

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ-ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ.
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՄԵՏԵՑ

Աղոնց Շ. Տ. (պատ. խմբագրի պատասխանատու), Անանյան Ա. Կ.,
Իսախանյան Ս. Մ., Նիկողոսյան Ի. Վ., Կասյան Ս. Վ., Խուրա-
վերյան Վ. Մ., Նազարով Ա. Գ., Սինոնով Մ. Չ., Փիճաչյան
Վ. Վ. (պատ. քարտուղար):

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Абони *І. Т.* (и. о. отв. редактора), *Ананян А. К.*, *Гаспа-
рян А. М.*, *Егизарова Н. В.*, *Касьян М. В.*, *Назаров А. Г.*,
Пинаджейн В. В. (отв. секретари), *Симонов М. З.*, *Худа-
вердян В. М.*

В. М. ОВСЕПЯН

К ВОПРОСУ КОНСТРУИРОВАНИЯ МОЩНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТАРАНОВ

Использование гидротаранов в горных районах СССР в качестве водоподъемной машины может принести сельскому хозяйству существенную пользу.

В Ереванском политехническом институте им. К. Маркса с 1952 года под руководством автора статьи ведется работа [1] по разработке теории гидротаранов, а также конструированию и внедрению их в сельское хозяйство. В этой статье освещается вопрос об использовании больших питательных напоров и увеличении пропускной способности тарана.

§ 1. Мощность тарана N непосредственно зависит от величины используемого расхода водонесточника Q и напора H , создаваемого подводным к тарану трубопроводом, так называемой питательной трубой: $N = KQH$, где K параметр, зависящий от коэффициента полезного действия и выбора единиц измерения.

Очевидно, что при большом питательном напоре мощность тарана соответственно будет большей. Вопреки этому положению, о возможности использования больших питательных напоров высказываются разноречивые мнения. По данным С. Д. Чистопольского [2] максимальное значение питательного напора разными авторами ограничивается величиной 10, 12, 15 и 39 м. Эти предположения иногда исходят из опасения развития больших давлений, вредных как для тарана, так и для труб. Однако теория тарана показывает, что давление, развивающееся в питательной трубе зависит не от питательного напора, а от нагнетательного напора. При захлопывании ударного клапана, в питательной трубе давление повышается до нагнетательного напора, при котором нагнетательный клапан открывается и воздушный колпак начинает принимать жидкую массу, движущуюся по инерции в питательной трубе; этим предотвращается дальнейшее повышение давления в питательной трубе. Самое большое значение давления в питательной трубе превышает нагнетательный напор лишь на величину потерь напора в нагнетательном клапане. Таким образом, при нормальной работе тарана в питательной трубе не может развиваться опасное давление. Такая опасность может иметь место только тогда, когда таран работает при закрытой нагнетательной трубе.

что, вообще говоря, технически недопустимо. Для предотвращения же такой опасности, возникающей вследствие случайных причин, можно на воздушном колпаке установить регулятор-предохранитель давления.

Необходимо учитывать и то обстоятельство, что повышение давления во время гидравлического удара обусловлено скоростью движения воды в питательной трубе. При мгновенном закрытии оно выражается формулой:

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{v}{g} \quad (1)$$

где $\frac{\Delta p}{\gamma}$ — повышение давления, выраженное высотой водяного столба, v — скорость движения воды в трубе в момент закрытия и c — скорость распространения ударной волны. Поэтому, независимо от величины питательного напора, можно ограничить повышение давления ограничением скорости в питательной трубе. Этого можно добиться уменьшением отверстия ударного клапана по сравнению с сечением питательной трубы.

Таким образом отказ от использования высоких питательных напоров ни в какой мере нельзя оправдать соображениями о возможности развития опасных давлений в питательной трубе тарана. Это ошибочное положение дезориентирует конструкторов и играет тормозящую роль в деле создания мощных таранных установок.

Имеющиеся предложения о том, что при питательном напоре (большем 10 м) в момент открытия ударного клапана вакуум может достигнуть до предельного значения и возникающие при этом кавитационные явления могут разрушающе действовать на питательную трубу,

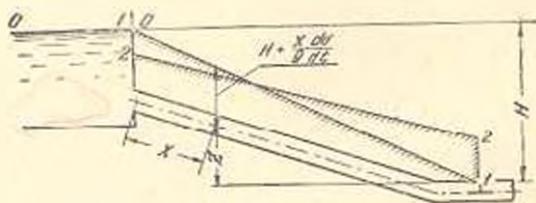


Рис. 1.

также лишены всякого основания. Пусть имеем таранную установку с длиной питательной трубы l (рис. 1). Напишем уравнение неустановившегося движения для сечений 0—0 и x — x на расстоянии x от питательного бассейна:

$$H + \frac{p_0}{\gamma} = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g} + \frac{1}{g} \int_0^x \frac{\partial v}{\partial t} dx.$$

При жесткой цилиндрической трубе инерционный член представится в виде:

$$\frac{1}{g} \int \frac{dv}{dt} dx = \frac{1}{g} \frac{dv}{dt} \int dx = \frac{x}{g} \cdot \frac{dv}{dt}$$

и уравнение примет вид:

$$z + \frac{p - p_0}{\gamma} = H - \frac{v^2}{2g} (1 + \zeta_s) - \frac{x}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

В момент открытия ударного клапана скорость движения в трубе будет $v = 0$, следовательно в этот момент будем иметь:

$$z + \frac{p - p_0}{\gamma} = H - \frac{x}{g} \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

С целью определения $\frac{dv}{dt}$ найдем уравнение неустановившегося движения для сечений 0—0 и 1—1 на расстоянии l от питательного бассейна:

$$H + \frac{p_0}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + \zeta_s \frac{v^2}{2g} + \frac{l}{g} \cdot \frac{dv}{dt}$$

Для начального момента оно примет вид.

$$H = \frac{l}{g} \cdot \frac{dv}{dt}, \text{ откуда получим: } \frac{dv}{dt} = \frac{gH}{l}$$

Подставляя это значение в уравнение (3) получим:

$$z + \frac{p - p_0}{\gamma} = H \left(1 - \frac{x}{l} \right) \quad (4)$$

Этому уравнению соответствует пьезометрическая линия 1—1. Эта линия в последующих стадиях движения постепенно должна приближаться к пьезометрической линии установившегося состояния движения 2—2.

Очевидно, что в момент открытия ударного клапана в питательной трубе не может образоваться вакуум независимо от значения питательного напора.

К этому результату можно прийти, рассмотрев относительный покой жидкости в питательной трубе и в момент открытия ее, используя основное дифференциальное уравнение гидростатики.

В питательной трубе тарана, в каждом цикле работы его, когда после последней фазы нагнетания отрицательная волна возвращается от нагнетательного клапана, образуется вакуум, независимо от питательного напора; благодаря этому вакууму и открывается ударный клапан. В это время в трубе ясно слышно кавитационное шипение. Опыт показывает, однако, что питательная труба не страдает от кавитационных явлений. Кавитационные явления, вообще, могут иметь разрушающее действие при больших частотах возникновения и исчез-

повнения пузырьков, в таране же эта частота соответствует циклам его работы и представляется безвредной для него.

Следовательно кавитация не может служить помехой к использованию таранов для больших питательных напоров.

С гидравлической точки зрения ограничивающим фактором в отношении питательного напора может служить только нагнетательный напор. При нагнетательном напоре, не превышающем двукратной величины питательного напора, таран не может автоматически действовать, так как в фазе отражения отрицательной волны от нагнетательного клапана под ударным клапаном вакуум не образуется и клапан не открывается.

Если по местным условиям питательный напор больше половины нагнетательного напора, и имеется необходимость использования полной энергии водосточника, то надо прибегнуть к каскадному использованию энергии воды. В этом случае последовательно работающие тараны каскада присоединяются к одной общей нагнетательной трубе.

Другое обстоятельство, мешающее использованию больших питательных напоров, это чрезвычайное увеличение веса ударного клапана.

При увеличении питательного напора для устойчивой работы тарана необходимо в надлежащей мере увеличить вес ударного клапана. При недостаточном весе клапана таран действует неустойчиво, сбивается с такта и в конце концов останавливается. На выбор необходимого веса клапана влияют: длина питательной трубы, питательный напор и отношение площади выходного отверстия к сечению питательной трубы. Увеличение питательного напора, уменьшение длины питательной трубы и увеличение отношения сечения трубы к выходному отверстию приводят к увеличению веса клапана, и наоборот. Надлежащим выбором указанных элементов можно добиться любого веса клапана, обеспечивающего бесперебойную работу установки.

Однако мы не рекомендуем уменьшать вес клапана за счет этих элементов, т. е. уменьшения питательного напора, увеличения длины питательной трубы и уменьшения отношения сечения трубы к площади выходного отверстия, так как это приводит к уменьшению мощности установки. Наоборот, нами рекомендуется не опасаться увеличения веса ударного клапана, так как соответствующий подбор указанных элементов не только увеличит мощность установки, но и увеличит быстроходность работы тарана, что приведет к уменьшению пульсации и к уменьшению необходимого объема воздушного клапана.

В дальнейшем изложении мы подробнее рассмотрим влияние веса клапана на прочность конструкции тарана, здесь укажем лишь, что увеличение веса не может являться тормозящим фактором конструирования мощных таранов.

Таким образом для использования больших питательных напоров не имеется никаких принципиальных помех, наоборот, имеются все теоретические предпосылки для увеличения мощности таранной установки за счет использования больших питательных напоров.

Опыт проектирования и эксплуатации гидравлических таранов в Армянской ССР вполне оправдывает приведенные выше соображения [1].

Например, в селе Гидеваз Азизбековского района в 1954 г. сотрудниками кафедры Ереванского политехнического института была запроектирована и осуществлена таранная установка с характеристиками: питательный напор $H = 28,6$ м, нагнетательный напор $h = 124$ м, пропускная способность $Q = 7$ л/сек, производительность $q = 1$ л/сек. Тип тарана ЕрПИ—75. Таран был изготовлен механическими мастерскими института. Установка до сих пор бесперебойно обеспечивает питьевой водой деревню и производственные объекты колхоза.

Приведенный пример и ряд других установок, осуществленных нами [1], доказывают полную возможность использования больших питательных напоров.

§ 2. Вторым фактором увеличения мощности тарана является увеличение расхода воды, подводимой к тарану, т. е. увеличение пропускной способности. Увеличение пропускной способности одного тарана обусловлено увеличением диаметра тарана и его питательной трубе.

Конструирование таранов больших диаметров представляет серьезные затруднения, поэтому практика до сих пор шла по другому пути — использования таранных батарей: при той же производительности одного тарана увеличением числа их увеличивают производительность установки. При отсутствии мощных таранов этот путь был естественным. В СССР по настоящее время производилась 75 мм тараны ТГ—1, с пропускной способностью, не превышающей 7—8 л/сек. Следовательно проектирование установок значительной производительности этими таранами совершенно нецелесообразно. По данным, приведенным Д. И. Трёмбовельским [3] начато производство 100 мм тарана ТГ—2. Однако и этот таран не может решать вопроса создания мощных установок.

Для создания таранных установок для целей орошения необходимо освоить тараны диаметром по крайней мере 200—300 мм.

Существующее мнение о том, что при увеличении диаметра тарана ударные силы настолько быстро возрастают, что конструирование мощных таранов делается невозможным, является ошибочным. Ударные силы при увеличении диаметра тарана, действительно сильно возрастают, однако, как показывают исследования, напряжения от ударной силы на соударяющихся поверхностях не зависят от диаметра тарана. Для доказательства этого положения покажем прежде всего, что сила удара о воспринимающее седло не зависит от веса ударного клапана. Развивающаяся во время удара сила, как известно, зависит от кинетической энергии ударяющего тела и от деформации вследствие удара. Определим кинетическую энергию клапана в момент удара. В некоторый момент неустановившегося движения, в фазе разгона, сила давления жидкости на клапан становится больше его веса и клапан начинает подниматься. Во все время подъема клапана на не-

го действует возрастающая сила давления жидкости. Кинетическая энергия, приобретаемая клапаном, равняется работе этой силы по пути хода клапана, т. е. по пути пройденному клапаном с начала подъема до момента удара о седло, а именно $\int_0^h F(r) dr$, где $F(r)$ перемен-

ная сила давления, h —ход клапана. Таким образом, во всех случаях, независимо от веса клапана, он приобретает одну и ту же энергию. При малом весе клапан приобретает большую скорость и наоборот, но энергия в обоих случаях будет одной и той же $\int_0^h F(r) dr$. В про-

цессе подъема и удара клапан является передатчиком энергии $\int_0^h F(r) dr$ седлу в виде кинетической энергии $m \frac{v^2}{2}$. Определим величину кинетической энергии клапана в момент удара. Предположим,

что в начальный момент своего подъема клапан находится в положении A (рис. 2); пусть через некоторый промежуток времени t он займет положение B , на расстоянии r от начального положения, и за промежуток времени dt подымется еще на dr . Уменьшение выходного отверстия на dr вызовет соответствующее изменение скорости dv в питательной трубе, а следовательно и повышение давления в питательной трубе вследствие гидравлического удара.

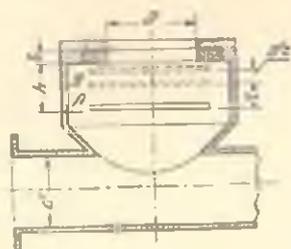


Рис. 2.

Имея ввиду, что процесс закрытия ударного клапана происходит очень быстро, можно полагать, что гидравлический удар будет прямым. В соответствии с этим, по формуле (1) повышение давления от перемещения клапана на dr будет:

$$\frac{dp}{\gamma} = \frac{cdv}{g} \quad (5)$$

Переменную скорость v в трубе определяем на основании следующих суждений. Когда открывается ударный клапан, то в трубе начинается неустановившееся движение, при котором скорость в функции от времени имеет вид:

$$v = v_c \frac{e^{\frac{t}{\tau}} - 1}{e^{\frac{t}{\tau}} + 1} \quad (6)$$

где v_c скорость установившегося движения в той же системе, t промежуток времени от момента открытия ударного клапана, а τ некоторая характерная величина данной системы, имеющая размерность времени и определяемая соотношением

$$\tau = \frac{l}{v_r (1 + \zeta_r)} \quad (7)$$

в котором l — длина питательной трубы, ζ_r — суммарный коэффициент гидравлических сопротивлений питательной трубы и узла ударного клапана. В конце периода разгона, т. е. когда ударный клапан начинает подниматься, в питательной трубе будем иметь некоторую скорость v_p , определяемую по уравнению [6]. Эта скорость в трубе развивается в течение всего периода разгона, имеющая продолжительность порядка одной секунды. Время же захлопывания ударного клапана имеет продолжительность порядка сотой доли секунды. Так как продление периода разгона на сотые доли секунды не приведет к заметному изменению скорости v в трубе, то с достаточной точностью можно полагать, что скорость истечения из отверстия ударного клапана за весь период подъема остается постоянной v_p^* , скорость же в питательной трубе уменьшится в силу уменьшения выходного отверстия. Уравнение неразрывности представится в виде:

$$\frac{\pi d^2}{4} v = \pi D (h - r) v_p,$$

где d — диаметр питательной трубы, D — диаметр выходного отверстия, а h — ход ударного клапана. Отсюда:

$$v = \frac{4D(h-r)}{d^2} v_p$$

и

$$dv = - \frac{4D}{d^3} v_p dr.$$

Дифференциал скорости dv подставим в выражение для повышения давления [5], тогда получим:

$$dp = 4\gamma \frac{v_p c}{g} \cdot \frac{D}{d^3} dr.$$

В начальный момент подъема ударного клапана, т. е. при $r = 0$, сила давления равна весу клапана $p\omega = G$, где G — вес клапана и ω — площадь его сечения.

