեմաների կիրառման միջոցով, տարրեր միջավայրում և տարբեր զնդաձև մասնիկների հետ կատարվել են 47 փորձերի սերիաներ, որոնք ընդգրկել են ավելի քան 2500 կաշկանդված անկման արագություն չափումներ: Փորձերի տվյալները ամփոփված են № 4 աղյուսակում: Ամփոփիչ բանաձևեր ստանալու նպատակով, այդ տվյալները մշակված են lgC և lgm կոորդինատներում, որտեղ՝ C -կաշկանդված անկման արագությունն է, իսկ m -կախվածքի ծակրակներությունն է:

Մոնոդիսպերս զնդաձև մասնիկների կաշկանդված անկման համար առաջարկված բանաձևերի (4), (5), (6) ճշտությունը հանդիսանում է ± 10 %:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гаспарян А. М. и Заминян А. А. «Известия АН Армянской ССР», (серия технических наук), т. XII, № 4, 1959.¹
- 2—5. Гаспарян А. М. и Заминян А. А. ДАН Армянской ССР: 2, т. XXIII, № 1, 1956; 3, т. XXIII, № 2, 1956; 4, т. XXV, № 4, 1957; 5, т. XXVI, № 1, 1958.
6. Еркova А. Н. и Смирнова Н. И. ЖПХ, т. XXIX, 1175.

А. Ф. МЕЛИК-АХНАЗАРОВ, К. М. ТАТЕВОСЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДАМИ ЭЛЕКТРОСТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

При расчете электрической части электрических стекловаренных печей основной трудностью является определение электрического сопротивления. Величина эта зависит от многих факторов, как-то: геометрических параметров печи, количества, формы и взаимного расположения электродов, а также температуры и состава стекломассы.

Существующие формулы, для определения электрического сопротивления стекломассы между двумя электродами в печи, дают приближенные значения его, иногда отличающиеся от действительного в 1,5—2 раза. Так, для двух стержневых цилиндрических электродов теорией электростатического поля дается формула [1]

$$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{d}{r}, \quad (1)$$

где ρ — удельное сопротивление;

l — длина стержня;

d — расстояние между электродами;

r — радиус электрода.

Однако формула в таком виде неприменима, так как не учитывает влияние ограждающих поверхностей.

Более правильно будет формулу выразить в виде:

$$R = n_1 \cdot n_2 \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{d}{r}, \quad (1')$$

где n_1 — коэффициент температурной неоднородности стекломассы. По данным Н. И. Шелудякова $n_1 = 1,05-1,1$ [2];

n_2 — коэффициент, учитывающий влияние всех ограждающих поверхностей.

И. П. Борелем [3] рекомендуется другая формула [2], учитывающая влияние пода и зеркала стекломассы:

$$R = \frac{\rho \left\{ \ln \frac{d-r}{r} + \frac{1}{2} \ln \left[1 + \left(\frac{d}{2(h-r-S)} \right)^2 \right] \right\}}{l \left[\arctg \frac{2(2h-r-S)}{d} + \arctg \frac{2(S+r)}{d} \right]}. \quad (2)$$

Сопротивления по формуле (2) определяются более точно, но все же превышают действительные значения на 20—30%.

Указанные формулы применимы лишь для определения сопротивления между двумя электродами, расположенными в ванне прямоугольного сечения простой конфигурации и при отсутствии влияния

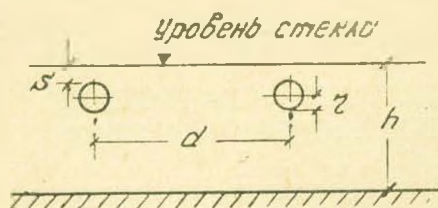


Рис. 1.

других пар электродов. При сложной же конфигурации печи и при наличии совместно действующих нескольких пар электродов определение сопротивления по этим формулам практически невозможно.

Как показали исследования, проведенные в лаборатории стекла НИИ химии СНХ Армянской ССР,

при проектировании и испытании полупромышленных печей электроварки стекла, сопротивление между электродами наиболее точно определяется в электролитической модели. О применении моделирования для определения сопротивления в печи имеется указание у Э. Бореля [4].

Основой для моделирования электрического поля является геометрическое и физическое подобие систем [5]. При определении сопротивлений стекломассы в печи на основе модели необходимо иметь полное геометрическое подобие в отношении линейных размеров печи и электролитической ванны и подобие удельных сопротивлений стекла и электролита. Для прямоугольной ванны размерами $l_1 \times b_1 \times h_1$ и модели размерами $l_2 \times b_2 \times h_2$, коэффициент геометрического подобия $m_1 = \frac{l_1}{l_2} = \frac{b_1}{b_2} = \frac{h_1}{h_2}$, а отношение удельных сопротивлений стек-

ломассы и электролита $m_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2}$. Постоянная электролитической мо-

дели и постоянная печи находятся в отношении $\frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{m_1}$, сопротив-

ления — в отношении $K = \frac{m_2}{m_1}$.

При наличии нескольких электродов необходимо также подобие напряжения между электродами в печи и в электролитической ванне

$$m = \frac{E_1'}{E_2'} = \frac{E_1''}{E_2''} = \frac{E_1'''}{E_2'''} - \dots$$

Величина „постоянной“ между электродами в этом случае отражает также взаимное влияние электродов. Метод моделирования был применен для определения сопротивления стекломассы между электродами в опытной печи № 5 для варки боросиликатного стекла. Печь была сооружена по принципу глубинного освещения с вертикальным движением стекломассы. Электроды — стержневые, молибденовые, диаметром 16 мм. Схема печи и расположения электродов приведены на рис. 2.

Для производства измерений сопротивлений была изготовлена ванна, пропорционально соответствующая формам и размерам проектируемой печи с коэффициентом геометрического подобия, равным 4. Ванна была вылита из парафина в деревянном кожухе. Electroдами

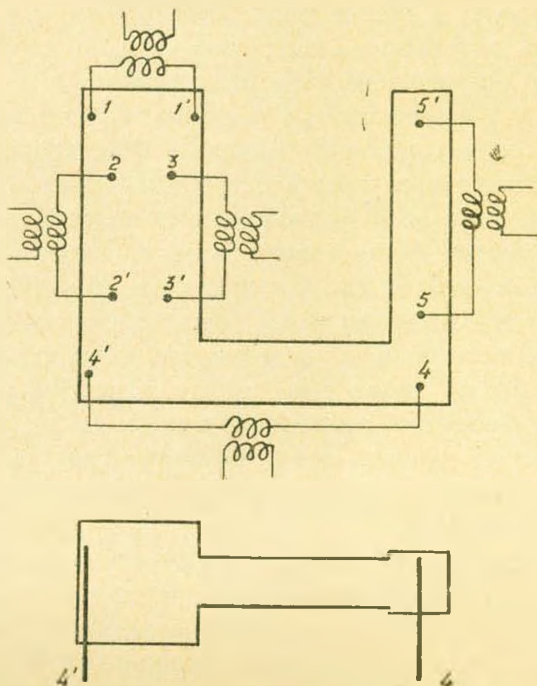


Рис. 2.

служили медные цилиндрические стержни, расположенные аналогично электродам в проектируемой печи. В качестве электролита бралась вода, исходя из того, что она обладает большим удельным сопротивлением. При этом добавочное сопротивление, вызываемое сопротивлением поляризации, составляет ничтожную долю от сопротивления между электродами в модели, и практически им можно пренебречь, а прохождение малых токов через электролит не влияет на его температуру в процессе производства измерений, что устраняет необходимость специального термостатирования модели. Опыты проводились при комнатной температуре — 18°C .

Удельное сопротивление воды определялось в ячейке, электродами для которой служили два concentric полых цилиндра из медной фольги с отношением диаметров $d_v : d_n = 1/2$ [6], вложенные один в другой. Последние вставлялись в стакан, дно которого было покрыто слоем парафина (рис. 3).