В соответствии с этими граничными условиями будем иметь:

$$\int_0^p dp = \frac{4\gamma D}{g} \cdot \frac{v_p c}{\kappa} \int_0^r dr,$$

* Укажем, что в период захлопывания клапана скорость в выходном отверстии увеличится вследствие повышения давления, однако здесь при определении ударной силы этого изменения, в запас прочности, не будем учитывать.

откуда

$$p = \frac{G}{\omega} = \frac{4\gamma D}{d^2} \cdot \frac{v_p c}{g} r.$$

Подъемная сила клапана будет:

$$\left(p - \frac{G}{\omega}\right) \omega = \frac{4\gamma D}{d^2} \cdot \frac{v_p c}{g} \omega r.$$

Вычислим работу этой силы на перемещение h , т. е. определим кинетическую энергию, приобретаемую ударным клапаном в период подъема

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{4\gamma D}{d^2} \cdot \frac{v_p c}{g} \omega \int_0^h r dr,$$

откуда

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{2\gamma D}{d^2} \cdot \frac{v_p c}{g} \omega h^2. \quad (8)$$

Эта энергия во время удара о седло преобразуется в работу ударной силы на перемещение равное деформации сжатия седла:

$$\frac{2\gamma D}{d^2} \cdot \frac{v_p c}{g} \omega h^2 = \int_0^{\delta} f(r) dr,$$

где $f(r)$ переменная сила удара, δ деформация седла. Имея ввиду закон Гука получим:

$$\int_0^{\delta} f(r) dr = \frac{F\delta}{2}; \quad (9)$$

здесь F максимальная сила удара.

Таким образом будем иметь:

$$\frac{2\gamma D}{d^2} \cdot \frac{v_p c}{g} \omega h^2 = \frac{F\delta}{2},$$

т. е.

$$F = \frac{4\gamma D}{d^2} \cdot \frac{v_p c}{g} \cdot \frac{\omega h^2}{\delta}. \quad (10)$$

Сжимающее напряжение на седле будет:

$$\sigma = \frac{4\gamma D v_p c \omega h^2}{d^2 g \delta \omega_r}, \quad (11)$$

где ω_r площадь воспринимающая удар.

Исследуем выражение сжимающего напряжения в зависимости от изменения диаметра тарана.

Допустим, что имеем два геометрически подобных тарана с отношением линейных размеров соответствующих элементов равным α .

Полученное соотношение для определения напряжения (11) пусть относится к малому тарану. тогда при прочих условиях, т. е. одинаковых v_p и c , для большого тарана напряжения будут:

$$\sigma_1 = \frac{4 \gamma_2 D v_p c \alpha^2 m \alpha^2 h^2}{\alpha^2 d^2 g \delta_1 \alpha^2 \omega_c} \quad (12)$$

Из (11) и (12) получим

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\alpha_2^2}{\alpha_1^2}$$

Определим отношение величины деформации седла большого тарана к деформации седла малого тарана. Имеем $\frac{\Delta_2}{\Delta_1} = \frac{\sigma_2}{E}$, где Δ тол-

щина амортизатора седла малого тарана и $\frac{\Delta_2}{\Delta_1} = \frac{\sigma_2}{E}$, откуда $\frac{\alpha_2^2}{\alpha_1^2} =$

$$= \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \text{ и следовательно } \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\alpha_2^2}{\alpha_1^2}, \text{ то есть } \sigma_1 = \sigma_2$$

Отсюда видно, что напряжения от силы удара для геометрически подобных таранов при одинаковых условиях работы установки не зависят от диаметра тарана. Следовательно с точки зрения развития разрушающих напряжений диаметр тарана при геометрически подобных конструкциях не играет никакой роли. Напряжения при ударе могут оказаться разрушающими по условиям работы установки, главным образом, от большого значения нагнетательного напора, так как в формуле (11), выражающей напряжения, фигурирует множитель $\frac{v_p c}{g}$, значение которого обуславливается нагнетательным напором.

Таким образом, вообще при конструировании таранов может ставиться вопрос об ограничении ударных напряжений лишь от увеличения нагнетательного напора. Уменьшения напряжения можно добиться увеличением площади седла, воспринимающего удар. Однако это не целесообразно, так как приводит к весьма нежелательному увеличению перекрышки клапана. Напряжения можно сильно уменьшить при искусственном увеличении деформации седла применением резиновых ударовоспринимающих колец. Этот способ уменьшения напряжений обеспечивает достаточную прочность металлических частей тарана, но само резиновое кольцо при небольшой перекрышке быстро выходит из строя и требует частой смены, создавая таким образом хлопоты по эксплуатации тарана. С целью уменьшения перекрышки при работе под большими напорами, кафедрой гидравлики Ереванского политехнического института разработаны новые конструкции клапанов, которые вполне оправдывают себя при работе под напорами выше 100 метров. Не останавливаясь на конструкциях этих клапанов, укажем лишь, что клапаны диаметров до 150 мм уже освоены, а до 250 мм находятся в стадии освоения. При некотором, уже освоенном калибре тарана, естественно опять возникнет вопрос об использовании

нескольких параллельно работающих таранов для увеличения мощности установки. До сих пор существовало мнение, что в таранных батареях каждый таран должен иметь свою отдельную питательную трубу, а нагнетательная труба может быть общей. Вся практика осуществленных таранных батарей шла по этому пути. Во время внедрения гидравлических таранов в сельское хозяйство, Ереванский политехнический институт тоже пошел по этому пути. Дальнейшие наши теоретические соображения и поставленные эксперименты показали, что эти положения не имеют никакого основания. Мнение о том, что при общей питательной трубе ударные клапаны будут мешать друг другу и система будет сбиваться с такта и остановится, была основана на неправильном представлении о распространении ударной волны.

Когда отрицательная волна возвращается от нагнетательного клапана и под ударным клапаном образуется вакуум, то при симметричном соединении нескольких таранов к одной питательной трубе все ударные клапаны одновременно окажутся в одинаковом положении, в смысле действующего на них давления, и одновременно будут открываться. В условиях неполной симметричности при запаздании ударной волны до какого-либо клапана, этот клапан откроется практически одновременно с другими клапанами, так как запаздание по сравнению с периодом разгона представляется малой величиной и не может играть практической роли.

Таким образом, во время открытия, все ударные клапаны, входящие в батарею, питающуюся от общей питательной трубы, будут открываться одновременно (синхронно).

Рассмотрим процесс закрытия клапанов. Предположим, что в период разгона один клапан начинает закрываться раньше других. Закрытие этого клапана приведет к повышению давления в трубе, следовательно и к ускорению закрытия других клапанов; при полном закрытии какого-либо клапана другой клапан не может остаться открытым, если клапаны исправные. Следовательно при закрытии клапанов они не только не будут мешать друг другу, но и будут способствовать синхронной работе.

При параллельной работе нескольких таранов, соединенных к общей питательной трубе даже нет необходимости в одинаковости веса и хода ударных или нагнетательных клапанов.

В лаборатории гидравлики Ереванского политехнического института был поставлен опыт по работе трех различных таранов, соединенных к одной питательной трубе. Опыт показал, что не было никаких факторов, сбивающих тараны с такта; они синхронно работали при любом ходе клапанов.

При работе с одной питательной трубой вес и ход клапанов имеют значение для производительности, а также для коэффициента полезного действия установки, и поэтому они подлежат регулированию; для синхронности же работы они никакого значения не имеют.

При таранных батареях не только нет необходимости в отдельных питательных трубах, но и нет необходимости в установке нескольких отдельных таранов. Достаточно на одной питательной трубе установить несколько ударных клапанов и трубу подвести к одному нагнетательному клапану с одним воздушным колпаком.

Такое объединение намного целесообразнее, чем параллельное соединение нескольких таранов к одной питательной трубе, так как при этом сокращается число нагнетательных клапанов и воздушных колпаков. Сокращение числа колпаков и нагнетательных клапанов приводит к увеличению их размеров. Изготовление одного воздушного колпака некоторого объема безусловно легче, чем изготовление нескольких колпаков с тем же общим объемом. Нагнетательный клапан некоторого диаметра может обслуживать 2–3 ударных клапана того же диаметра. Следовательно, при уже некотором освоении диаметре клапана такая комбинация и технически и экономически представляется весьма выгодной. Такие тараны с несколькими ударными клапанами работают бесперебойно, независимо от весов и ходов клапанов.

Многоклапанные тараны являются весьма эффективным средством увеличения мощности установок. Работа многоклапанных таранов указывает на возможность пуска тарана с большим ударным клапаном через маленький ударный клапан (пусковой клапан), установленный на той же трубе.

На опытной установке в лаборатории гидравлики Ереванского политехнического института на 150 мм таране вместе с совершенно закрытым чашечным ударным клапаном был установлен маленький тарельчатый пусковой клапан. Таран приводился в действие через этот пусковой клапан, открытие которого требовало ничтожной силы. Таран приводится в действие даже при самых ничтожных ходах пускового клапана.

По работе многоклапанных таранов кроме лабораторных исследований институтом поставлены и производственные испытания.

В селе Сараландж Аштаракского района в июне 1956 г. был пущен в ход таран с тремя ударными клапанами на одной питательной трубе и с одним нагнетательным клапаном. Диаметр питательной трубы 150 мм, диаметр отверстия ударных клапанов 100 мм, диаметр отверстия нагнетательного клапана 75 мм, питательный напор 10,5 м, при нагнетательном напоре больше 100 м установка обеспечивает производительность 1,2 л/сек. В продолжение 5 месячной работы не замечался ни одного факта саморазвольной остановки тарана из-за такта работы. На Джрвежской установке, на одной питательной трубе установлены два ударных клапана диаметрами выходных отверстий 200 и 175 мм. При различных весах и ходах клапанов таран действует с четкими тактами.

Эта установка на высоту 40 м подает 20 л/сек воды. В результате лабораторных и производственных испытаний многоклапанных таранов можно прийти к заключению, что создание мощных та-

раинных установок в настоящее время вполне возможно даже с уже освоеными клапанами диаметров до 150—200 мм.

Многоклапанные тараны, по сравнению с таранами с одним большим клапаном, имеют то преимущество, что при малых клапанах пропорционально диаметру уменьшается также его ход. Чем меньше ход клапана, тем быстрее происходит процесс закрытия, и это обстоятельство способствует повышению кпд тарана. Недостаток многоклапанных таранов заключается лишь в увеличении числа движущихся (изнашивающихся) частей, требующих периодического ремонта.

Произведенные нами исследования доказывают возможность создания таранных установок мощностью, намного превышающей мощность имеющихся установок и успешного применения их для целей орошения

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 1 XII 1956.

Վ. Մ. ՕՎՍԵՊՅԱՆ

ՀԶՈՐ ԶԻԳՐՈՏԱՐԱՆՆԵՐԻ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՑԻԱՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ
ՀԱՐՑԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոգվածում տրվում են հիդրավլիկական տարանների և հիդրոտարանային կալանների հզորության դրա ազդող գործոնները և բննարկվում է նրանց սահմանային արժեքների հարցը:

Հիմնավորվում է, որ տարանային կալանի սնման բարձրությունը, եթե տեղական պլամանները թույլ են տալիս, կարելի է ցանկացած չափով մեծացնել: Յուրյ է տրվում, որ գրականության մեջ մինչև այժմ եղած պնդումներն այն մասին, թե սնման բարձրությունը զանազան պատճառներով սահմանափակվում է, չունեն ոչ մի տեսական հիմնավորում:

Ապացուցվում է, որ երկրաչափորեն նման տարանների մեջ, աշխատանքային սեծիմի միևնույն պլամաններում, հարյածն ընկալող մակերևույթների դրա սեղմող լարումները միևնույնն են և, հետևաբար, կարելի է իրականացնել մեծ չափերի տարաններ:

Հոգվածում ստաջ քաշված գրույթների լրացուցիչ հիմնավորման համար բերվում են մեծ ճնշման և հզոր տարանային կալանների արտադրական փորձի մի շարք օրինակներ, որոնք իրականացվել են Հայկական ՍՍՏ գանադան շրջաններում Երևանի պոլիտեխնիկական ինստիտուտի հիդրավլիկայի սմբիոնի նախագծերով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Овсепян В. М. Гидравлический таран (на армянском языке), Ереван, 1955.
2. Чистопольский С. Д. Гидравлические тараны, М., 1935.
3. Трембовельский Д. И. Гидравлические тараны для простых водопроводов, М., 1956.

Г. И. ХМАЛАДЗЕ

МУТНОСТЬ РЕК АРМЕНИИ

В связи с широким размахом гидротехнического строительства в Армянской ССР, приобрел особую актуальность вопрос изучения режима стока наносов, транспортируемых реками, на которых возводятся гидротехнические сооружения.

Отсутствие надежных и полных данных лишает проектировщика возможности выбрать более конкретные величины стока наносов, необходимые при проектировании гидротехнических, ирригационных сооружений, речных водохранилищ и др. Кроме того данные о наносах, транспортирующихся в реки в результате смыва почвогрунтов представляют интерес также и при рассмотрении таких проблем, как эрозия земной поверхности.

Карта средней мутности Г. И. Шамова [3], составленная по данным 17 пунктов наблюдений, как отмечается самим автором, схематична и в масштабе 1/2500000 не дает подробной картины распределения средней мутности рек по территории Армении, тем более, что вся Армения охвачена только одной градацией мутности, равной 50—150 г/м³. Такая карта, естественно, удовлетворить потребности проектировщика не может.

Представленная нами пространственная характеристика средней мутности воды рек Армении дана на основании фактических наблюдений, проводившихся на 17 реках в 28 пунктах, охватывающих в общей сложности 141 год наблюдений (по 1953 г. включительно)

На рис. 1 показано размещение пунктов наблюдений над твердым стоком, материалы которых использованы в настоящей работе.

Систематические наблюдения над режимом стока взвешенных наносов были начаты в 1927 г. и заключались в ежедневном взятии единичных проб воды для определения мутности и периодических измерениях расходов взвешенных наносов.

Распределение пунктов по территории Армянской ССР с указанием продолжительности наблюдений на них приведено в таблице 1, а в таблице 2 дано распределение пунктов наблюдений по площади водосбора.

Как видно из таблицы 1, наибольшее количество пунктов, использованных нами, охватывает 4—5 лет наблюдений; лишь по 7 станциям, т. е. 25% из общего их числа, наблюдения не превышают 2—3 лет. В общем имеющийся материал по количеству лет факти-



Рис. 1. Карта сети пунктов наблюдений над стоком израсходованных износков

ческих наблюдений нельзя признать достаточным, однако это не лишает возможности произвести его обобщение и сделать по ним необходимые выводы.

В отношении площади водосбора станции распределяются неравномерно. Слабо освещены малые (меньше 50 км^2) горные реки. Несколько лучше, 9 пунктами, освещены реки с площадью водосбора $50-500 \text{ км}^2$ и 18 станциями более крупные реки, с площадью бассейна более 500 км^2 .

В отношении территориального распределения пунктов наблюдений следует отметить, что бассейн р. Куры, т. е. северная часть Армении, освещен 8 пунктами (28%), расположенными на 4 реках: Дебет (Памбак), Дзорагет, Ахум и Агстев (Актафа). По бассейну оз. Севан, из 26 рек, в него впадающих, изучаются всего лишь 5 рек (18%), и, наконец, как и следовало ожидать, наиболее полно, 15 пунктами (54%), освещен бассейн р. Аракс с охватом почти всех

2004 А 4

Таблица 1

Бассейн крупной реки, озера	Число лет наблюдений					Всего
	1	2-3	4-5	6-10	11	
р. Куры	1	—	2	4	1	8
р. Аракс	1	4	5	5	—	15
оз. Севан	1	—	1	—	—	5
Всего	3	4	11	9	1	28

основных ее притоков (Ахурян, Касах, Раздан, Гарни, Веди, Арпа и Воротан). На самой р. Аракс наблюдения над твердым стоком не

Таблица 2

Бассейн реки, озера	Площадь бассейна, км ²						Всего
	< 50	50-250	250-500	500-1000	1000-2000	> 2000	
р. Куры	—	2	1	1	4	—	8
р. Аракс	—	—	2	5	1	7	15
оз. Севан	1	2	2	—	—	—	5
Всего	1	4	3	6	5	7	28

проводятся. Следует подчеркнуть то обстоятельство, что, как в отношении периодов наблюдений в каждом пункте, так и в отношении территориального размещения пунктов наблюдений изученность стока взвешенных наносов все же не может считаться достаточной и полной. Наблюдения, охватывающие в среднем не более 5 лет (только по одной станции 11 лет) для суждения о величине очень близкой к действительной норме стока наносов, как известно, не является достаточным, зная, что значения коэффициентов изменчивости годового стока наносов под влиянием природных условий несколько выше, чем для жидкого стока. Это положение диктует необходимость продолжения производства наблюдений.

Очень слабо обстоит дело с изучением стока наносов малых горных рек с водосборной площадью меньше 100-150 км² и протекающих в различных климатических и физико-географических условиях.

Несмотря на отмеченные выше недостатки и учете стока наносов рек Армянской ССР, нами все же на базе имеющихся на сегодняшний день материалов наблюдений осуществлена настоящая работа, позволившая дать более подробное территориальное распределение средней мутности.

Характеристика средней мутности рек получена по данным наблюдений на гидрологической сети УГМС Армянской ССР, р. 2. Изл. III. № 1

ПА. 4005

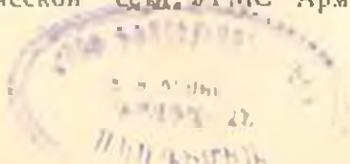


Таблица 3

Река, пункт	Годы наблюдений над стоком наносов	Число лет наблюдений	Число лет, к которому приписана норма стока наносов	Площадь водосбора, км ²	Средний			Средняя мутность, г/м ³	Сток иллов, тысяч тонн	Смыв поверхности суши за год, т/км ²
					Расход воды, м ³ /сек	Расход взвешенных наносов, кг/сек.				
						За период наблюдений R	Многолетний R _n			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I. Бассейн р. Курма										
Памбак (Дебет), с. Налбанд	1944—46, 49, 50, 52, 53	7	16	359	2,50	0,50	0,47	191	11,60	41,2
„ „ с. Мегрут	1933—35, 46, 47	5	20	1070	7,78	3,38	2,40	309	75,00	70,6
„ „ с. Калагеран	1934, 35, 46, 47, 49, 50, 52, 53	8	20	1370	10,7	2,81	4,10	393	29,15	81,3
Дзорагет, г. Степанаван	1934, 35, 44—47	6	20	1000	12,7	1,30	0,65	51,2	20,85	20,5
„ ниже впадения р. Гаргар	1934, 35, 44, 45, 50, 51, 53	7	20	1450	15,2	2,03	1,70	112	53,55	36,9
Ахум, с. Шахаван	1953	1	1	188	1,27	0,097	(0,097)	(9,5)	2,71	16,2
Агстев, с. Дзлижан	1945, 46, 50, 51, 53	5	13	222	2,08	0,34	0,27	101	8,30	38,3
„ с. Иджеван	1929—31, 33—35, 45, 46, 50, 52, 53	11	11	1180	8,63	2,21	2,21	256	69,62	59,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
II. Бассейн р. А р а к с										
Ахурян, с. Капс	1934, 35, 46, 49—53	9	21	939	7,83	0,29	0,35	14,7	11,02	13,1
„ с. Айкэлзор	1916, 50—53	5	8	7990	29,0	3,59	4,70	163	149,05	18,5
Касах, с. Куши (Зоуни)	1910, 41	2	13	603	2,90	0,13	0,10	31,5	3,15	5,2
„ с. Аштарак	1933—35, 45, 46, 50—53	9	24	932	5,56	1,12	0,80	109	18,90	20,3
Рладан, канал Севан	1944	1	—	1750	15,4	0,39	—	—	—	—
„ с. Кахсы	1933—35	3	8	5510	14,5	1,38	0,60	11,3	19,92	3,4
„ с. Ахпюрак	1950—53	4	15	5510	35,2	3,30	1,95	55,4	61,42	11,2
„ с. Арзни	1951—53	3	14	6016	10,7	3,09	(1,40)	31,1	14,10	7,3
Мармарик, с. Бабакши	1944, 51—53	4	12	395	5,07	0,19	0,17	33,5	5,36	13,6
Азат, с. Зовашен	1933, 34, 46, 51	4	17	512	5,90	2,39	2,00	340	63,00	123,0
Веди, с. Карабахлар	1937, 38, 41	3	3	329	2,13	0,10	(0,10)	(17)	(3,15)	(9,6)
Арла, с. Арени	1933, 34, 46, 49, 50—53	6	15	2060	19,8	2,53	2,35	119	74,02	35,9
Воротан, с. Ангехакот	1927, 29, 31, 32, 34, 50, 53	7	22	797	10,6	0,50	0,55	51,0	17,32	22,0
„ с. Лци	1928, 31, 32, 34	1	13	1620	16,1	3,44	2,00	123	63,07	39,0
„ с. Эйвазлар	1944, 46, 49—53	7	22	2020	20,1	2,42	2,30	113	72,15	35,9
III. Бассейн оз. С е в а н										
Дзыкпатет, с. Цовагюх	1944, 50—52	4	20	99,3	1,01	0,065	0,098	84,6	2,77	31,4
Джил, с. Джиа	1944	1	1	19,0	0,087	0,002	(0,002)	(20,6)	(0,063)	(3,5)
Варденик, с. Варденик	1950—53	4	20	105	1,57	0,035	0,040	25,5	1,26	12,0
Аргичи, с. Геташен Верия	1934, 35, 50—53	6	25	380	4,75	0,143	0,140	30,0	4,41	11,6
Гаварагет, с. Норадуз	1934, 35, 50, 52, 53	5	21	467	3,53	0,19	0,17	18,2	5,36	11,5

зультаты которых опубликованы в „Материалах по режиму рек СССР“ и Гидрологических ежегодниках, т. 3. вып. 2—5 за 1936—1953 гг.

На основании приведенных данных фактических наблюдений произведен подсчет нормы годового стока извешенных наносов. Ввиду кратковременности наблюдений по некоторым пунктам, нами, там, где это представлялось возможным, норма уточнялась. Уточнение осуществлено, во-первых, путем использования данных об единичных мутностях воды и измеренных расходах извешенных наносов за годы, которые по тем или иным причинам, сток наносов не подсчитывался. Это дало возможность более или менее удлинить фактические ряды наблюдений.

В отношении некоторых пунктов удлинение рядов наблюдений осуществлялось восстановлением стока по графикам связи между средними годовыми или средними месячными расходами воды и расходами наносов. Таким путем норма стока наносов была доведена до нормы жидкого стока, имеющего значительно длинные ряды наблюдений.

Из общего числа 28 пунктов наблюдений для 23 удалось по указанным выше графикам зависимости удлинить фактические ряды наблюдений. Число лет, до которого доведены эти ряды, показано в графе 4 таблицы 3.

В связи с увеличением ряда наблюдений, как это видно из таблицы 3, в среднем до 20 лет вполне естественно, что погрешность вычисленных при этом ряде лет значений норм стока, по сравнению с фактическими рядами, значительно уменьшится. Пользуясь формулой

$$\delta^2/\sigma^2 = \frac{100 C_v}{V n}$$

и принимая в среднем $n=20$ лет, а коэффициент вариации стока наносов даже $C_v=1,0$, ошибка вычисленных значений норм не превышает 20—25%.

В качестве примера на рис. 2 приведены графики кривых связи средних месячных и отдельно средних годовых расходов воды и расходов наносов.

Как видно из изображенных на рис. 2 графиков зависимостей $R_{\text{мес.}}=f(Q_{\text{мес.}})$ или $R_{\text{год.}}=f(Q_{\text{год.}})$, точки расположились вполне согласованно, что указывает на наличие довольно тесной зависимости между расходами наносов и воды. Это положение дает возможность провести между ними однозначную кривую линию. Несмотря на наличие для построения кривых зависимости $R_{\text{год.}}=f(Q_{\text{год.}})$ небольшого количества точек, хотя больше данных и не было, все же эти кривые вполне могут считаться приемлемыми, в силу закономерного расположения точек фактических наблюдений. Аналогичные удовлетворительные кривые связи были получены и для других пунктов, кото-

рые позволили использовать их для установления более или менее близких к действительности величин нормы годового стока взвешенных наносов.

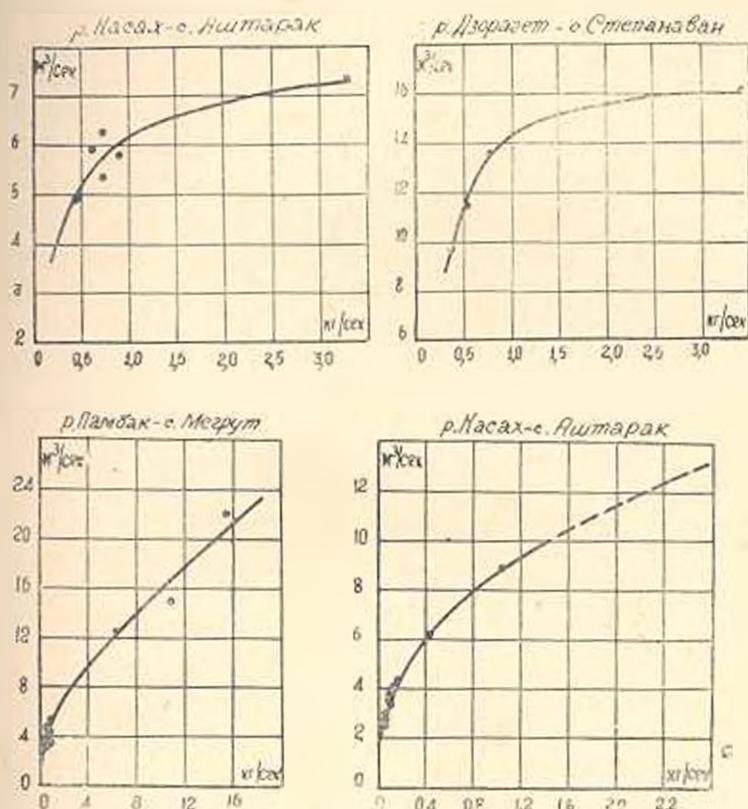


Рис. 2. Кривые связи между средними месячными и средними годовыми расходами наносов и расходами воды

Результаты вычисления нормы годового стока приведены в таблице 3, где даны также нормы годового стока воды и величины средней годовой мутности воды, вычисленные по выражению:

$$\frac{1000 R}{Q} \text{ — } \rho \text{ г/м}^3,$$

где R — расход взвешенных наносов в кг/сек. и Q расход воды в м³/сек.

Обозревая таблицу 3 усматриваем, что диапазон колебания средней мутности воды изучаемых рек вообще небольшой и составляет всего 20,6—383 г/м³.

Невысокая мутность рек Армении и небольшой ее диапазон обусловлены тем, что рассматриваемая область Армянского нагорья сложена слабо подверженными водной эрозии горными породами-гранитами, туфогенными толщами и известняковыми породами, а также

слабо выраженными в верховьях рек денудационными процессами и в большинстве случаев вследствие распространения пологих склонов долины рек.

Как известно, факторами, влияющими на мутность рек, являются поверхностный жидкий сток, климат, растительность и почва, рельеф и литологический состав горных пород и вмешательство человека и природу с его хозяйственной деятельностью. Ввиду того, что большие затруднения представляет выделение и количественных показателей степени влияния на мутность реки каждого из перечисленных выше факторов в отдельности, вследствие сокоупного и одновременного воздействия всех остальных факторов на формирование мутности, картирование средней мутности нами осуществлено путем изображения распределения мутности по территории в виде отдельных зон или районов.

Для более подробного картирования, чем это сделали Л. Г. Гвелесiani [1], Г. В. Лопатиным [2] и Г. И. Шамоном [3], принято несколько более детальная градация пределов изменений мутности в отдельных зонах, а именно:

I зона	< 50 г/м ³
II	50—100
III	100—150
IV	150—200
V	200—250
VI	> 250

За картографическую основу для выделения зон мутности принята карта Закавказья в масштабе 1:500000; для настоящей статьи карта мутности представлена в масштабе 1:1800000.

Следует иметь ввиду, что в каждой отдельной зоне в зависимости от соответствующих условий водноэрозионных процессов может иметь место отклонение от принятых значений пределов мутности данной зоны. Так как отдельные водные потоки в периоды ливневых дождей превращаются в бурные (а местами в селевые) потоки, несущие большое количество наносов, мутность их может увеличиться в несколько раз. Это явление необходимо учитывать при решении водохозяйственных задач.

На основании данных, помещенных в таблице 3, составлена карта распределения средней мутности рек Армении, представленная на рис. 3.

Мутность рек, как видно из карты, колеблется в небольших пределах. Небольшой для Армении диапазон значений мутности, как указано выше, следует объяснить прежде всего геологическим строением территории, поверхность которой представляет сочетание складчатых горных хребтов, крупных вулканических массивов, возвышенных лавовых плато и озерных котловин.

Образованию небольшой мутности рек обязано также вообще слабое развитие речной сети и зачастую протекание рек в болотистых долинах, горных котловинах с пологими склонами, иногда облесенными, т. е. в условиях, мало способствующих эродированию почвогрунтов. В связи с небольшими падениями рек и русловая эрозия небольшая. Лишь на отдельных небольших участках реки имеют бур-

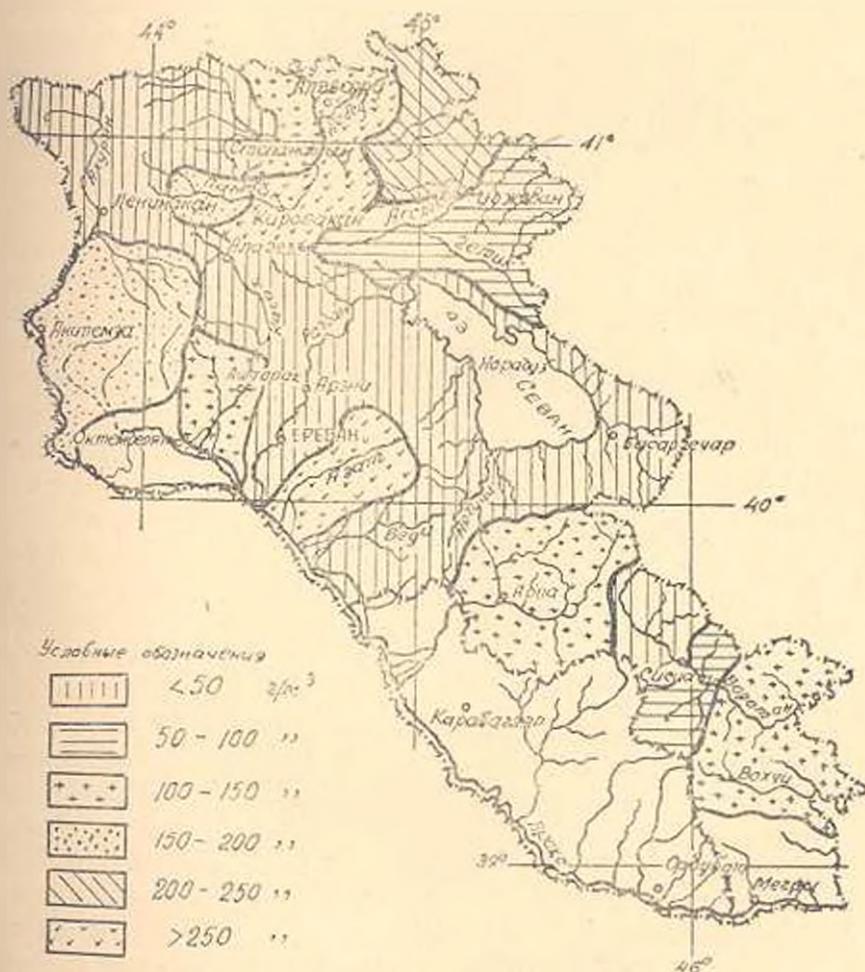


Рис. 3. Карта средней мутности рек Армении

ный характер течения, где и может происходить более или менее существенное разрушение берегов русла и дна водотока. Однако это явление лишь в небольшой мере может увеличить степень насыщенности потока мелкозернистыми частицами, которые поступают главным образом со склонов долины в результате смыва их поверхностными водами.