Удельное сопротивление воды вычислялось по формуле:

4. Изв. ТН, № 5



Рис. 3.

$$\rho = R_x \frac{2\pi h}{\ln \frac{d_n}{d_v}}, \quad (3)$$

где R_x — сопротивление воды в ячейке в омах;

h — высота воды в ячейке в см;

d_n — диаметр наружного электрода в см;

d_v — диаметр внутреннего электрода в см.

Измерения R_x^* производились как мостом Витстона, при частоте 5000 герц, где источником энергии являлся генератор звуковой частоты и нуль инструментом служил электронный осциллограф, так и при 50 герц — применением электростатического вольтметра и аstaticеского миллиамперметра. Измерения показали, что при $T^0 = 18^\circ \text{C}$. R_x при 5000 герц равняется 68 ом, а при 50 герц $R_x = 67,5$ ом.

Измерение сопротивления воды между электродами в модели** для каждой пары электродов в отдельности (при остальных отключенных) производилось также при частоте 50 и 5000 герц.

Результаты измерений приведены в табл. 1.

Из приведенных данных сопротивлений при различных частотах следует, что влияние поляризации на их величины как в ячейке, так и в модели незначительное.

Измерение сопротивления в модели между электродами при их совместной работе производилось лишь при низкой частоте—50 герц (табл. 2).

Таблица 1

Пары электродов	Ч а с т о т а			
	50 герц			5000 герц
	V	I	R	R
1—1'	22	0,0303	824	820
2—2'	25	0,0315	794	790
3—3'	25	0,0310	807	805
4—4'	75	0,0125	6000	6000
5—5'	50	0,0140	3570	3550

Таблица 2

Пары электродов	V	I	R
1—1'	25	0,0303	830
2—2'	25	0,024	1040
3—3'	25	0,022	1140
4—4'	70	0,0125	6000
5—5'	50	0,0139	3600

„Постоянные“ между электродами в печи, определенные на модели, приведены в табл. 3.

Незначительное отличие „постоянных“ электродов 2—2' и 3—3', расположенных симметрично относительно ограждений и определенных при отключении всех пар электродов, кроме данной, объясняется неточностью их установки.

* Во избежание получения искаженных результатов до производства измерений необходимо очистить от CuO медные электроды как ячейки, так и модели слабым раствором соляной кислоты.

** Электрическая схема модели соответствовала схеме печи, т. е. каждая пара электродов питалась отдельно от своего трансформатора (рис. 2).

Таблица 3

Пары электродов	Данные пары при остальных отключенных электродах			При совместной работе всех электродов		
	сопротивление между электродами	постоянные между электродами в модели	постоянные, приведенные к параметрам печи	сопротивление между электродами	постоянные между электродами в модели	постоянные, приведенные к параметрам печи
1—1'	820	0,1416	0,0354	830	0,1435	0,0359
2—2'	790	0,1365	0,0342	1040	0,180	0,045
3—3'	805	0,1992	0,0348	1140	0,197	0,0493
4—4'	6000	1,038	0,2595	6000	1,038	0,2595
5—5'	3550	0,615	0,154	3600	0,624	0,156

При совместной работе всех пар „постоянные“ электродов 1—1'; 4—4' и 5—5' почти не изменяются. Значительное изменение „постоянных“ электродов 2—2' и 3—3' объясняется взаимным влиянием этих пар, действующих параллельно и расположенных на небольшом расстоянии друг от друга. Расхождение же между ними обуславливается влиянием электродов 1—1'.

Электрическое сопротивление между электродами в проектируемой печи определялось по формуле:

$$R_1 = c_1 \cdot \rho_1, \quad (4)$$

где ρ_1 — удельное сопротивление боросиликатного стекла 3С—5К, определяемое по кривой зависимости $\rho' = f(t)$ (рис. 4);

c_1 — „постоянная“ между электродами в печи.

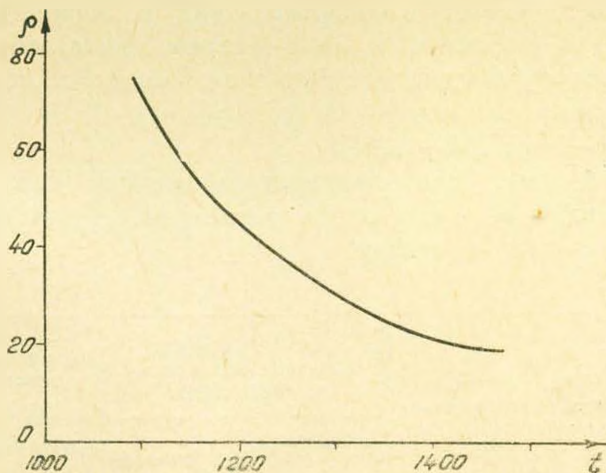


Рис 4

В табл. 4 приведены расчетные значения сопротивлений стекломассы между электродами в печи, удельное сопротивление которой определялось по заданным температурам.

Электрические сопротивления стекломассы между электродами в этой же печи при эксплуатации (сопротивление определялось по

Таблица 4

Пары электродов	Расчетная температура в °С	Удельное сопротивление стекла 2С-5К в 0,1 см	Данная пара при остальных отключенных электродах		При совместной работе всех электродов	
			постоянные между электродами в печи	сопротивление между электродами в печи	постоянные между электродами в печи	сопротивление между электродами в печи
1—1'	1350	25	0,0354	0,885	0,0359	0,896
2—2'	1400	21	0,0342	0,719	0,045	0,945
3—3'	1400	21	0,0348	0,730	0,0493	1,035
4—4'	1300	30,5	0,2595	7,9	0,2595	7,9
5—5'	1250	37	0,154	5,7	0,156	5,76

показаниям электрических измерительных приборов) в условиях нормального режима приведены в табл. 5.

Таблица 5

Пары электродов	1—1'	2—2'	3—3'	4—4'	5—5'
Сопротивления между электродами в печи	0,96—1,15	0,88—1,0	1,0—1,1	7,2—8,5	8,5—10

Как видно из таблиц 4 и 5, сопротивления в печи между парами электродов 2—2', 3—3' и 4—4' достаточно близко совпадают с расчетными сопротивлениями, определенными по модели при совместной их работе. Разница в сопротивлениях в зонах расположения электродов 1—1' (варочная) и 5—5' (выработочная), обусловливается тем, что температуры стекломассы в этих зонах, как показали измерения, были ниже расчетной—для электродов 1—1' на 30—40°С, а для электродов 5—5' на 100—140°С.

В табл. 6 даны сопротивления стекломассы между электродами, рассчитанные по модели и измеренные непосредственно в печи при фактических температурах:

Таблица 6

Пары электродов	Фактическая температура	Удельное сопротивление стекла 3С—5К	Данная пара при остальных отключенных электродах		При совместной работе всех электродов	
			сопротивление между электродами по модели	сопротивление в печи	сопротивление по модели	сопротивление в печи
1—1	1320	23,5	1,01	1,09	1,02	1,09
2—2	1400	21	0,719	0,742	0,945	0,91
3—3	1400	21	0,72	0,714	1,035	1,03

В зоне электродов 1—1' верхние неповаренные слои повышают значения сопротивления на 5—10% [2] по сравнению с расчетным по

модели. На остальных электродах эта разница меньше, ввиду большей температурной однородности стекломассы.

Результаты проведенных исследований показали, что при определении „постоянных“ между электродами на электрической модели ошибка измерения не превышает 5% и является наиболее точным для производства расчета.

Для сравнения в табл. 7 приведены данные, полученные в печи по модели и по формулам (1, 2).