Как правило, следует отметить, что высокой мутностью обладают реки северной части Армении — среднее и нижнее течение р. Памбак, где высокая мутность реки вызвана наличием на склонах в большом количестве обнажений слагающих бассейн песчаных глинец и туфов и интенсивным вмешательством человека с его хозяйственной деятельностью. Наличием здесь, сравнительно с другими районами Армении лесных массивов значительно снижается склоновый смыл почво-грунтов.

К числу рек с высокой мутностью принадлежит и р. Азат.

В бассейне р. Азат повышенной мутности ее вод способствует распространение горно-каштановых почв, подвергающихся водной эрозии в период интенсивного снеготаяния. Бурный характер течения этой реки в горной области немало способствует повышению мутности реки, производя энергичную работу по разрушению берегов и дна реки. Увеличению мутности реки также значительно способствует большое распространение в среднем течении богатых садов и виноградников, где вообще преобладают орошаемые земельные участки.

Примерно в бассейне р. Веди находится в аналогичных с бассейном р. Азат физико-географических условиях, однако мутность р. Веди значительно мала и меньше мутности р. Азат примерно в 7 раз. Это явление, по-видимому, следует объяснить тем, что Азат обладает большей разветвленной гидрографической сетью малых горных стремительно несущихся речек и протекающих в глубоких, диких и малодоступных ущельях с крутыми и обнаженными склонами, подверженными интенсивной водной эрозии в периоды снеготаяния и выпадения дождей. Под влиянием сухого климата, происходящие в верховьях бассейна р. Азат, кстати более возвышенных, чем бассейн р. Веди, процессы выветривания горных пород немало способствуют увеличению мутности вод р. Азат.

Следующей, в порядке убывания, является зона мутности 200—250 г/м³, которая располагается в северной части рассматриваемой территории рядом с предыдущей зоной мутности. В эту зону входит нижнее течение р. Агстев, где река из горной, хорошо облесенной области, выходит в предгорья с обнаженными резко падающими в сторону Куры склонами, интенсивно подверженными смылу поверхностными водами. Климатические условия этого района с его небольшим количеством осадков, жарким летом и выпадением ливневых дождей способствуют энергичному выветриванию почвенного покрова и обогащению рек наносами.

Зона мутности 150—200 г/м³ располагается отдельными пятнами, охватывающими верховье бассейна р. Памбак, сложенного вулканическими (андезиты, граниты, трахиты и др.) и среднее и нижнее течение р. Ахурян, где встречаются аллювий и деллювий, прикрывающие толщу туфа. К этой же зоне ориентировочно, до накопления данных, нами отнесен и левобережный ее приток Карангу, который по пути течения обогащается главным образом за счет левобереж-

ных овражных выносов наносами и, что по своим физико-географическим условиям здесь мутность должна быть по-видимому выше, чем в бассейнах рек, окружающих ее с севера и с востока, несущих наносы сравнительно в малом количестве. Это тем более следует иметь в виду потому, что на некоторых реках этого района (р. Мастара), имеет место прохождение селевых потоков.

Сама р. Ахурян ниже Ленинакана течет по расширенной долине с пологими обнаженными от растительного покрова склонами. Река течет здесь медленно, подмывая суглинистые берега, образует обрывы, которые в периоды высоких вод разрушаются и тем самым увеличивают мутность реки.

Кроме того, правобережный приток Карсчай с его довольно обширной водосборной площадью (около 5000 км²) значительным образом обогащает р. Ахурян наносами.

К зоне мутности 100—150 г/м³ относится бассейн р. Арпа, нижнее течение рек Дзорагет и Касах и среднее течение р. Воротан.

Невысокая мутность перечисленных рек объясняется тем, что способность склоновой эрозии здесь слабая благодаря наличию хотя и высоких, крутых, но покрытых редкой травянистой или кустарниковой растительностью (реки Касах и Воротан), склонов ущелий и каменных, трудно поддающихся выветриванию горных пород — базальты, андезитобазальты (Дзорагет).

По выходе р. Касах из ущелья, в бассейне растительность исчезает и появляются обнаженные пологие склоны долины, подвергающиеся только в периоды весеннего снеготаяния и дождей смыву разрыхленного материала.

Относительно небольшой мутностью характеризуется и р. Арпа, что объясняется отсутствием в ее долине подходящих для этого условий. Р. Арпа, верхняя часть бассейна которой сложена твердыми горными породами (базальтами, андезитобазальтами, туфами), вначале протекает в каменистом овраге по горно-луговой равнине, затем вступает в глубокую и лесистую теснину, а далее вновь выходит на обширную горную котловину, образованную Севанским, Заигезурским и Афондзорским (Даралагязским) хребтами и отрогами, где ожидать высокой мутности реки не приходится. Некоторому увеличению мутности здесь способствует интенсивное истирание камней, загроможденных в большом количестве в теснинных участках реки.

Небольшой мутностью (113 г/м³) характеризуется и среднее течение р. Воротан, протекающей в долине с более или менее облепленными склонами. Некоторое увеличение мутности по сравнению с верховьями ее следует объяснить впадением в р. Воротан ряда притоков, стекающих с Карабахского плоскогорья и протекающих в глубоких безлесных ущельях, подверженных более интенсивному выветриванию в условиях засушливого климата.

К зоне мутности 50—100 г/м³ отнесена небольшая часть территории, которая охватывает верховье бассейна р. Агстен и бассейны рек Ахум и Дзыкнагет.

Перечисленные реки несут очень малое количество наносов благодаря тому, что бассейны их и верховья богаты растительностью (альпийские луга), а в нижнем течении местность покрыта лиственным лесом. в распространение в верховьях рек твердых вулканических пород весьма слабо способствует увеличению мутности. Пониженная мутность р. Дзыкнагет обусловлена наличием холмистого рельефа бассейна реки с его пологими склонами. Река Ахум, также несущая малое количество наносов, берет начало в заросших лесом предгорьях Мургузского хребта, а по выходе из горной области протекает по более широкой и растянутой долине, пересеченной долинами сухих оврагов, питающих р. Ахум наносами только в кратковременные периоды снеготаяния и дождей.

Наконец, VI зона мутностей (< 50 г/м³), являющаяся кстати наиболее распространенной в пределах Армении, расположена в северо-западной ее части, затем пересекая верховье р. Касах, следует в юго-восточном направлении, вплоть до верховьев р. Воротан. К этой зоне относятся верховья рек Дзорагет, Памбак, Касах и Воротан, а также бассейны рек Раздан, Веди и, кроме того, реки бассейна оз. Севан.

Наименьшая, по сравнению с другими реками, мутность рек VI зоны объясняется тем, что, например, Ахурян, в верховьях протекает в высокогорной Арпилической котловине слабо расчлененной эрозией рельефом, поверхность которого вследствие большой увлажненности района покрыта альпийской растительностью, способствующей задержанию склонового смыва мелкозернистых частиц.

Распространенные в бассейнах рек Дзорагет, Касах, Раздан и Воротан облесенные участки и горные черноземы, вследствие своей структурности, трудно поддаются водной эрозии и, следовательно, весьма слабо питают реки наносами.

Незначительную мутность рек Раздан и Ахурян следует объяснить также и зарегулированностью их стока озерами (Севан и Арпилич).

Мутность такого же порядка значений наблюдается на реках бассейна оз. Севан, которые берут свое начало с вулканических массивов Севанского, Гегамаванского и Варденисского хребтов.

По данным изученных рек этой зоны значение средней мутности колеблется в пределах 20—50 г/м³, т. е. реки оз. Севан, протекающие в области распространения трудно поддающихся интенсивному выветриванию и эрозии горных пород — сильно трещиноватых андезит-базальтовых лав и туфобрекчий, несут очень малое количество наносов. Здесь и сток воды, благодаря геологическому строению бассейнов этих малых рек, является наиболее зарегулированным. Если еще иметь в виду задернованность склонов долин, то ожидать высокой мутности здесь не приходится.

От приведенных средних характеристик значений мутности для отдельных неизученных рек могут быть отклонения только в сторону увеличения их. В данном случае подразумеваются некоторые реки и сухие овраги, которые в периоды ливневых дождей или интенсивного весеннего снеготаяния превращаются в бурные селеные потоки, неся с собой огромное количество наносов различных фракций, от мельчайших частиц до каменных глыб. К числу таких потоков могут быть отнесены Мастара, Гедар и др. Вполне естественно, и это следует иметь в виду, что составленная нами карта мутностей не может отражать количественную характеристику и селеных потоков, кстати данными которых в настоящее время не располагаем.

Имея данные о стоке наносов представляется возможным дать характеристику смыва поверхности суши для изученных бассейнов рек.

Наиболее интенсивному смыву поверхности суши подвержен бассейн р. Азат, с одного км² которого в среднем ежегодно смывается 123 т наносов. В связи с соответствующими физико-географическими условиями и в бассейне р. Памбак, в среднем течении, происходит интенсивный смыв, который равен 94,3 т/км² в год. Исключая р. Раздан, как имеющую зарегулированный сток, наименьшей интенсивностью смыва поверхности суши отличаются бассейны рек озера Севан и р. Касах, для которых в среднем в год смывается около 5—12 т наносов.

Не лишен интереса вопрос об изменении мутности воды по длине реки соответственно изменению физико-географических и климатических условий.

Из числа изучаемых рек Армении, только по 7 рекам удается проследить за изменением мутности, так как только на этих реках имеются несколько пунктов наблюдений.

Просматривая таблицу 3 можно заметить, что, как правило, почти на всех реках прослеживается увеличение мутности вниз по течению реки, однако имеет место и некоторое отклонение от этого правила, объяснение которому будет дано ниже.

Для реки Памбак в ее верховьях имеем 181 г/м³, тогда как ниже, у сс. Мегрут и Калагеран мутность возрастает до 309—383 г/м³. Увеличение мутности здесь следует объяснить выходом реки ниже с. Амамлу в долину с сильно пересеченными долинами мелких оврагов и ручьев с крутыми и часто обнаженными склонами.

Аналогичное явление наблюдается и на р. Дзорачет, где мутность увеличивается в два с лишним раза и можно отнести как за счет увеличения водосборной площади в 1,5 раза, так и вследствие падения в нее богатой наносами р. Гаргар, берущей начало с северных отрогов Вазумского хребта.

Несмотря на значительное (в 5 раз) увеличение водосборной площади р. Агстев от Иджевана до Дилижана, мутность реки на этом участке увеличивается всего в 2,5 раза. Такое небольшое здесь уве-

личение мутности можно объяснить влиянием растительности, достаточно развитой в этом бассейне реки.

Ввиду того, что р. Ахурия вначале течет по сравнительно ровной и к тому же болотистой местности с пологими склонами, слабо способствующими эрозии, мутность ее у с. Капс равна $44,7 \text{ г/м}^3$, тогда как ниже, особенно после впадения рек Карангу и главным образом, правобережного ее притока Карсчай, мутность р. Ахурия существенно образом возрастает, перекрывая мутность у с. Капс в 4 раза.

В сильной степени (в 3 раза) увеличивается мутность р. Касах при увеличении площади водосбора всего лишь в 1,5 раза. Столь значительный прирост мутности на 27 километровой участке по-видимому следует отнести за счет интенсивного ведения здесь сельского хозяйства (распашка земель).

По реке Раздан затруднительно проследить за изменением мутности из-за небольших колебаний ее значений ($34-55 \text{ г/м}^3$) по длине реки. В настоящее время, в связи с искусственным регулированием озера Севан и строительством каскада ГЭС естественный ход мутности на р. Раздан нарушен.

На р. Воротан также имеет место увеличение мутности вниз по течению реки, но от с. Лица к с. Эйвазлар наблюдается несущественное, но все же уменьшение мутности. Судить о действительном уменьшении мутности на этом участке весьма затруднительно, так как разница в данных не превышает точности измерительных работ и составляет всего лишь 9%.

Что касается самой реки Аракс, то ввиду отсутствия достаточных данных, характеристика мутности ее не приводится.

Пользуясь картой распределения мутности по территории (рис. 3) представляется возможным установить среднюю мутность по отдельным большим областям, что может дать некоторое представление об интенсивности смыва почво-грунтов с больших территорий.

Разбив для этой цели всю территорию на 3 основные бассейновые области, планиметрированием по отдельным зонам мутности устанавливаем для каждой области среднюю мутность рек.

Территория Армянской ССР разделена на следующие 3 области:

- а) северная часть Армении: в нее входят все реки, сбрасывающие свои воды в р. Куру;
- б) юго-западная и южная часть; охватывает все реки впадающие в р. Аракс и
- в) бассейн оз. Севан.

В результате произведенного подсчета оказалось, что северная часть Армянской ССР характеризуется, по сравнению с другими областями рассматриваемой территории, наибольшей средней мутностью, равной 185 г/м^3 .

Область бассейна р. Аракс характеризуется значением средней мутности, равной 115 г/м^3 .

Благодаря тому, что бассейн озера Севан сложен из твердых горных пород, трудно поддающихся выветриванию и эрозии, реки бассейна озера слабо снабжают его своими выносами. Средняя мутность этой области составляет всего 40 г/м^3 , то есть примерно в 4 раза меньше, чем для северной области и в 3 раза меньше, чем для бассейна р. Аракс.

В общем для всей территории Армянской ССР характерно среднее значение мутности, равное 115 г/м^3 .

Сравнивая с другими районами Закавказья, напр. Восточной Грузии, для которой средняя мутность составляет около 770 г/м^3 , находим, что мутность рек Армении в общем почти в три раза меньше чем рек Восточной Грузии.

Что касается степени смыва поверхности суши выделенных крупных областей находим, что в северной части Армении ежегодно в среднем смыл составляет 50 тонн наносов, в бассейне р. Аракс — 30 тн. и наименьший, как и следовало ожидать, в бассейне оз. Севан, где реками выносятся ежегодно в среднем около 15 тн с 1 км^2 . Последняя цифра по-видимому несколько преуменьшена ввиду неучета выноса наносов остальными, не показанными в табл. 3, реками.

В результате исследования установлено, что:

1. Диапазон колебания средней мутности рек Армении не велик и заключен в пределах $20—400 \text{ г/м}^3$.

2. Небольшой диапазон колебания значений мутности обусловлен геологическим строением Армянского нагорного плато, сложенного гранитами, туфогенными галлами и известняковыми породами, а также наличием узких речных долин и озерных котловин.

3. Разнообразие климатических и физико-географических условий, хотя и в небольшой степени, но все же обуславливает наличие нескольких зон мутности.

4. Составленная карта с более подробной градацией значений мутности, как это сделано в работе, окажет помощь в смысле установления более конкретных значений средней мутности для неизученных рек.

5. Средний ежегодный вынос рекami наносов по сравнению с другими республиками Закавказья вообще небольшой и колеблется в пределах $15—50 \text{ тн с } 1 \text{ км}^2$.