Таблица 7

Пары электродов	В печи	По модели	По формуле 2	По формуле 1
1—1'	0,0368	0,0354	0,0408	0,026
2—2'	0,0357	0,0342	0,0496	0,0269
3—3'	0,0352	0,0348	0,0496	0,0269
4—4'	0,262	0,2595	—	—
5—5'	0,154	0,154	0,229	0,061

В опытной печи производился систематический контроль температуры стекломассы по его сопротивлению между электродами. При этом величина „постоянных“, определенных в электролитической модели, уточнялась непосредственно в печи при оптимальном режиме производства.

На основании уточненных „постоянных“ и измерения сопротивлений между электродами определялась температура стекломассы в зонах расположения электродов. На рис. 5 приведено распределение

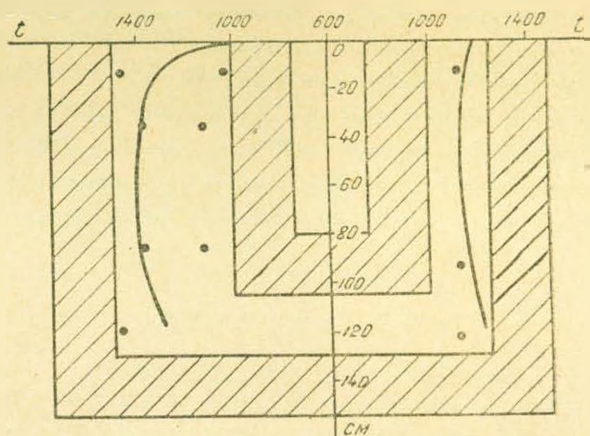


Рис. 5.

температур в печи, рассчитанное по сопротивлениям и „постоянным“ между электродами. Указанный способ дал возможность определять температуры и поддерживать оптимальный режим действующей печи № 5 за всю ее кампанию, лишь изредка прибегая к непосредственным замерам температуры в стекломассе с применением термопары для уточнения „постоянных“.

Ա. Ֆ. ՄԵԼԻՔ-ՀԱԽՆԱԶԱՐՅԱՆ, Կ. Մ. ՔԱԴԵՎՈՍՅԱՆ

ԱՊԱԿՈՒ ԷԼԵԿՏՐԱԶԱԼՄԱՆ ՎԱՌԱՐԱՆԻ ԷԼԵԿՏՐՈՂՆԵՐԻ ՄԻՋԵՎ,
ԵՂԱԾ ԴԻՄԱԳՐՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՄՈԳԵԼԱՑՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ

Ա մ փ ո ւ ռ 1 մ

Ապակու էլեկտրահալման վառարաններում երկու էլեկտրոդների միջև ընկած ապակեմասսայի էլեկտրական դիմադրության որոշման համար զույլ-թյուն ունեցող բանաձևերը (1, 2) տալիս են մոտավոր արժեքներ, որոնք երբեմն տարբերվում են իրականից 1, 5—2 անգամ: Դիմադրությունների հաշվումը զործող էլեկտրոդների մի քանի զույգերի առկայության կամ վառարանների բարդ կոնֆիգուրացիաների դեպքում, այս բանաձևերով գործնականորեն հնարավոր չէ:

ՀԱՍՈՒ ԺՏՈՒ-ի ՔԳԻ ինստիտուտում էլեկտրական վառարաններ նախագծելիս էլեկտրոդների միջև ընկած ապակեմասսայի էլեկտրական դիմադրության հաշվման պրակտիկայում կիրառվել և կիրառվում է նրա որոշումը էլեկտրոլիտիկ վաննաներում մոդելացման միջոցով:

Ապակեմասսայի դիմադրության չափումները էլեկտրոդների միջև անմիջապեսորեն փորձարկող № 5 վառարանում ցույց տվեցին համարյա լրիվ համընկում (տե՛ս աղյուսակ № 5) էլեկտրոլիտիկ վաննայի չափումներից ստացված տվյալների հետ:

№ 5 փորձական վառարանի փորձարկման ժամանակ նրա օպտիմալ ռեժիմը պահպանվել է էլեկտրոդների միջև ընկած ապակեմասսայի դիմադրությունը սխատեմատիկաբար հսկողության ենթարկելով, այսինքն $S = f(t)$ կորով և (4) բանաձևով, պահպանվել է համապատասխան անհրաժեշտ ջերմաստիճան էլեկտրոդների զսաավորման զոնաներում:

Վերոհիշյալի հիման վրա առաջարկվում է՝

1. էլեկտրոդների միջև ընկած ապակեմասսայի դիմադրությունը որոշել մոդելացման միջոցով էլեկտրոլիտիկ վաննայում, որպես ամենաճշգրիտ եղանակ:

2. Վառարանի օպտիմալ ռեժիմը պահպանել էլեկտրոդների միջև ընկած ապակեմասսայի դիմադրությունը սխատեմատիկ հսկողության ենթարկելով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Пейшес И. Journ. Soc. Glass, Techn, 1948, 32, с. 399.
2. Научно-технический информационный бюллетень ВНИИС, № 5, 1952.
3. Отчет по научной поездке в Швейцарию. Под редакцией Макарова, 1958.
4. Борель Э. „Практические стороны электрической варки стекла“. Информационный бюллетень 4 (21), 1957.
5. Венников. „Моделирование в электротехнике“. Госэнергоиздат, 1948.
6. Корсак С. П. „Электрические водонагреватели и паровые котлы“. Госэнергоиздат, 1954.
7. Корнелиус И. „Электрическая варка стекла“. Информационный бюллетень 4 (21), 1958.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. Г. НАЗАРОВ

ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ ЧИСЛА И ТЕХНИКА ВЫЧИСЛЕНИЯ

С 1 января 1957 г. введен в действие ГОСТ 8032—56 „Стандарт на предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел“. Мы не будем останавливаться на исключительной важности этого мероприятия, роль которого в стандартизации промышленной продукции нашей страны будет неуклонно возрастать [1, 2, 3]. Нас заинтересовало, в частности, упрощение в подсчетах различных параметров стандартных изделий, основанное на применении предпочтительных чисел, являющихся по существу антилогарифмами. Простой анализ показывает возможность осуществления любых арифметических операций на основе предпочтительных чисел. Для этого при заданной системе предпочтительных чисел следует исключить из рассмотрения все другие числа (т. е. запретить их применение). При *арифметических действиях следует неизменно пользоваться предпочтительным числом, ближайшим к данному числу*. Таким образом сами числа должны быть стандартизованы.

В табл. 1 приведены для примера предпочтительные числа, отвечающие ряду $q^N = x$ при условии $q^{100} = 10$, при $0 \leq N \leq 99$. Любое предпочтительное число y может быть представлено как

$$y = 10^{\pm n} \cdot x. \quad (1)$$

Поэтому, если $y = q^{N'}$, то должно быть

$$N' = N \pm 100n. \quad (2)$$

Таблица 1

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,00	1,02	1,05	1,07	1,10	1,12	1,15	1,17	1,20	1,23
1	1,26	1,29	1,32	1,35	1,38	1,41	1,45	1,48	1,51	1,55
2	1,58	1,62	1,66	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,91	1,95
3	2,00	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	2,34	2,40	2,45
4	2,51	2,57	2,63	2,69	2,75	2,82	2,88	2,95	3,02	3,09
5	3,16	3,24	3,31	3,39	3,47	3,55	3,63	3,72	3,80	3,89
6	3,98	4,07	4,17	4,27	4,37	4,47	4,57	4,68	4,79	4,90
7	5,01	5,13	5,25	5,37	5,50	5,62	5,75	5,89	6,03	6,17
8	6,31	6,46	6,61	6,76	6,92	7,08	7,24	7,41	7,59	7,76
9	7,94	8,13	8,32	8,51	8,71	8,91	9,12	9,33	9,55	9,77

Таким образом, N' образует натуральный ряд от $-\infty$ до $+\infty$. Члены этого ряда удобно рассматривать как номера соответствующих предпочтительных чисел.