6. Для более полного освещения рассматриваемой территории считаем необходимым организовать наблюдения над стоком наносов на ряде неисследованных рек (напр. на реках Джилга, Гетик, Карангу, Элегис, Вохчи, Мегри и нескольких притоках оз. Севан), а на изучаемых в настоящее время реках продолжить наблюдения с целью уточнения значений нормы годового стока.

Գ. Ն. ԿՄԱԼԱԶԵ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԵՏԵՐԻ ՊՂՏՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Ա Մ Փ Ձ Փ Ո Ւ Մ

Հայկական ՍՍԻՒ ՀԻՄՄ Վարչության (Արմ.ԴՄԸ) հիդրոմետեոռոլոգիական (Ջրադիերևութաբանական) ցանցի՝ 17 գետերի վրա 38 կետերում կատարված փաստացի դիտումների նյութերի հիման վրա սահմանված է Հայաստանի գետերի միջին պղտորությունը, որը հիմք է ծառայել Հայկական ՍՍԻՒ տերիտորիայում այդ պղտորության բաշխման քարտեզը կազմելուն՝ 1:500 000 մասշտաբով:

Այդ քարտեզից երևում է, որ Հայաստանի գետերի միջին պղտորությունը տատանվում է բնդհանրապես ոչ մեծ սահմաններում (20-100 գր.մ²), որը պայմանավորված է Հայկական բարձրավանդակի երկրաբանական կառուցվածքով, բարձրավանդակ, որը կազմված է ջրային էոզիալին դժվար ենթակա լեռնային ապարներից:

Ամենացածր միջին պղտորությունը՝ 50 գր.մ²-ից պակաս (որը ամենատարածվածն է), բնորոշ են Ախուրյան, Փամբակ, Գասախի և Արտան գետերի վերին հոսանքները, ինչպես և Հրազդան գետը և Սևանա լճի ավազանի գետերը: Ամենաբարձր պղտորություն ունեն Հայաստանի հյուսիսային գետերը, այդ թվում Փամբակի ստորին հոսանքը և Աղաս գետը:

Ամբողջ տերիտորիան հնարավոր եղավ բաժանել 3 մեծ մասերի՝
ա) Հայաստանի հյուսիսային մաս, որի գետերի ջուրը թափվում է Քուռ գետը: Այդ տերիտորիայի համար միջին պղտորությունը համասար է 185 գր.մ²:
բ) Հարավ-արևմտյան և հարավային մասեր, որտեղի գետերը թափվում են Արաքս գետը:

Այս մասի համար միջին պղտորությունն է 115 գր.մ², և

գ) Սևանա լճի ավազանի գետեր, որոնց միջին պղտորությունն է 40 գր.մ²:
Ընդհանրապես Հայկական ՍՍԻՒ տերիտորիայի համար միջին պղտորությունը համասար է 115 գր.մ²:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Волескиани Л. Ի. Движение наносов в реках Закавказья. Метеорология и Гидрология, № 9—10, 1938.
2. Мопатин Г. В. Наводы рек СССР. Географгиз, 1952.
3. Шамоз Г. И. Речные наносы. Гидрометеониздат, 1954.
4. Материалы по режиму рек СССР, т. 1, вып. 5. Реки Кавказа, Л.—М., 1940.
5. Гидрологические ежегодники, т. 3, вып. 2—5, за 1936—1953 гг. Гидрометеониздат.

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Р. В. АКОПОВ

ДИНАМИКА ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ КАМНЯ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ГЕОМЕТРИИ ИНСТРУМЕНТА

В строительной практике Армянской ССР широко используются различные естественные каменные материалы: вулканические туфы, фельзитовые туфы, базальты и т. д. Для соответствующего формоизменения строительных камней, как в условиях строительства, так и непосредственно на карьерах, существует множество станков и механизмов различной конструкции. Все они работают в основном по принципу резания камня торцевым и вальцевым фрезерованием или по принципу распиловки дисковыми и кольцевыми фрезами.

В целях получения необходимых расчетных данных для проектирования новых камнеобрабатывающих и камнедобывающих станков, а также для их эффективной эксплуатации в производственных условиях, в Институте стройматериалов и сооружений Академии наук Армянской ССР в течении ряда лет проводились исследования по различным вопросам резания камня. К числу важнейших из них относятся исследования усилия в зависимости от режимов резания (1, 2, 3, 4), физической сущности процесса резания и износа инструмента (5, 6, 7), формы резания (8), различных принципов воздействия режущего инструмента на процесс обработки камня (9, 10) и др.

Одним из решающих факторов при резании камня является геометрия режущего инструмента, в зависимости от которой определенным образом меняются основные показатели процесса резания. В частности, геометрия режущего инструмента помимо прочего, существенным образом влияет на показатели динамики процесса резания камня.

О влиянии геометрии инструмента на динамику процесса резания хорошо известно из многочисленных исследований, проведенных при резании металлов, грунтов, углей и естественных камней. Несмотря на значительное количество экспериментов, проведенных при обработке различных материалов, к настоящему времени отсутствуют какие-нибудь теоретические обобщения по данному вопросу. Различная степень влияния отдельных элементов геометрии инструмента в зависимости от свойства обрабатываемого материала, а также необходимость установления опытным путем некоторых констант побудила нас провести специальные исследования по определению влияния геом-

метрии инструмента при обработке интересующих нас пород строительного камня.

В настоящей статье приводим результаты исследований, проведенных при торцевом фрезеровании туфа ереванского типа с пределом прочности на сжатие $\sigma = 220 \text{ кг/см}^2$, фельзитового туфа с $\sigma = 140 \text{ кг/см}^2$ и базальта с $\sigma = 1320 \text{ кг/см}^2$. Изучение влияния геометрии инструмента проводилось при остром режущем инструменте. Армированный твердым сплавом ВК8 режущий инструмент после получения одной-двух опытных точек перетачивался в соответствии с заданной геометрией. Изучение велось путем замера мощности резания с учетом потерь станка на холостой ход и нагрузочных потерь.

В качестве критерия для оценки усилия резания было принято условное удельное усилие резания, которое определялось, как отношение усилия резания P к сечению среза $t \cdot s$, где t — глубина резания, s — подача на зуб.

Скорость резания при опытах сохранялась постоянной или же менялась в весьма незначительных пределах и всегда была оптимальной для данной породы камня. Как известно, оптимальные скорости резания определены из условий наибольшей стойкости режущего инструмента специальными исследованиями (1, 2).

Согласно проведенным ранее исследованиям (1) глубина резания в определенных пределах его изменения на удельное усилие при обработке камня не влияет. Поэтому, в отдельных случаях, когда это требовалось условиями эксперимента, допускалось изменение глубины резания t в небольших пределах.

Для получения более точных результатов исследования при изучении влияния геометрии инструмента на удельное усилие p опыты по каждому элементу геометрии инструмента проводились при нескольких значениях подачи s , и сопоставление полученных данных

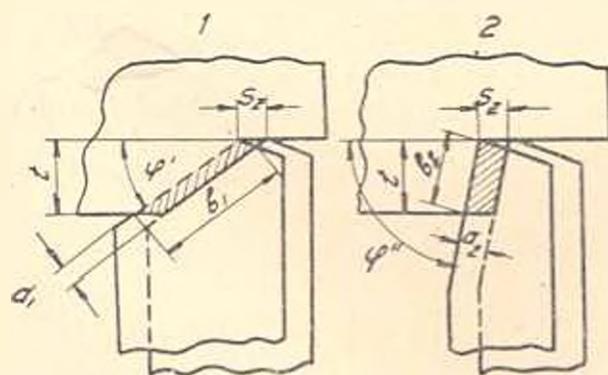
осуществлялось по установленным зависимостям $p = f(s)$, для каждого конкретного случая.

Предметом исследования при экспериментах явились основные элементы геометрии инструмента: главный угол в плане φ , передний угол γ и задний угол α .

Главным углом в плане φ называется

угол между направлением подачи и проекцией главной режущей кромки инструмента на основную плоскость.

На рис. 1 изображены инструменты с двумя различными значениями главного угла в плане φ при торцевом фрезеровании. На рис. 2

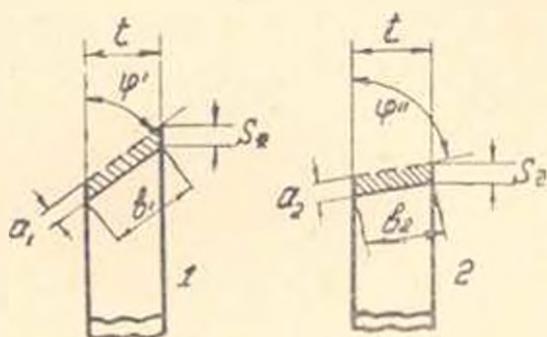


Фиг. 1.

даются режущие инструменты с различными значениями угла φ при дисковой распиловке камня.

Из приведенных рис. 1 и 2 видно, что $a = s_1 \sin \varphi$ и $b = \frac{t}{\sin \varphi}$.

Эксперименты по определению влияния главного угла в плане φ на усилие резания проводились при следующих значениях угла φ : $\varphi = 15^\circ$, $\varphi = 20^\circ$, $\varphi = 30^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi = 60^\circ$, $\varphi = 75^\circ$ и $\varphi = 90^\circ$. Все остальные элементы геометрии сохранялись при этом, постоянными.



Фиг. 2

В таблице 1 приводят-ся опытные значения усилия резания и удельного усилия резания, полученные при обработке фельзитового туфа с изменением угла φ ; на рис. 3 и 4 и логарифмической сетке приведены опытные данные для обычного вулканического туфа и базальта.

Как видно из таблицы 1 и рис. 3 и 4 главный угол в плане φ при обработке всех трех пород камня существенно влияет на удельное усилие резания. При этом с увеличением угла φ в пределах от 15° до 90° удельное усилие уменьшается заметным образом. Кроме того необходимо отметить, что при всех значениях угла φ зависимость удельное усилие — подача на зуб имеет степенной характер и может записаться как $p = \frac{C_\varphi}{s_1^x}$ (2), где коэффициент C_φ и показатель степени для данных условий имеют определенное значение.

Из приведенных экспериментальных данных видно, что для каждой породы камня показатель степени x при всех значениях угла φ сохраняет свое значение (прямые зависимостей $p = f(s_1)$ в логарифмической сетке параллельны между собой). Для фельзитового туфа $x = 0,58$, для обычного вулканического туфа $x = 0,53$, а для базальта $x = 0,51$. Влияние главного угла в плане φ выражается изменением коэффициента C_φ . Построив зависимость коэффициентов C_φ от $\sin^y \varphi$ можно убедиться, что $C_\varphi = \frac{C}{\sin^y \varphi}$, где показатель степени y , при $\sin \varphi$ для данной породы камня по величине равен показателю степени x при s_1 , т. е. $y = x$. Таким образом, общее выражение удельного усилия резания для всех значений главного угла в плане φ можно записать, как $p = \frac{C}{(s_1 \sin \varphi)^x}$ или $p = \frac{C}{a^x}$.

Из полученной формулы видно, что удельное усилие резания находится в степенной зависимости от толщины стружки и что из-3. Изв. ТИ. № 1

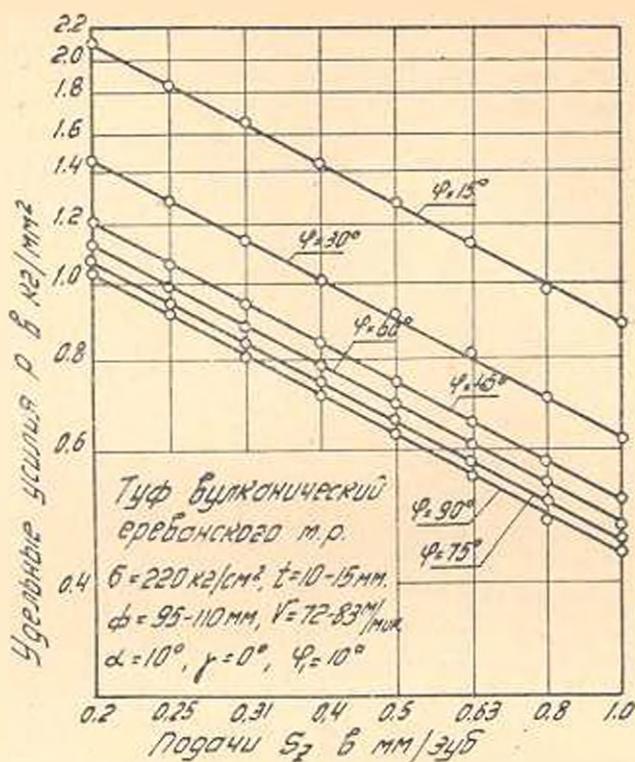


Рис. 3.

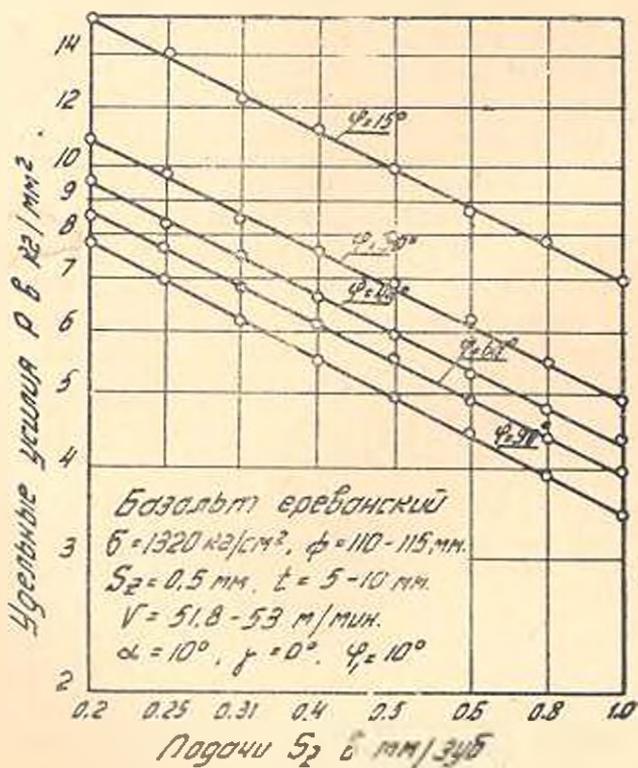


Рис. 4.