Так, например, предпочтительному числу $x = 2,57$ отвечает $N = 41$ (табл. 1). Следовательно, предпочтительным числом $x = 25,7$; $x = 257$; $x = 0,257$; $x = 0,0257$ соответственно отвечают номера: $N = 41 + 100 = 141$; $N = 41 + 200 = 241$; $N = 41 - 100 = -59$; $N = 41 - 200 = -159$. Здесь под N подразумевается и N' (2). При принятом условии $q^{100} = 10$ или $q \sim 1,023$, два любых соседних предпочтительных числа отличаются на $2,3\%$.

Таким образом, для данного случая всякое число может быть заменено предпочтительным числом с точностью $\sim 1.15\%$. Если в основу счета принять $q^{1000} = 10$, т. е. $q \sim 1,0023$, то всякое число может быть заменено предпочтительным числом с точностью $\sim 0,115\%$, что достаточно для подавляющего большинства вычислений.

Умножение, деление и возведение в степень предпочтительных чисел опять-таки приводят к предпочтительному числу. Номер произведения равен сумме номеров слагаемых, номер частного равен разности номеров делимого и делителя, номер степени числа равен номеру числа, помноженному на степень. При извлечении корня из предпочтительного числа следует разделить его номер на показатель радикала. Если номер делится без остатка, то при извлечении корня мы получаем опять-таки предпочтительное число. Если номер не делится, то за частное принимается ближайшее целое число. Следовательно результат извлечения корня приближенно представляется ближайшим предпочтительным числом.

Условимся за номер отрицательного числа принимать номер положительного числа с чертой поверху. Например, для

$$x = -2,57; N = \overline{41}; x = -0,257; N = \overline{-59}.$$

Операция сложения осуществляется с помощью табл. 2. Она составлена следующим образом.

Таблица 2

(Сложение)

α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
0-1	30	15-16	23	34-36	16	62-66	9	123-146	2
2-3	29	17-18	22	37-39	15	67-72	8	147-194	1
4-5	28	19-21	21	40-43	14	73-79	7	> 194	0
6-7	27	22-24	20	44-47	13	80-87	6		
8-9	25	25-27	19	48-51	12	88-96	5		
10-12	25	28-30	18	52-56	11	97-107	4		
13-14	24	31-33	17	57-61	10	108-122	3		

Рассмотрим суммирование двух предпочтительных чисел

$$x = q^m + q^n,$$

где, конечно, m и n целые числа, причем для определенности $m > n$. Тогда

$$x = q^m (1 + q^{n-m}) = q^m (1 + q^{-a}), \quad a = m - n.$$

Значение $1 + q^{-a}$ заменяем ближайшим предпочтительным числом q^β . Таким образом,

$$x \approx q^m q^\beta = q^{m+\beta}, \quad \text{т. е. } N = m + \beta.$$

В табл. 2 приведены значения β в зависимости от a .

Таким образом, чтобы найти номер суммы двух предпочтительных чисел, нужно из номера большего слагаемого вычесть номер меньшего слагаемого, по полученному значению a найти значение β и добавить его к номеру большего числа.

Операция вычитания осуществляется с помощью табл. 3. Она составлена следующим образом.

Таблица 3

(Вычитание)

a	γ	a	γ	a	γ	a	γ	a	γ
8	77	19	45	30	30	45—46	19	76—79	8
9	73	20	43	31	29	47	18	80—85	7
10	69	21	42	32	28	48—49	17	86—92	6
11	65	22	40	33—34	27	50—52	16	93—100	5
12	62	23	38	35	26	53—54	15	101—111	4
13	59	24	37	36	25	55—57	14	112—124	3
14	56	25	36	37	24	58—60	13	125—146	2
15	53	26	35	38—39	23	51—63	12	147—194	1
16	51	27	33	40	22	64—66	11	194	0
17	49	28	32	41—42	21	67—70	10		
18	47	29	31	43—44	20	71—75	9		

Рассмотрим вычитание

$$x = q^m - q^n,$$

где по-прежнему $m > n$. Тогда

$$x = q^m (1 - q^{n-m}) = q^m (1 - q^{-a}).$$

Значение $1 - q^{-a}$ заменяем ближайшим предпочтительным числом $q^{-\gamma}$. Таким образом,

$$x \sim q^m q^{-\gamma} = q^{m-\gamma}, \quad \text{т. е. } N = m - \gamma.$$

В табл. 3 приведены значения γ в зависимости от a . Таким образом, чтобы найти номер разности двух предпочтительных чисел, нужно из большего номера вычесть меньший номер; по полученному значению a найти значение γ и вычесть его из большего номера. Если разность отрицательна, то над полученным номером ставится черта. При малом различии между n и m , т. е. при малом a , получается разность двух чисел, близких по величине, и ошибка при замене чисел предпочтительными числами может существенно возра-
стать.

В табл. 3 приведены значения γ при $\alpha \geq 8$, что отвечает примерно допуску предельной ошибки при вычитании близких чисел порядка $\pm 5\%$. Ясно, что при разности близких по величине чисел следует пользоваться более подробными предпочтительными числами, скажем на основе $q^{1000} = 10$; $q^{10\ 000} = 10$, в зависимости от требуемой точности.

Теперь мы можем полностью определить арифметические операции с помощью номеров предпочтительных чисел.

Пусть заданы какие-либо арифметические действия над какими-либо числами. Эти числа заменяются номерами ближайших предпочтительных чисел. При этом операции умножения, деления, возведения в степень и извлечения корня соответственно заменяются операциями сложения, вычитания, умножения и деления по установленным выше правилам. Символы сложения и вычитания над числами заменяются вертикальными чертами. Они означают, что надо пользоваться таблицами 2 и 3. Пример 1. Найти

$$x = [(12,4 : 5,4)^{2,5} + (59 \times 0,45^{1,4})^{1/2}.$$

Соответствующие действия над номерами ближайших предпочтительных чисел (см. табл. 1 и формулы (1) и (2)) имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} x &= [(9 + 100 - 73) \times 2,5 | (77 + 100 + 65 - 100) \times 1,4] : 2 = \\ &= [36 \times 2,5 | 142 \times 1,4] : 2 = [90 | 199] : 2. \end{aligned}$$

Так как над числами 90 и 199 нет черты, то это означает, что соответствующие предпочтительные числа положительны и следовательно имеет место сложение. Если бы над ними обоими были бы черты, то опять-таки мы имели бы сложение, причем над результирующим предпочтительным числом также надо поставить черту.

Вычитая из большего числа меньшее, получим:

$$199 - 90 = 109.$$

В соответствии с табл. 2 для $\alpha = 109$ находим $\beta = 3$. Следовательно искомый номер суммы есть

$$199 + 3 = 202.$$

Итак

$$N = [90 | 199] : 2 = [202] : 2 = 101.$$

Искомое значение находится по табл. 1 и формулам (1), (2):

$$x = 1,02 \times 10 = 10,2.$$

Значение x с первыми четырьмя точными знаками есть 10,32. Пример 2. Найти

$$x = [(12,4 : 5,4)^{2,5} - (59 \times 0,45)^{1,4}]^2.$$

Соответствующие действия над номерами ближайших предпочтительных чисел имеют следующий вид;

$$\begin{aligned} N &= [(9 + 100 - 73) 2,5 | (77 + 100 + 65 - 100) \times 1,4] \times 2 = \\ &= [90 | 199] \times 2. \end{aligned}$$

Здесь мы имеем вычитание. Поэтому по изложенному выше правилу находим разность $\alpha = 199 - 90 = 109$.

Из табл. 3 находим $\gamma = 4$. Стало быть, номер разности $199 - 4 = 195$. Поскольку большее число при вычитании было отрицательно, то $N = 195$.

Итак $N = [90 \mid 199] \times 2 = 195 \times 2 = 390$.

Номер стал положительным, так как предпочтительное число возведено в квадрат.

По табл. 1 находим искомое число

$$x = 1000 \times 7,94 = 7940.$$

Точное значение $x = 8202$.

Приведенные таблицы 1, 2 и 3 примерно обеспечивают точность обыкновенной логарифмической линейки. Поэтому большую ценность, конечно, имеют таблицы на основе $q^{1000} = 10$ и более.

Предлагаемый способ счета имеет следующие достоинства:

1. Относительное различие между двумя смежными значениями двух предпочтительных чисел

$$\frac{q^n - q^{n-1}}{q^{n-1}} \times 100 = (q - 1) \times 100\%$$

не зависит от абсолютных величин чисел, т. е. является величиной постоянной. Стало быть, при замене числа предпочтительным числом мы *автоматически обеспечиваем заданную относительную погрешность в вычислениях, определяемую выбранным значением q* ;

2. Логарифмы предпочтительных чисел, т. е. их номера, всегда представляют собою целые числа, что удобно для вычислений.

3. Операции интерполирования при пользовании таблицами упрощены. Выгоднее применять таблицы на порядок точнее чем интерполировать.

4. Сложные операции вычисления заменены более простыми (вместо возведения в степень — умножение, умножения — сложение и т. д.);

5. Достаточен весьма малый запас чисел для охвата большого диапазона изменения величин, что также представляет существенное удобство в особенности для запоминающих устройств.

Рассмотрим, например, предельные значения длин, измеренных человеком.

Наименьшая величина — это размер ядра атома, которая является величиной порядка 10^{-13} см. Наибольшая измеренная длина — это предельное расстояние до наиболее удаленных наблюдаемых галактик, измеряемой в 10 миллиардов световых лет, чему соответствует 10^{28} см. Если за знаменатель геометрической прогрессии принять $q^{100} = 10$, то достаточно лишь 4100 различных чисел между этими двумя предельными числами, чтобы определить любую длину с точностью $\sim 1\%$. При знаменателе прогрессии $q^{1000} = 10$, достаточно толь-

ко 41.000 различных чисел, чтобы любую длину в этом огромном диапазоне определить с точностью $\sim 0,1\%$.

Не исключена целесообразность использования рассматриваемого способа счета на вычислительных машинах. Программирование вычислительных операций может быть осуществлено непосредственно для номеров предпочтительных чисел. Таблицы типа 2 и 3 должны быть занесены в запоминающее устройство.

Поступило 15.III.1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Кураков И. Г. Журн. „Стандартизация“, № 1, 1954.
 2. Каченко В. В. Журн. „Стандартизация“, № 1, 1956.
- ГОСТ 8032—56.

А. Г. НАЗАРЯН, М. С. ПОХСАРЯН, М. И. ТЕР-АСТВАЦАТРЯН

МОДЕЛИРОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В связи с понижением уровня озера Севан происходит опускание базиса эрозии рек, впадающих в озеро, что сопровождается боковой и особенно усиленной донной эрозией.

Целью данного исследования является установление характера изменения продольных профилей рек при дальнейшем спуске уровня озера, что необходимо для проектирования соответствующих русло-регулирующих сооружений. Одним из путей решения этой задачи является лабораторное исследование на русловых моделях. Моделирование процесса руслообразования осуществляется путем применения трех друг от друга независимых соотношений: морфометрическая зависимость, обобщенная формула Маннинга и условие подвижности размываемого русла.

Морфометрическая зависимость, предложенная М. А. Великановым [1], связывает относительную ширину потока $\frac{b}{d}$ с его основными элементами: расходом q , средним диаметром частиц грунта — d и уклоном ложа реки i .

$$\frac{b}{d} = \alpha \left[\frac{q}{d^2 \sqrt{gdi}} \right]^x \quad (1)$$

Численные значения α и x определяли путем анализа натуральных данных для рек бассейна озера Севан (рис. 1).

Обобщенная формула Маннинга связывает среднюю скорость потока u_{cp} как с уклоном i и глубиной h так и со средним диаметром частицы грунта d

$$u_{cp} = \beta \left(\frac{h}{d} \right)^n \sqrt{ghi} \quad (2)$$

ко 41.000 различных чисел, чтобы любую длину в этом огромном диапазоне определить с точностью $\sim 0,1\%$.

Не исключена целесообразность использования рассматриваемого способа счета на вычислительных машинах. Программирование вычислительных операций может быть осуществлено непосредственно для номеров предпочтительных чисел. Таблицы типа 2 и 3 должны быть занесены в запоминающее устройство.

Поступило 15.III.1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Кураков И. Г. Журн. „Стандартизация“, № 1, 1954.
2. Каченко В. В. Журн. „Стандартизация“, № 1, 1956.
ГОСТ 8032—56.

А. Г. НАЗАРЯН, М. С. ПОХСАРЯН, М. И. ТЕР-АСТАЦАТЯН

МОДЕЛИРОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В связи с понижением уровня озера Севан происходит опускание базиса эрозии рек, впадающих в озеро, что сопровождается боковой и особенно усиленной донной эрозией.

Целью данного исследования является установление характера изменения продольных профилей рек при дальнейшем спуске уровня озера, что необходимо для проектирования соответствующих руслорегулирующих сооружений. Одним из путей решения этой задачи является лабораторное исследование на русловых моделях. Моделирование процесса руслообразования осуществляется путем применения трех друг от друга независимых соотношений: морфометрическая зависимость, обобщенная формула Маннинга и условие подвижности размываемого русла.

Морфометрическая зависимость, предложенная М. А. Великановым [1], связывает относительную ширину потока $\frac{b}{d}$ с его основными элементами: расходом q , средним диаметром частиц грунта — d и уклоном ложа реки i .

$$\frac{b}{d} = \alpha \left[\frac{q}{d^2 \sqrt{gdi}} \right]^x \quad (1)$$

Численные значения α и x определяли путем анализа натуральных данных для рек бассейна озера Севан (рис. 1).

Обобщенная формула Маннинга связывает среднюю скорость потока u_{cp} как с уклоном i и глубиной h так и со средним диаметром частицы грунта d

$$u_{cp} = \beta \left(\frac{h}{d} \right)^n \sqrt{ghi} \quad (2)$$

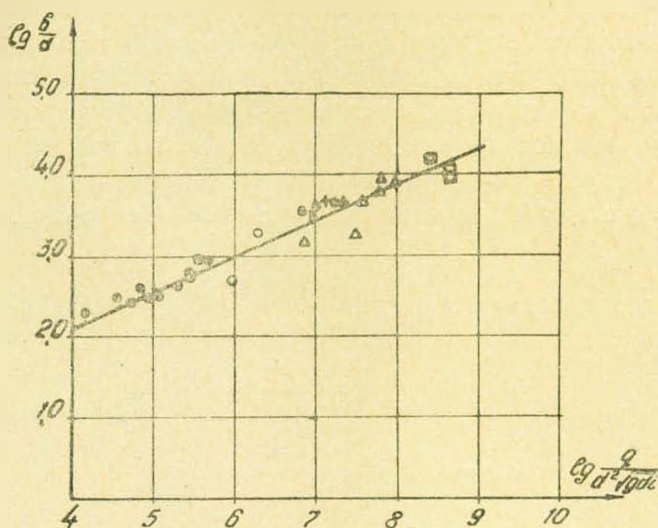


Рис. 1.

n — показатель степени по Гончарову $n = \frac{1}{6}$,

β — постоянный коэффициент (по Гончарову $\beta = 6,25$).

Условие подвижности представляется в виде безразмерного комплекса.

$$\frac{hi}{\sigma d} = f, \quad (3)$$

σ — относительная плотность

$$\sigma = \frac{\rho_n - \rho}{\rho} = \frac{\gamma_n - \gamma}{\gamma},$$

ρ_n, γ_n — плотность и уд. вес наносов,

ρ, γ — плотность и уд. вес воды,

f — коэффициент сопротивления подвижного русла [2].