Таблица 1

Главный угол в плане φ и градусах	Подача на зуб S_z в мм	Усилие резания P в кг	Удельное усилие резания p в кг/мм ²	Постоянные экспериментов
15	0,2	3,9	3,9	$\sigma = 440 \text{ кг/см}^2$
15	0,25	4,25	3,4	$v = 69 \text{ м/мин}$
15	0,31	4,65	3,0	$l = 5 \text{ мм}$
15	0,1	5,2	2,6	$\gamma = 0^\circ \quad \alpha = 10^\circ$
15	0,5	5,8	2,32	$\varphi_1 = 10^\circ$
15	0,63	6,3	2,0	
15	0,5	7,1	1,75	
15	1,0	7,75	1,55	
20	0,2	5,45	3,4	$\sigma = 440 \text{ кг/см}^2$
20	0,25	5,9	3,95	$v = 71,5 \text{ м/мин}$
20	0,31	6,45	2,6	$l = 8 \text{ мм}, \gamma = 0^\circ$
20	0,1	7,25	2,26	$\alpha = 10^\circ, \varphi_1 = 10^\circ$
20	0,5	8,0	2,0	
20	0,63	8,85	1,75	
20	0,8	9,65	1,51	
20	1,0	10,6	1,32	
30	0,2	4,35	2,72	$\sigma = 440 \text{ кг/см}^2$
30	0,25	4,75	2,37	$v = 74 \text{ м/мин}$
30	0,31	5,18	2,09	$l = 8 \text{ мм}$
30	0,4	5,75	1,90	$\gamma = 0^\circ, \varphi_1 = 10^\circ$
30	0,5	6,3	1,59	$\alpha = 10^\circ$
30	0,63	6,95	1,39	
30	0,8	7,87	1,23	
30	1,0	8,55	1,07	
45	0,2	4,47	2,24	$\sigma = 440 \text{ кг/см}^2$
45	0,25	4,93	1,97	$v = 77 \text{ м/мин}$
45	0,31	5,37	1,73	$l = 10 \text{ мм}$
45	0,4	6,0	1,5	$\gamma = 0^\circ, \varphi_1 = 10^\circ$
45	0,5	6,65	1,33	$\alpha = 10^\circ$
45	0,63	7,3	1,16	
45	0,8	8,3	1,04	
45	1,0	9,0	0,9	
60	0,2	4,25	2,14	$\sigma = 440 \text{ кг/см}^2$
60	0,25	4,7	1,89	$v = 80 \text{ м/мин}$
60	0,31	5,02	1,62	$l = 10 \text{ мм}$
60	0,4	5,72	1,43	$\gamma = 0^\circ, \varphi_1 = 10^\circ$
60	0,5	6,2	1,24	$\alpha = 10^\circ$
60	0,63	7,0	1,11	
60	0,8	7,75	0,97	
60	1,0	8,5	0,85	
75	0,2	4,0	2,0	$\sigma = 440 \text{ кг/см}^2$
75	0,25	4,4	1,76	$v = 83 \text{ м/мин}$
75	0,31	4,86	1,57	$l = 10 \text{ мм}$
75	0,4	5,4	1,35	$\gamma = 0^\circ, \varphi_1 = 10^\circ$
75	0,5	5,85	1,17	$\alpha = 10^\circ$
75	0,63	6,4	1,02	
75	0,8	7,2	0,9	
75	1,0	8,0	0,8	
90	0,2	3,64	1,82	$\sigma = 440 \text{ кг/см}^2$
90	0,25	4,0	1,60	$v = 80 \text{ м/мин}$
90	0,31	4,3	1,39	$l = 10 \text{ мм}, \gamma = 0^\circ$
90	0,4	4,82	1,20	$\alpha = 10^\circ, \varphi_1 = 10^\circ$
90	0,5	5,35	1,07	
90	0,63	5,90	0,92	
90	0,8	6,55	0,82	
90	1,0	7,2	0,72	

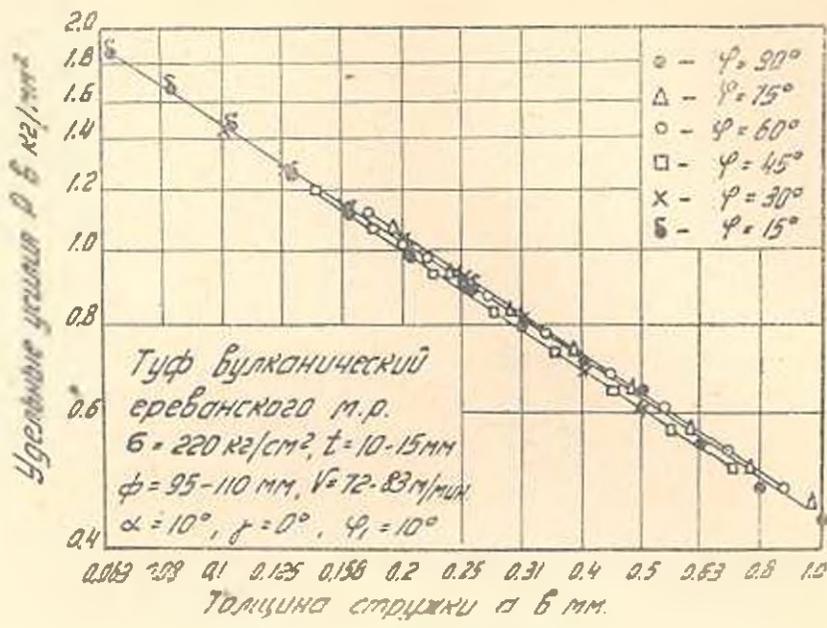


Рис. 5.

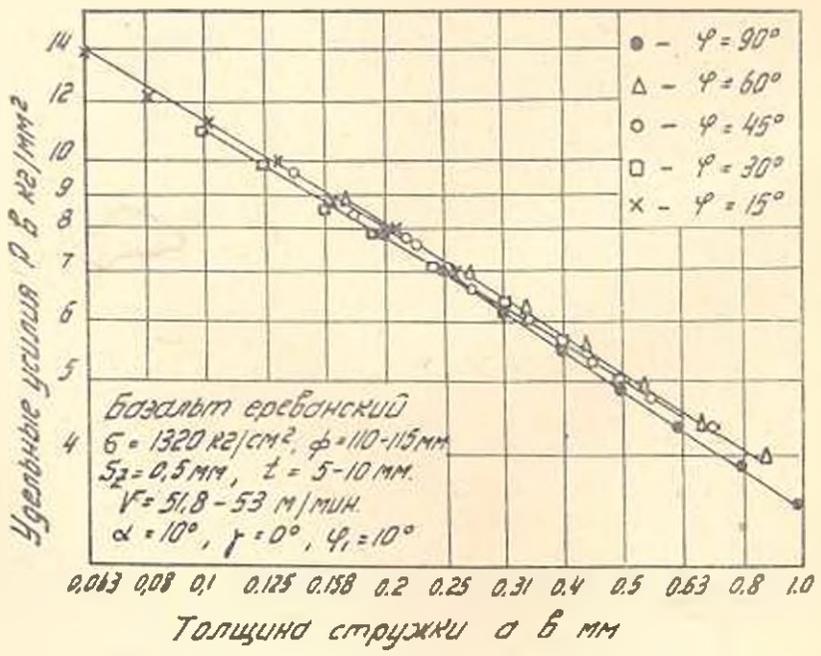


Рис. 6.

менение удельного усилия резания с изменением подачи s , или главного угла в плане φ происходит за счет изменения при этом толщины стружки.

Построив зависимости удельного усилия резания от толщины стружки, как это сделано на рис. 5 и 6 можно легко убедиться, что все экспериментальные данные, полученные при различных значениях угла φ ложатся на одну общую кривую.

Передним углом γ называется угол между передней гранью реза и плоскостью, проведенной через главную режущую кромку инструмента перпендикулярно к плоскости резания. Передний угол может иметь, как положительное, так и отрицательное значение. Для удобства часто пользуются вместо переднего угла дополнительным к нему углом — углом резания δ . Передняя грань режущего инструмента — эта плоскость, которая входит в непосредственный контакт с обрабатываемым материалом. Воздействие режущего инструмента на обрабатываемый материал осуществляется с помощью передней грани, поэтому вполне понятно, что угол ее наклона характеризуемый величинами γ или δ , должен оказывать определенное влияние на процесс резания камня.

В целях экспериментального определения влияния переднего угла γ на усилие резания, были поставлены опыты с острым режущим инструментом, имеющим следующие значения переднего угла: $\gamma = +17^\circ$, $\gamma = -10^\circ$, $\gamma = -5^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $\gamma = -10^\circ$, $\gamma = -18^\circ$ и $\gamma = -25^\circ$. Придание режущему инструменту приведенных выше значений переднего угла осуществлялось путем переточки инструмента. Остальные элементы геометрии инструмента при опытах имели постоянные значения: $\varphi = 90^\circ$, $\alpha = 15^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$.

Такое подробное изучение влияния переднего угла проводилось только при обработке фельзитового туфа. При обработке обычного вулканического туфа и базальта зависимость эта проверялась лишь при трех значениях переднего угла. Причем в обоих случаях, наряду с нулевым значением изучалось по одному положительному и одному отрицательному значению переднего угла. Также, как и при изучении главного угла в плане φ для каждой конкретной геометрии устанавливалась зависимость $p = f(s_1)$ и сопоставление результатов проводилось путем сравнения полученных зависимостей $p = f(s_2)$.

На рис. 7 приводятся данные, полученные при обработке фельзитового туфа для различных значений переднего угла. На рис. 8 по тем же экспериментальным данным построены в обычной сетке зависимости „удельное усилие p — передний угол γ “ для различных значений подачи.

Как видно из приведенных рисунков удельное усилие с изменением переднего угла меняется весьма существенно. С уменьшением переднего угла от положительных его значений до отрицательных удельное усилие возрастает. Однако, с изменением подачи интенсив-

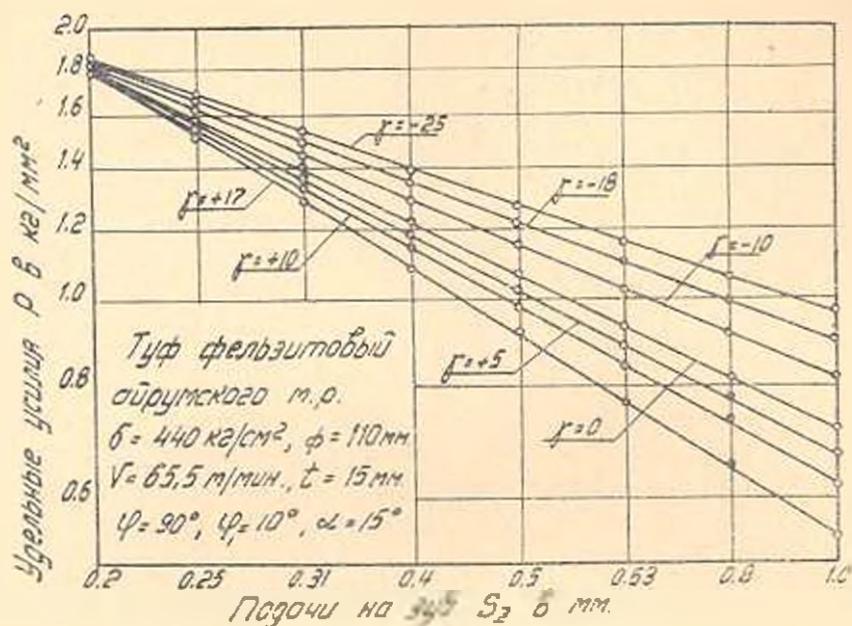


Рис. 7.

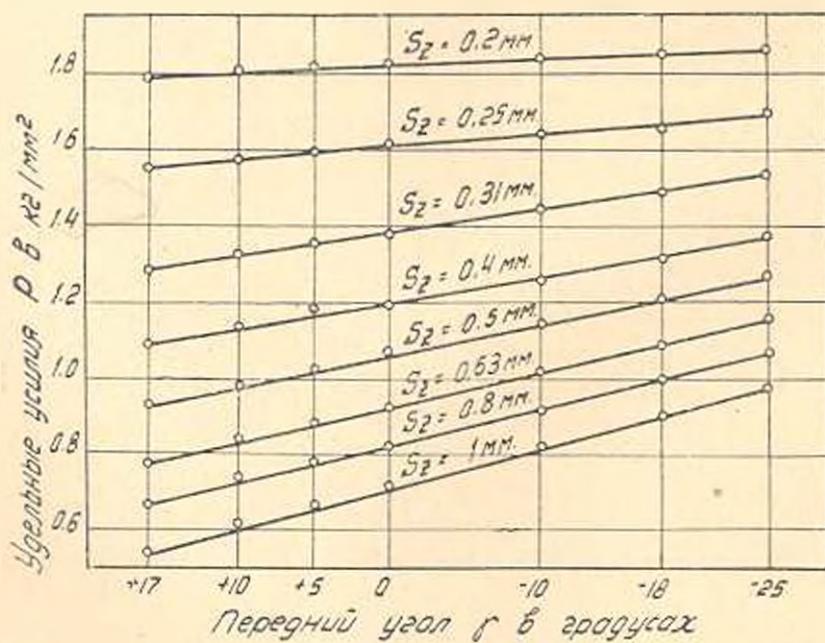


Рис. 8.

ность влияния переднего угла на усилие резания не остается одинаковой. При больших подачах влияние переднего угла на усилие резания возрастает.

Одним из объяснений такого положения может явиться наличие на режущей кромке определенного радиуса округления. Известно, что при заточке инструмента, с какой бы большой точностью она не выполнялась, режущая кромка даже при практически остром инструменте всегда остается округленной. Когда значение подачи не превышает по величине фактический радиус округления кромки, передний угол на усилие резания не влияет (для данных условий радиус округления кромки $r = 0,1 - 0,15$ мм). С увеличением подачи влияние радиуса округления уменьшается и на удельное усилие уже начинает сказываться угол наклона передней грани. Из приведенных на рис. 7 и 8 зависимостей можно видеть, что с изменением переднего угла меняются коэффициент C и показатель степени α . С учетом влияния переднего угла приведенная выше зависимость удельного усилия может быть записана, как $p = \frac{C_1}{(s_1 \sin \varphi)^{\alpha_1}}$ или $p = \frac{C_1}{a^{\alpha_1}}$, где C_1 и α_1 меняются в зависимости от переднего угла. На основе имеющихся опытных данных $C_1 = C - d_1$ и $\alpha_1 = \alpha + k_1$, где C и α соответствуют определенным выше при $\gamma = 0$ значениям.

Общее выражение зависимости удельного усилия от переднего угла запишется, как

$$p = \frac{C - d_1}{(s_1 \sin \varphi)^{\alpha + k_1}}$$

Коэффициенты d и k , также как и C и α для каждой из исследованных нами пород камня определены экспериментально и их значения приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Наименование породы	C	d	α	k
Туф фельзитовый $\rho = 440 \text{ кг/см}^3$	0,715	0,01	0,59	0,008
Обычный вулканический туф $\rho = 220 \text{ кг/см}^3$	0,334	0,005	0,53	0,006
Базальт $\rho = 1320 \text{ кг/см}^3$	3,46	0,035	0,51	0,006

Задним углом режущего инструмента называется угол между задней гранью инструмента и плоскостью резания. При всех случаях обработки резанием задний угол α предназначается для предохранения задней грани инструмента от излишнего трения о плоскость резания.

Влияние величины заднего угла на усилие резания изучалось также при обработке всех пород камня. При фельзитовом туфе было исследовано семь различных значений заднего угла от 3 до 30°. При двух других породах камня опыты проводились с резцами, имеющими следующие значения заднего угла: $\alpha = 5^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\alpha = 15^\circ$.

На рис. 9 даются значения удельных усилий резания в зависимости от величины заднего угла при различных подачах. Как видно из приведенного графика, величина заднего угла в исследованных нами пределах его изменения на удельное усилие не оказывает никакого влияния. Аналогичная картина наблюдалась также при обработке

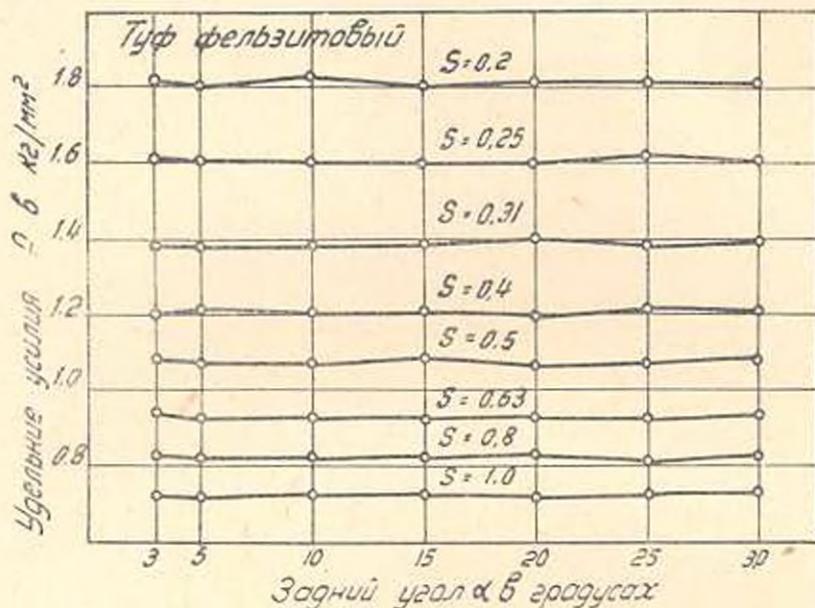


Рис. 9.

обычного вулканического туфа и базальта. Как известно, настоящие эксперименты проводились при остром режущем инструменте. Поэтому, вне зависимости от величины заднего угла контакт режущего инструмента с камнем в основном осуществляется по передней грани, а по задней грани контакт инструмента с плоскостью резания происходит только по режущей кромке. Естественно, что величина заднего угла α при остром инструменте на удельное усилие не должна влиять.

Выводы

1. При обработке камня резанием удельное усилие резания находится в степенной зависимости от толщины стружки.
2. С увеличением главного угла в плане φ до 90° удельное усилие резания уменьшается. Влияние главного угла в плане φ на усилие резания сказывается за счет изменения при этом толщины стружки.
3. Передний угол режущего инструмента на усилие резания влияет существенно. С увеличением переднего угла усилие резания уменьшается.

4. Задний угол α при остром режущем инструменте на усилие резания не влияет.

5. Общее выражение удельного усилия резания камня с учетом влияния геометрии инструмента можно записать, как

$$P = \frac{C - d \gamma}{(s_c \sin \varphi)^{a+b+k_1}}$$

при условии, что на задней грани инструмента фаски износа нет.

Институт стройматериалов и сооружений
АН Армянской ССР

Поступило 5.VI.1957

Ռ. Վ. ԱՆՊՈՎ

**ՔԱՐԻ ԿՏՐՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍԻ ԴԻՆԱՄԻԿԱՆ, ԿԱԵՎԱՆ ԿՏՐՈՂ ԳՈՐԾԻՔԻ
ԵՐԿՐԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՑ**

Ա Ա Վ Ո Վ

Քարի կտրման պրոցեսում հիմնական դորժոններից մեկն է հանդիսանում կտրող գործիքի երկրաչափությունը, որի փոփոխությունից որոշակիորեն կախված են կտրման պրոցեսի հիմնական ցուցանիշները:

Հոդվածում յուսարանված են Հայկական ՄՍՌ շինարարական բարերի ֆրեզման մամանակ գործիքի երկրաչափության ազդեցությունը կտրման ուժերի վրա: Արագ կտրման ուժերի չափանիշ ընդանրված են կտրման տեսակարար ուժերը:

Փորձերի ընթացքում հետազոտվել են կտրիչի երկրաչափության հիմնական տարրերը՝ հատակագծի զլխավոր φ անկյունը, առջևի γ անկյունը և հետին α անկյունը: Փորձերը ցույց են տվել, որ հատակագծի զլխավոր անկյան մեծացմանը զուգընթաց (մինչև $\varphi = 90^\circ$) տեսակարար ուժերը փոքրանում են: Տեսակարար ուժի և հատակագծի զլխավոր φ անկյան կապը արտահայտվում է հետևյալ կերպ՝

$$P = \frac{C}{(s_c \sin \varphi)^a} \text{ կամ } P = \frac{C}{a^b}$$

որովհետև՝ $a = s_c \cdot \sin \varphi$:

Կտրման ուժերի վրա առջևի γ անկյան ազդեցությունը հետազոտման մամանակ պարզվեց, որ առջևի անկյան մեծացումից կտրման տեսակարար ուժերը նվազում են: Եսայն փորձերը կատարվել են տարբեր մատուցումների համար, որոնց արդյունքները ցույց տվեցին, որ մատուցման մեծացմանը զուգընթաց առջևի անկյան ազդեցությունը ինտենսիվությունը աճում է: Այն դեպքում, երբ մատուցումը հավասար է կտրիչի կտրացման շառավղին, առջևի անկյան ազդեցությունը բացակայում է:

Սաբ կտրիչների դեպքում հետին α անկյան փոփոխությունը կտրման ուժի վրա չի ազդում:

Տեսակորար ուժերի բնոճանուր տեսքը, կախված գործիքի երկրաչափական տարրերից կլինի.

$$P = \frac{c - d\gamma}{(s_c \cdot \sin \varphi)^{k + \lambda \gamma}}$$

c, d, k և λ գործակիցների թվախիս արժեքները հետազոտված քարերի համար բերված են աղյուսակ 2-ում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Касьян М. В., Тер-Азарьев И. А. и Акопов А. А. К вопросу динамики резания естественных камней. «Известия АН Арм.ССР», т. III, № 1, 1950.
2. Касьян М. В. и Тер-Азарьев И. А. Усилия резания при обработке естественных камней. «Вестник инженеров и техников» № 3, 1952.
3. Тер-Азарьев И. А. Влияние износа инструмента на удельные усилия при резании камня. «Известия АН Арм.ССР», т. VIII, № 2, 1955.
4. Тер-Азарьев И. А. Роль подачи при резании естественных камней. «Известия АН Арм.ССР», IX, № 2, 1956.
5. Касьян М. В., Акопов А. А. и Тер-Азарьев И. А. Характеристика износа режущего инструмента при обработке туфа, базальта и гранита. «Известия АН Арм.ССР», т. III, № 4, 1950.
6. Варданян К. С. Некоторые вопросы динамики резания камня. «Известия АН Арм.ССР», т. X, № 5, 1957.
7. Акопов Р. В. К вопросу о режущих способностях различных инструментальных материалов при обработке камня. «Известия АН Арм.ССР», т. V, № 4, 1952.
8. Тер-Азарьев И. А. Влияние формы контакта режущей кромки на усилия при резании камня. «Известия АН Арм.ССР» т. X, № 2, 1957.
9. Мнджоян К. А. Эффективность виброрезания естественных строительных камней. «Механизация строительства», № 11, 1955.
10. Абрамян А. А. Экспериментальные исследования скалывания естественных камней. «Известия АН Арм.ССР», т. X, № 1, 1958.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А. А. АРАКЕЛЯН

О ЗАВИСИМОСТИ ПРОЧНОСТИ ПОРИСТОГО КАМНЯ
 ОТ СТРУКТУРЫ ЕГО ПОР

Прочность, водопроницаемость (фильтрация), морозостойкость, теплопроводность, звукопроводность пористых материалов находятся в определенной зависимости от их структуры.

В этой статье делается попытка установить зависимость прочности некоторых естественных пористых камней (туф, пемза и т. д.), являющихся заполнителями для легких бетонов и растворов от структуры их пор.

Для решения этой задачи автор использовал метод введения жидкого вещества в пористую среду, в частности метод введения воды в поры материалов подсосом.

Истечение жидкости по капилляру описывается формулой [1]:

$$dV = \frac{\pi r^4 p}{8 \cdot \eta \cdot h} dt, \quad (1)$$

где dV — элементарный объем протекаемой воды в $см^3$ за время dt ;

r — радиус капилляра ($см$);

h — часть капилляра, заполненная водой ($см$);

p — давление в капилляре ($дин/см^2$);

η — вязкость воды ($0,01$ $г/см \cdot сек$).

В силу (1) предполагая, что сечение пор круглое ($dV = \pi r^2 dh$) после интегрирования получается:

$$h = k \sqrt{t}, \quad (2)$$

где

$$k = \frac{r}{2} \sqrt{\frac{p}{\eta}}$$

Из формулы (2) видно, что перемещение воды по капилляру, как функция квадратного корня времени, выражается прямой линией, проходящей через начало координат с угловым коэффициентом k .

Давление в капилляре [1] $p = \frac{2\sigma}{r}$ (σ — поверхностное натяжение жидкости) можно принять равной 73 $дин/см$.

Для значения углового коэффициента k при $p = \frac{2\sigma}{r}$; $\sigma = 73$ и $\eta = 0,01$ получим:

$$k = \sqrt{\frac{r \sigma}{2 \cdot \eta}} \approx 60.4 \sqrt{r}. \quad (3)$$

откуда

$$r = \frac{k^2}{3650}$$

Как видно из выражения (3) угловой коэффициент k формулы (2) зависит лишь от величины радиуса капилляра.

Если, противоположный движению воды, конец капилляра закрыть, то воздух находящийся в капилляре при перемещении воды, постепенно будет сжиматься, вследствие чего создается противодействие капиллярной силы.

Значение капиллярной силы p в этом случае будет иметь следующий вид:

$$p = \frac{2\sigma}{r} - \Delta p = \frac{2\sigma}{r} - \frac{p_0 h}{l - h}, \quad (3a)$$

где p_0 — атмосферное давление, равное $1033 \times g$ дин/см²;

Δp — избыточное давление газовой фазы в капиллярах в дин/см²;

l — полная длина капилляра.

Анализ (2) и (3a) показывает, что для случая закрытого торца капилляра движение воды по капилляру будет происходить не по прямолинейному, а по криволинейному закону.

При вертикальном расположении капилляра и при движении воды вверх, капиллярная сила будет претерпевать некоторое противодействие равное весу столбика воды.

В связи с тем, что капилляры имеют весьма малый радиус и, что высота подъема воды в рассматриваемом случае будет также мала (10—12 см), противодействие от веса воды по сравнению с капиллярным давлением $\frac{2\sigma}{r}$ будет пренебрежительно мало.

Нами были проведены опыты над пористыми вулканическими камнями (туфы ереванского и арктикского типа, литондная пемза), строение которых представляет собой сложную систему, состоящую из многочисленных капилляров различного радиуса, расположенным по всевозможным направлениям.

При соприкосновении следуемых нами пористых камней с водой в их капиллярах возникают силы, заставляющие воду двигаться по капиллярам.

Опытные данные, приведенные на рис. 1, показывают, что подъем воды по капиллярам туфов ереванского и арктикского типа выражается прямой линией и полностью описывается формулой (2).

Из того же рисунка видно, что движение воды по капиллярам литондной пемзы происходит по криволинейному закону. Это соответствует случаю, когда движение воды происходит по капиллярам с закрытыми торцами, приводящим к созданию избыточного давления воздуха в капиллярах.

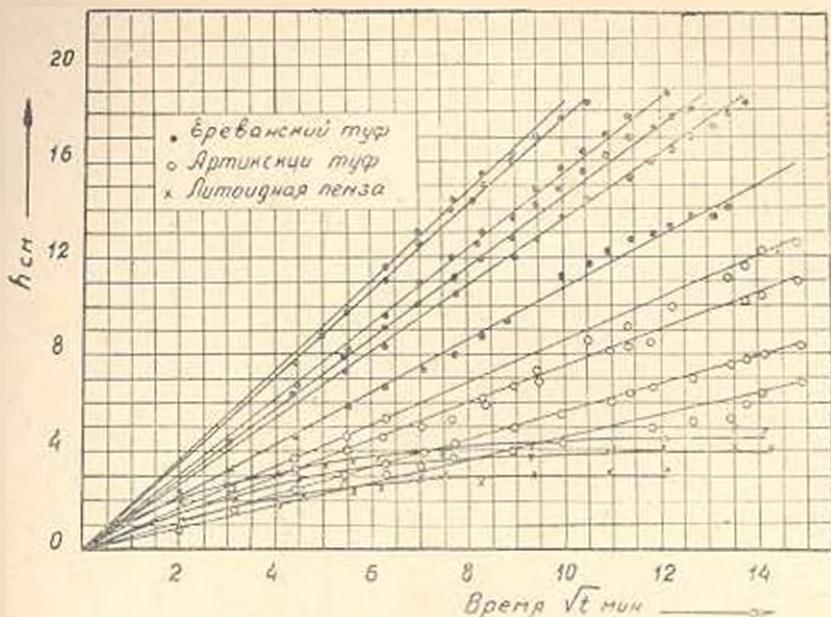


Рис. 1. Высота подъема воды (h) по капиллярам пористых камней при одностороннем подсосе в атмосферной среде в зависимости от \sqrt{t} .

Опыты показали, что если из капилляров литоидной пензы снять газовую фазу, т. е. если подсос литоидной пензы осуществить в вакууме, подъем воды произойдет по прямолинейному закону, показанному на рис. 2.

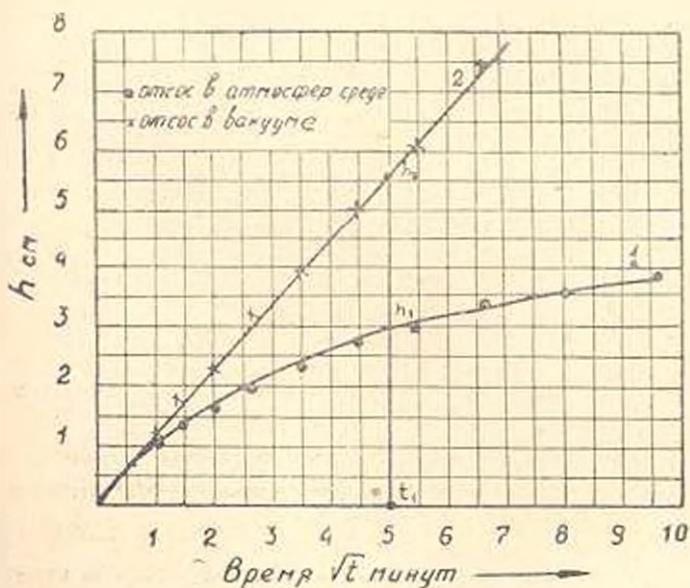


Рис. 2. Высота подъема воды (h) по капиллярам литоидной пензы при одностороннем подсосе в атмосферной среде и вакууме и зависимости от \sqrt{t} .

Из рис. 2 видно, что прямая линия, полученная для подъема воды по капиллярам литоидной пензы в вакууме является касательной

в точке $t = 0$ к кривой-линии, соответствующей подъему воды в атмосферной среде.

Далее исследовалось движение воды по капиллярам туфов ереванского, арктического и фельзитового типа при атмосферном давлении и в вакууме. Результаты этих опытов приведены на рис. 3. Из фигу-

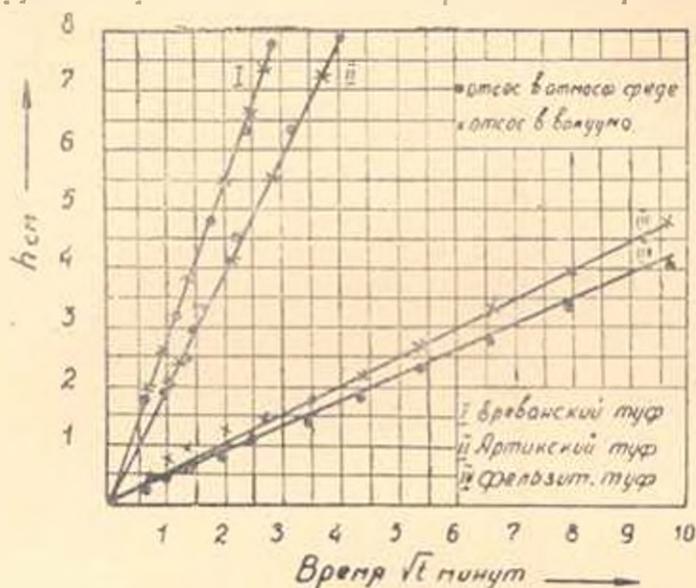


Рис. 3. Высота подъема воды (h) по капиллярам пористых камней при одностороннем подсосе в атмосферной среде и вакууме в зависимости от \sqrt{t} .