Представим уравнения (1) — (3) в виде масштабных коэффициентов с соответствующими индексами, учитывая при этом и два очевидных соотношения

$$q = u_{cp} \cdot b \cdot h \text{ и } i = \frac{h}{L},$$

получим:

$$\alpha_b = \alpha_d^{-0,25} \alpha_q^{0,5} \alpha_h^{0,25} \alpha_i^{-0,25}$$

$$\alpha_u = \alpha_d^{-0,167} \alpha_h^{0,667} \alpha_i^{0,5}$$

$$\alpha_h \cdot \alpha_i = \alpha_f \alpha_\sigma \alpha_d$$

$$\alpha_q = \alpha_u \cdot \alpha_b \cdot \alpha_h$$

$$\alpha_\sigma = \alpha_h \alpha_e^{-1}.$$

(4)

Допускается, что масштаб длины α_l задан из условия площади лаборатории, а масштабы плотности α_s и диаметров α_d определяются в зависимости от свойства и характеристик песка-заменителя. Значение α_f для автомодельной зоны постоянное $\alpha_f = 1$. В случае когда процесс происходит не в зоне квадратичного обтекания, значение α_f определяется по графикам И. В. Егнazarова [2].

Решая систему (4) по отношению к величинам α_b , α_d , α_s и α_f , получим:

$$\begin{aligned}\alpha_b &= \alpha_e \left(\frac{\alpha_e}{\alpha_d} \right)^{-0,167} \cdot (\alpha_s \cdot \alpha_f)^{0,813} \\ \alpha_h &= \alpha_e \left(\frac{\alpha_e}{\alpha_d} \right)^{-0,5} (\alpha_s \cdot \alpha_f)^{0,5} \\ \alpha_u &= \alpha_e^{0,5} \left(\frac{\alpha_e}{\alpha_d} \right)^{-0,416} \cdot (\alpha_s \cdot \alpha_f)^{0,583} \\ \alpha &= \alpha_e^{2,5} \cdot \left(\frac{\alpha_e}{\alpha_d} \right)^{-1,088} \cdot (\alpha_s \cdot \alpha_f)^{1,916}.\end{aligned}\quad (5)$$

Натурные значения величин моделируемой реки входящие в выражения (1) — (4) следующие:

$$d = 0,002 \text{ м}, \quad h = 0,60 \text{ м}, \quad b = 35,0 \text{ м}, \quad q = 20 \text{ м}^3/\text{сек},$$

$$i = 0,003, \quad u_{\text{ср}} = 0,95 \text{ м/сек}, \quad \gamma = 2,65 \text{ т/м}^3.$$

Исходя из практической возможности был выбран продольный масштаб модели $\alpha_e = 100$ и материал модели (туфовой песок) с характеристиками

$$d = 0,8 \text{ мм} \text{ и } \gamma = 2,20 \text{ т/м}^3.$$

Согласно [2] принимается $\alpha_f = 1$.

По соотношению (5) были подсчитаны все остальные параметры модели.

На основании этих подсчетов на площади открытой лаборатории института была построена модель реки Аргичи впадающей в озеро Севан. Модель охватывала часть озера с устьевой частью реки и занимала площадь более 600 м^2 (длина 60 м, ширина 10 м). Дно озера и ложе реки были сформированы из туфового песка, по профилю местности, соответствующей 1930 году (до начала спуска озера). Перед началом опыта бассейн (озеро) наполнялся водой до соответствующей отметки, затем по модельной реке подавалось необходимое количество воды, соответствующее расходу реки.

Спуск горизонта воды производился согласно графику понижения уровня и с учетом волновой деятельности озера. Анализом натурных данных было установлено, что основные деформации русла происходят в течение паводка.

Исходя из этого, на модели паводок продолжался до тех пор, пока устанавливалось стабильное состояние процессов деформации для данного уровня озера. После прохождения паводка спускался горизонт уровня озера. Опыты повторялись для каждого уровня стояния воды в озере.

На рис. 2 и 3 приведены результаты опытов по определению продольного профиля модельной реки в связи со спуском базиса эрозии.

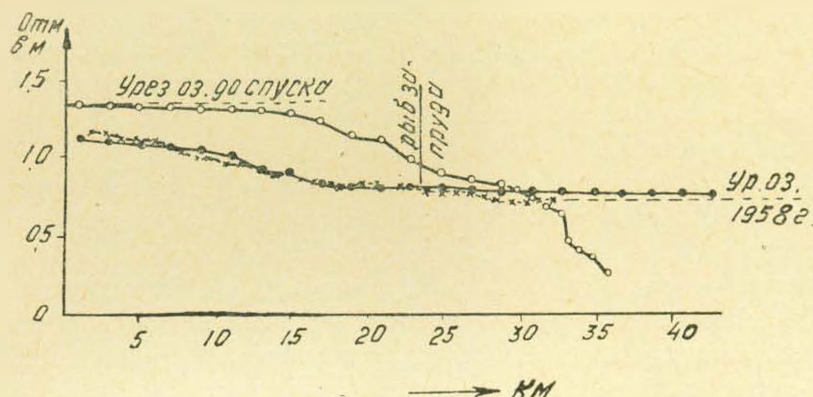


Рис. 2.

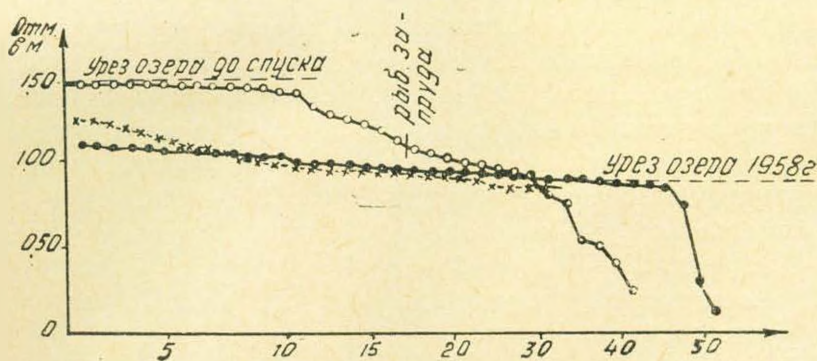


Рис. 3.

Там же представлены профили реки до и после спуска уровня озера. Как видно из рисунков, результаты модельных исследований удовлетворительно согласуются с данными натурных наблюдений.

Поступило 10.IV 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Великанов М. А. Динамика русловых потоков, ч. II. М., 1955.
2. Егiazаров И. В. Моделирование русловых процессов. ДАН СССР, т. 92, № 4, 1953.
3. Егiazаров И. В. Транспортирующая способность открытых потоков. Изд. АН СССР ОТН, № 2, 1956.

Б. И. БЕК-МАРМАРЧЕВ, В. Н. ЖАМАГОРЦЯН

О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОГО СТОКА,
ВЫНОСИМОГО РЕКАМИ В ОЗЕРО СЕВАН

В результате опускания уровня озера реки пробивают себе русла в донных отложениях озера, благодаря чему естественный твердый сток обогащается большим количеством наносов.

Сходство физико-географической обстановки на побережье позволяет ограничиваться определением объема твердого стока только некоторых притоков озера. Наблюдения велись только на рр. Аргичи, Цаккар и Бахтак.

Объем вынесенного твердого материала определялся путем непосредственного обмера подводного конуса выноса реки. Основное количество наносов поступает в озеро в паводковый период. Поэтому соответствующие съемки производились до и после паводка.

Съемка производилась по заранее разбитым на берегу створам, путем эхолотных промеров. Последние позволили получить достаточно точно линию профиля дна. Промеры производились эхолотом ПЭЛ-1, до глубины 6—8 м. При этом был охвачен участок подводного конуса выноса каждой реки на площади около 500×500 м. Эхолот был установлен на шлюпке ЯЛ-4, снабженной подвесным мотором типа „Чайка“, обеспечивающим скорость 5—7 км/час. При такой скорости наблюдатели, находящиеся на берегу, успевали засекать положение шлюпки при ее движении. Кроме того, в этих условиях обеспечивалась хорошая запись на ленте эхолота. Засечки производились двумя теодолитами, установленными на расстоянии 600—800 м друг от друга. Створы, по которым снимались профили, находились друг от друга на расстоянии 20—50 м.

Путем наложения профилей до и после паводка определялся объем вынесенного материала.

Для суждения о гранулометрическом и петрографическом составе грунтов, залегающих в устьевой части реки, до и после паводка были взяты пробы грунта.

Специально проведенная аэрофотосъемка побережья в районе устьев исследуемых рек показала, что по мере снижения уровня озера очертание его береговой линии изменяется и последняя все больше и больше вдается в озеро. Это становится особенно наглядным при сопоставлении зафиксированных аэросъемкой следов различных уровней озера с данными батиметрической карты 1930 г. (т. е. до начала понижения уровня озера). Изменение формы береговой линии говорит о развитии конуса выноса.

С целью определения объема твердого стока была использована батиметрическая карта 1930 г. масштаба 1:10000 и план в горизонта-

лях 1957 г. того же масштаба. Наложение друг на друга профилей, построенных по этим двум съемкам, позволило установить, какие изменения произошли на данной территории за 27 лет в результате развития здесь эрозионных и аккумулятивных процессов.

Полученные данные легли в основу определения ежегодного количества наносов, приносимых реками в озеро Севан, в условиях непрерывного снижения его уровня.

Поступило 10.IV 1959

Р. А. МОВСЕСЯН

ПОДСТАВКА ДЛЯ ЛОТАППАРАТА

В геодезических работах измерение базисов триангуляции, а также сторон полигонометрических ходов производятся подвесными мерными приборами. При использовании таких приборов (инварных проволоков, инварных лент) является необходимость в перенесении точки, отмечающей на земле начало или конец всей линии или части ее, на штатив. Для этой цели служат специальные приборы, называемые оптическими отвесами или лотаппаратами. Лотаппараты конструктивно выполняются, обычно, в виде двух разъемных основных частей—визирной трубки с прикрепленными к ней уровнями и подставки.

Предлагаемая конструкция является подставкой для лотаппарата и приспособлена к использованию оптической трубки от лотаппарата ЛА-5.

Выпускаемые отечественными заводами лотаппараты ЛА-5 к базисным приборам БП-2 и БП-3 и широко применяемые на производстве при полигонометрических работах, имеют, на наш взгляд, следующие недостатки.

Во-первых, установка лотаппарата над точкой производится передвижением прибора только вручную, без применения каких-либо установочных микрометрических винтов.

Во-вторых, вследствие того, что плоскость головки штатива, на который ставится лотаппарат, устанавливается в горизонтальное положение приблизительно („на глаз“), при перемещении по ней лотаппарата визирная ось его трубки отклоняется от вертикального положения, поэтому установку приходится производить методом последовательных приближений.

В-третьих, при закреплении станкового винта, после установки лотаппарата над точкой, не исключена возможность сдвига прибора на головке штатива.

В предлагаемой подставке устранены перечисленные выше недостатки. Она имеет следующее устройство (рис. 1).

лях 1957 г. того же масштаба. Наложение друг на друга профилей, построенных по этим двум съемкам, позволило установить, какие изменения произошли на данной территории за 27 лет в результате развития здесь эрозионных и аккумулятивных процессов.

Полученные данные легли в основу определения ежегодного количества наносов, приносимых реками в озеро Севан, в условиях непрерывного снижения его уровня.

Поступило 10.IV 1959

Р. А. МОВСЕСЯН

ПОДСТАВКА ДЛЯ ЛОТАППАРАТА

В геодезических работах измерение базисов триангуляции, а также сторон полигонометрических ходов производятся подвесными мерными приборами. При использовании таких приборов (инварных проволоков, инварных лент) является необходимость в перенесении точки, отмечающей на земле начало или конец всей линии или части ее, на штатив. Для этой цели служат специальные приборы, называемые оптическими отвесами или лотаппаратами. Лотаппараты конструктивно выполняются, обычно, в виде двух разъемных основных частей—визирной трубки с прикрепленными к ней уровнями и подставки.

Предлагаемая конструкция является подставкой для лотаппарата и приспособлена к использованию оптической трубки от лотаппарата ЛА-5.

Выпускаемые отечественными заводами лотаппараты ЛА-5 к базисным приборам БП-2 и БП-3 и широко применяемые на производстве при полигонометрических работах, имеют, на наш взгляд, следующие недостатки.

Во-первых, установка лотаппарата над точкой производится передвижением прибора только вручную, без применения каких-либо установочных микрометрических винтов.

Во-вторых, вследствие того, что плоскость головки штатива, на который ставится лотаппарат, устанавливается в горизонтальное положение приблизительно („на глаз“), при перемещении по ней лотаппарата визирная ось его трубки отклоняется от вертикального положения, поэтому установку приходится производить методом последовательных приближений.

В-третьих, при закреплении станкового винта, после установки лотаппарата над точкой, не исключена возможность сдвига прибора на головке штатива.

В предлагаемой подставке устранены перечисленные выше недостатки. Она имеет следующее устройство (рис. 1).

В стальное кольцо (1) наглухо впрессована втулка (2), кольцо и втулка могут быть также отлиты в виде цельной части. Во втулку (2) вставляется визирная трубка лотаппарата, а для закрепления ее служит винт (3). В средней части кольцо (1) имеет вид усеченного ко-

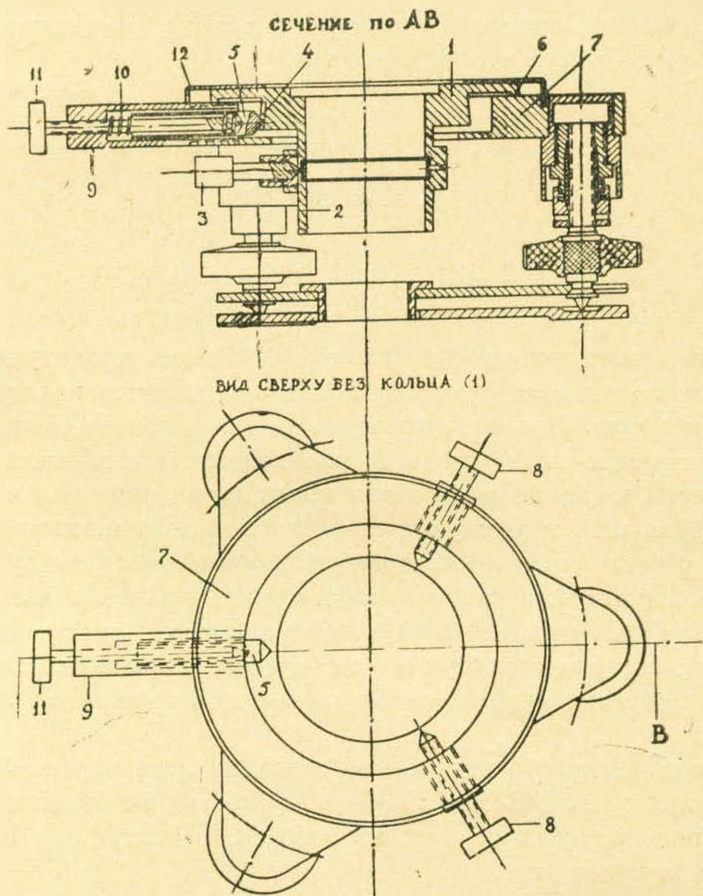


Рис. 1.

нуса, на поверхности его сделана прорезь (4), в которую упирается конец ползунка (5). По окружности кольца (1) имеется выступ (6), шириной в 2 мм, которым кольцо опирается на отшлифованную поверхность плиты (7). В плите (7) установлены микрометрические винты (8) и втулочка (9) с пружиной (10) и ползунком (5). По оси втулочка (9) проходит винт (11), последний при надобности можно упереть во внутреннюю поверхность ползунка (5), что обеспечит полную неподвижность кольца относительно плиты. Винты (8) своими концами упираются в коническую поверхность кольца (1), а ползунок в прорезь (4), при этом кольцо (1) действием пружины (10) прижимается к поверхности плиты. С помощью микрометрических винтов и пружины кольцо (1) вместе с визирной трубкой может плавно перемещаться (скользить) по гладкой поверхности плиты в пределах

6 мм от ее середины. Для предохранения от загрязнения служит кожух (12).

Устройство подъемных винтов и трегера такое же, как и у стандартных подставок от теодолитов. К головке штатива подставка прикрепляется становой винт с отверстием диаметром 20 мм. Для предварительного центрирования становой винт имеет дужку для нитяного отвеса

Основное условие, которому должна удовлетворять подставка, заключается в следующем.

Плоскость выступа (6), которым кольцо (1) опирается на отшлифованную поверхность плиты (7), должна быть перпендикулярна к оси втулки (2).

Это условие должно быть выдержано при изготовлении кольца (1). Работа лотаппарата с подставкой предлагаемой конструкции производится следующим образом:

Установив над точкой местности штатив и придав головке штатива, по возможности, горизонтальное положение, устанавливают на ней лотаппарат. Приведя подъемными винтами пузырьки уровней на середину, передвигают подставку по головке штатива и устанавливают лотаппарат по нитяному отвесу над точкой, после чего закрепляют становой винт.

При передвижении подставки пузырьки уровней, как правило, сойдут с середины, так как плоскость головки штатива не находится строго в горизонтальном положении. Поэтому после закрепления станowego винта вновь приводят оси уровней в горизонтальное положение, затем, действуя микрометрическими винтами (8) передвигают кольцо (1) по плоскости плиты (7) и наводят визирную ось трубки на точку.

Ввиду того, что в выверенном лотаппарате оси уровней перпендикулярны к оси вращения трубки, а ось вращения совмещена с осью втулки (2) подставки, то при перемещении кольца (1) по плоскости плиты (7) оси уровней будут оставаться в горизонтальном положении, следовательно визирная ось трубки выверенного лотаппарата, совпадающая с осью вращения его, будет перемещаться, оставаясь параллельной вертикальному направлению. Общий вид подставки вместе с вставленной в нее визирной трубкой приведен на рис. 2.

Указанные конструктивные особенности подставки дают возможность значительно ускорить процесс установки лотаппарата над точкой, а следовательно и весь процесс измерения линий подвесными мерными приборами, вместе с этим наличие микрометрических винтов повышает точность наведения визирной оси на точки.

Следует отметить, что хотя в лотаппаратах к базисным приборам БП-1, применяемым в первоклассных триангуляциях, также создана возможность сохранения вертикального положения визирной оси лотаппарата при установке его над точкой, однако, это сделано за

счет значительного усложнения конструкции. Очевидно, именно по этой причине приборы эти не выпускаются для массового применения в полигонометрии, где приходится наиболее широко пользоваться лотаппаратами.

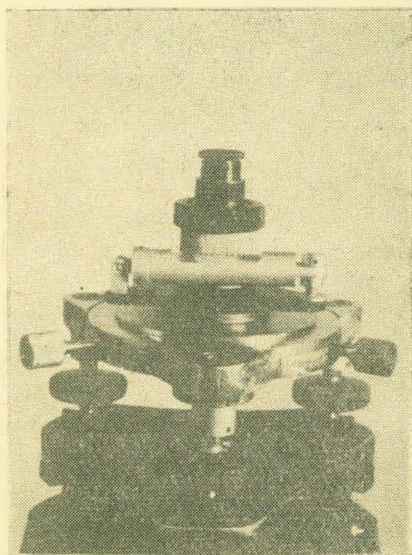


Рис. 2.

Предлагаемая конструкция подставки для лотаппарата отличается сравнительной простотой и надежностью в работе. Принцип ее устройства применен также в оптическом проекторе [1].

В настоящее время подставки, изготовленные в механических мастерских Ереванского политехнического института с успехом используются на полигонометрических работах, проводимых изыскательским сектором „Армжилгражданпроекта“.

Поступило 27.VI 1959

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Мовсесян Р. А. „Известия Академии наук Армянской ССР“ (серия технических наук), т. XI, № 2, 1958.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Հիդրոէներգետիկա

Բ. Հ. Նեղիազարյան. Հիդրոէկայանի օրական կանոնավորումը վերին ջրամբարով և ոչ ճնշման զերիվացիոն ջրանցքի կանոնավորման հնարավորությունները	3
--	---

Հիդրոսելեկտիկա

Հ. Ա. Ասլամազյան. Հիդրոտուրբինների էներգետիկ փորձարկումները չհաստատված սեփիմներում	13
--	----

Շինարարական կոնստրուկցիաներ

Շ. Ա. Գյուլիսայան. Հայաստանի հարթավայրային շրջանների կոլտնտեսականի բընակելի տան նախագծումը	21
--	----

Փիմիական սելեկուցիա

Ա. Մ. Կասպարյան, Ա. Հ. Զամինյան. Մասնիկների կաշկանդված անկում (հաղորդում 2)	31
Ա. Ֆ. Մելիր-Հախնազարյան, Կ. Մ. Թադիսայան. Ապակու էլեկտրահալման վառարանի էլեկտրոդների միջև եղած զիմագրություն օրոշումը մոդելացման միջոցով	47

Փիսական ճոթեր

Ա. Գ. Նազարով. Գերազանցի թվերը և նրանց հաշվման տեխնիկան	55
Ա. Գ. Նազարյան, Մ. Ս. Փոխարարյան, Մ. Ի. Տեր-Աստվածատրյան. Հունային պրոցեսների մոդելացումը մորֆոմետրիկ անալիզի հիման վրա	60
Բ. Ի. Բեկ-Մարմարչև, Վ. Ն. Փամազորձյան. Սևանա լիճը թափվող ղետերի ջրաբերուկային կոշտ հոսանքի օրոշման մեթոդիկայի մասին	64
Ռ. Ա. Մովսիսյան. Պատվանդան լուսապարտի համար	65

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Гидроэнергетика

Б. О. Егиазарян. Суточное регулирование ГЭС вышележащим водохранилищем и регулирующая способность безнапорного деривационного водовода	3
--	---

Гидротехника

А. А. Асламзян. Энергетическое испытание гидротурбин при неустановившихся режимах	13
---	----

Строительные конструкции

Ш. А. Гюльхасян. К проектированию сельского жилого дома для низменных районов Армении	21
---	----

Химическая технология

А. М. Гаспарян, А. А. Заминян. Стесненное падение частиц (сообщение 2)	31
А. Ф. Мелик-Ахназаов, К. М. Татевосян. Определение сопротивления между электродами электростекловаренной печи моделированием	47

Стр

Научные заметки

<i>А. Г. Назаров.</i> Предпочтительные числа и техника вычисления	55
<i>А. Г. Назарян, М. С. Похсрамян, М. И. Тер-Аствацатрян.</i> Моделирование русловых процессов на основе морфометрического анализа	60
<i>Б. И. Бек-Мармарчев, В. Н. Жамагорцян.</i> О методике определения твердого стока, выносимого реками в озеро Севан	64
<i>Р. А. Мовсесян.</i> Подставка для лотаппарата	65