ры видно, что если характер движения воды по капиллярам в атмосферной среде получается линейным, то тот же закон с тем же угловым коэффициентом остается справедливым и для движения воды в вакууме. Для фельзитового туфа угловой коэффициент линии отсоса в вакууме получается несколько больше, чем при отсосе в атмосферной среде. Надо полагать, что являясь сравнительно малой величины капилляров фельзитового туфа, создается некоторое сопротивление воздуха при движении воды по капиллярам (сила трения воздуха по стенкам капилляра).

На основании произведенных опытов можно прийти к следующим выводам:

1. Движение воды по капиллярам пористого камня можно рассматривать как движение воды в одном средне-эффективном капилляре с приведенным радиусом r . Средне-эффективный капилляр, с приведенным радиусом r , может служить характеристикой структуры материала.

2. Движение воды по капиллярам пористого камня (при одностороннем подсосе) как функция от квадратного корня времени будет выпрямиться прямой линией, если в капиллярах будет отсутствовать избыточное давление газовой фазы (воздуха).

3. Отсутствие избыточного давления газовой фазы в капиллярах обуславливается отсутствием воздуха в капиллярах (подсос пористого камня в вакууме) или расположением капилляров в камне со значительно меньшей извилистостью (туфы среванского, арктикского, фельзитового типа и т. д.).

4. В пористых камнях с неравномерной структурой и большей извилистостью капилляров, характер подъема воды в атмосферной среде будет криволинейным (литоидная пемза). Касательная в начале координат этой кривой будет характеризовать движение воды при отсутствии в капиллярах избыточного давления воздуха, т. е. в случае подсоса воды в вакууме (рис. 2).

5. Угловой коэффициент k касательный в начале координат к кривой линии подсоса воды, зависит лишь только от величины приведенного радиуса r средне эффективного капилляра пористого камня. Средне-эффективный, приведенный радиус r определяется формулой (2).

Коэффициент k условно назван нами [2] коэффициентом скорости капиллярной всасываемости.

Переходим к вопросу установления связи между прочностью пористого камня и его структурой. Вполне логично, что прочность пористого материала будет зависеть от его структуры, т. е. от степени и характера его пористости [2, 3]. Степень пористости материала (n) обычно устанавливается достаточно точно по удельному и объемному весам, а характер пористости можно выразить коэффициентом скорости капиллярной всасываемости k .

При постоянном удельном весе, пористость, как фактор влияющий на прочность материала, можно заменить обратной величиной его объемного веса.

Проведенные нами предварительные опыты показали, что при постоянном удельном весе прочность пористого материала R в зависимости от объемного веса γ и коэффициента k можно выразить формулой:

$$R = A \frac{\gamma}{k} + B, \quad (4)$$

где R — предел прочности материала при сжатии;

γ — объемный вес материала;

k — коэффициент скорости капиллярной всасываемости по направлению испытания камня на сжатие;

A и B — опытные коэффициенты, характеризующие породу камня.

Для определения коэффициента скорости капиллярной всасываемости (k) нами [2] была принята следующая методика. Сухой камень приводится в соприкосновение с поверхностью воды. Обеспечив постоянство соприкосновения камня с водой, измеряется средняя высота h подъема воды по камню через каждый определенный проме-

жуток времени t . Зная h и t по формуле (2) определяется величина коэффициента k .

Опыт показал, что не только естественные, но и искусственные камни (из бетона раствора и цемента) обладают неоднородной структурой, выражающейся в том, что вода по капиллярам поднимается неравномерно. Неоднородность структуры камня вынудила нас прибегнуть к определению среднего коэффициента k для каждого образца и определение произвести не визуально, а взвешиванием количества отсосанной воды. С этой целью боковые поверхности исследуемого образца цилиндрической формы изолировались водонепроницаемым материалом — резиной. Далее образец, после предварительного взвешивания, погружался в воду. Вода проникала в образец по двум не изолированным торцам. Через короткий промежуток времени образец извешивался и устанавливалось количество воды поглощенной образцом. Проведенные нами опыты [4] показали, что при таком способе подсоса интенсивность водопоглощаемости образца, как функция от квадратного корня времени получается криволинейной. Вполне понятно, что вода, проникающая в капилляры с торцов, защемляет воздух и создает в капиллярах избыточное противодавление. Опыты показывают [4], что если поглощение воды образцов с изолированными боковыми поверхностями произвести в вакууме, движение воды происходит по прямой линии, которая в начале координат будет касательной к кривой интенсивности водопоглощаемости. Угловой коэффициент касательной будет соответствовать удвоенной величине коэффициента скорости капиллярной всасываемости k .

Для получения данных соответствующих угловому коэффициенту касательной, необходимо измерение водопоглощаемости образца произвести в самом начале Δt времени, при котором ординаты водопоглощаемости будут ближе к началу координат.

Длину средне-эффективного приведенного капилляра, заполненного водой (h) можно определить по следующей формуле.

$$h = \frac{\Delta q}{2F \cdot n} \quad (5)$$

где Δq — начальное количество воды в $см^3$ поглощенной образцом за время Δt в минутах;

n — степень пустотности образца;

$2F$ — площадь торцов образца, соприкасающихся с водой в $см^2$.

При известных h и Δt (в минутах) по (2) можно вычислить коэффициент k , который будет средней величиной, характеризующей структуру образца по направлению капилляров, параллельных направлению испытания образца на сжатие.

В таблице 1 приведены результаты опытов по водонасыщаемости образцов при их подсосе в вакууме. Эти данные подтверждают, что почти все поры образца насыщаются водой и формула (5) для определения h вполне приемлема.

Таблица 1

Степень водонасыщаемости образца при погружении на полную его высоту в вакууме и атмосферной среде

№ пп	Наименование образца	Объем, литр в 1 м ³	Вес в г			Количество впитанной воды в г		Объем образца в г ³	Пустотность	Суммарный объем пустотности в см ³	Отношение количества впитанной воды к суммарному объему пустотности в %	
			сухой	насыщенный водой состоянием в		в атмосфере	в вакууме				в атмосфере	в вакууме
				атмосфере	вакууме							
1	Ереванский туф	1,45	950	1055	1099	205	249	592	0,43	252	92	99
2	Арктический туф	1,10	654	913	993	259	339	395	0,57	339	85	100
3	Литонидная пемза	1,37	522	942	1036	120	245	601	0,43	262	46	94
4	"	1,31	771	—	1032	—	261	593	0,46	272	—	93
5	Феялит	1,75	1051	1225	1210	173	159	505	0,32	190	91	99
6	"	1,50	1063	1249	1265	166	153	595	0,31	185	30	100

Как видно из данных таблицы 1, в атмосферной среде наименьшую степень водонасыщаемости имеет литонидная пемза, что полностью соответствует результатам опытов (рис. 2).

Для проверки формулы (4) и установления величин коэффициентов A и B для пористых камней, были испытаны 3 партии цилиндров из туфов ереванского и арктического типов и литонидной пемзы. Цилиндры, высотой и диаметром 7,5 см предварительно высушивались. После изоляции резиной боковых поверхностей определялась интенсивность их водопоглощаемости по описанной выше методике.

Степень пустотности цилиндров n определялась по объемному весу (γ) и удельному весу G камня. Удельный вес оказался равным: для арктического туфа — 2,60; для ереванского — 2,55; и для литонидной пемзы — 2,40.

Значение h устанавливалось по (5) для двух первых точек Δq_1 и Δq_2 соответственно при времени поглощения для литонидной пемзы $\Delta t_1 = 0,5$ и $\Delta t_2 = 1$ мин; для туфов $\Delta t_1 = 0,25$ и $\Delta t_2 = 0,5$ мин.

При полученных величинах k_1 и h_2 и соответственно Δt_1 и Δt_2 по формуле (2) определялись коэффициенты k_1 и k_2 .

Для наших целей было принято средне-арифметическое значение k_1 и k_2 .

После установления степени пористости (n) объемного веса (γ) и коэффициента (k), образцы были высушены и испытаны на сжатие для установления их прочности (R). Значение величин n , γ , k и R для трех групп пористых камней приведены в табл. 2, 3 и 4.

Из данных табл. 2, 3 и 4 видно, что значение коэффициентов k колеблется для ереванского туфа от 0,65 до 1,85 (среднее 1,25) для арктического туфа от 0,55 до 1,75 (среднее 1,15) и для литонидной пемзы 0,07 до 0,22 (среднее 0,15).

Таблица

Значения предела прочности при сжатии (R), объемного веса (γ) и коэффициента скорости капиллярной впитываемости (k) для ереванского туфа

№ обр.	Предел прочн. при сжатии R в кг/см ²	Объемный вес γ в т/м ³	Пустотность $\lambda = 1 - \frac{\gamma}{G}$	Коэффициент k в см. мин ⁻¹	$\frac{\gamma}{k}$
1	145	1,50	0,41	1,53	0,99
2	325	1,79	0,30	0,66	2,72
3	56	1,32	0,48	1,95	0,72
4	90	1,51	0,40	1,57	0,99
6	121	1,47	0,42	1,46	1,00
6	59	1,52	0,41	2,15	0,70
7	130	1,64	0,35	1,75	0,94
8	135	1,47	0,42	1,59	0,94
9	380	1,85	0,28	0,62	3,00
10	350	1,80	0,30	0,57	3,15
11	375	1,96	0,27	0,64	2,90
12	433	1,83	0,29	0,56	3,25
13	110	1,51	0,41	1,65	0,92
14	69	1,40	0,45	1,80	0,79
15	96	1,46	0,43	1,74	0,84
16	224	1,62	0,36	1,03	1,56
17	232	1,65	0,35	1,16	1,42
18	229	1,64	0,35	1,04	1,59
19	450	1,80	0,30	0,47	3,95
20	410	1,84	0,29	0,65	2,95

* Удельный вес $G = 2,55$ г/см³

Таблица 3

Значения предела прочности при сжатии (R), объемного веса (γ) и коэффициента скорости капиллярной впитываемости (k) для артекского туфа

№ обр.	Предел прочн. при сжатии R в кг/см ²	Объемный вес γ в т/м ³	Пустотность $\lambda = 1 - \frac{\gamma}{G}$	Коэффициент k в см. мин ⁻¹	$\frac{\gamma}{k}$
1	96,5	1,48	0,43	0,93	1,60
2	76	1,24	0,52	0,76	1,61
3	75	1,54	0,41	1,0	1,54
4	146	1,43	0,45	0,55	2,62
5	92,5	1,55	0,40	1,25	1,24
6	60	1,22	0,53	1,50	0,82
7	63	1,33	0,49	1,15	1,16
8	36	1,00	0,61	1,76	0,57
9	23	0,93	0,64	1,65	0,56
10	122	1,15	0,44	0,63	2,30
11	96	1,29	0,50	0,75	1,72
12	97	1,44	0,45	1,00	1,44
13	105	1,56	0,40	1,40	1,42
14	82	1,55	0,40	1,10	1,10
15	72	1,21	0,53	1,25	0,97
16	79	1,35	0,48	0,80	1,68
17	335	1,00	0,61	1,75	0,57

* Удельный вес $G = 2,60$ г/см³

Таблица 4

Значения предела прочности при сжатии (R), объемного веса (γ) и коэффициента скорости капиллярной впитываемости (k) для лантонной пемзы

№ обр.	Предел прочности при сжатии R в кг/см ²	Объемный вес γ в г/см ³	Пустотность $n = 1 - \frac{\gamma}{G}$	Коэффициент k в см. мин ^{-1/2}	$\frac{\gamma}{k}$
1	270	1,35	0,44	0,069	19,5
2	208	1,51	0,25	0,130	14,0
3	230	1,35	0,44	0,104	12,9
4	121	1,40	0,42	0,163	8,6
5	96	1,21	0,49	0,144	9,6
6	234	1,29	0,46	0,075	17,2
7	171	1,19	0,51	0,116	10,2
8	140	1,27	0,47	0,084	15,0
9	82	1,21	0,50	0,217	5,6
10	213	1,55	0,36	0,091	17,0
11	90	1,10	0,54	0,175	6,3
12	124	1,40	0,42	0,200	7,0
13	209	1,51	0,37	0,100	15,0
14	172	1,28	0,47	0,135	9,5
15	67	1,11	0,54	0,160	7,0
16	170	1,11	0,42	0,160	8,8
17	145	1,39	0,42	0,210	6,8
18	232	1,61	0,33	0,110	14,8
19	119	0,99	0,59	0,105	9,4
20	164	1,25	0,48	0,090	12,9
21	215	1,50	0,38	0,135	11,0
22	180	1,35	0,43	0,150	9,2

* Удельный вес $G = 2,4$ г/см³.

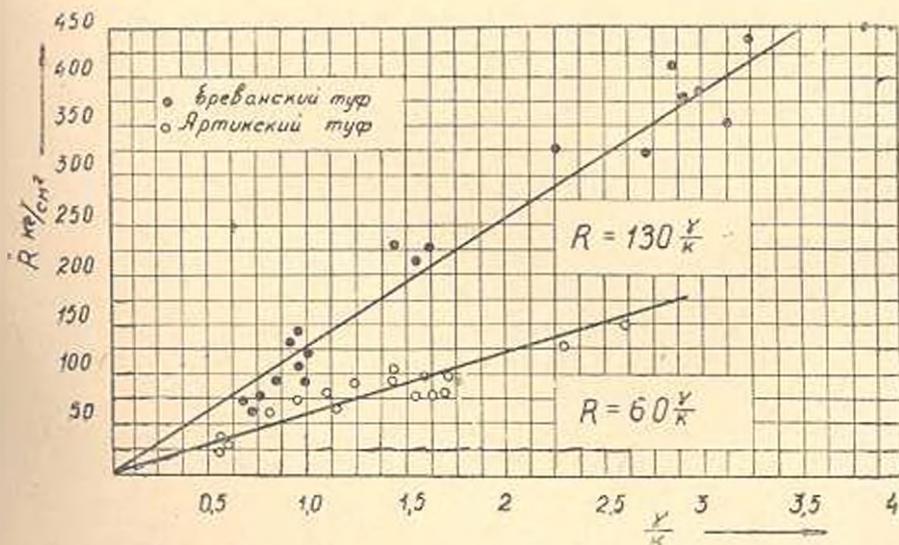


Рис. 4. Зависимость прочности туфа (R) от его объемного веса (γ) и коэффициента скорости капиллярной впитываемости (k).

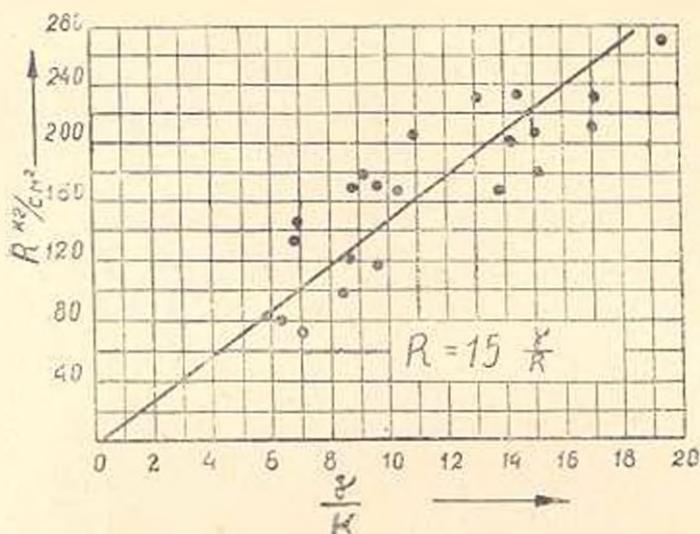


Рис. 5. Зависимость прочности литонной пемзы (R) от объемного веса (γ) и коэффициента скорости капиллярной всасываемости (k).

На основании данных табл. 2, 3 и 4 построены графики зависимости $\left(R_1 \frac{\gamma}{k} \right)$ для туфов и литонной пемзы, показанные на рис. 4 и 5.

Из рис. 4 и 5 видно, что опытные точки довольно близко расположены к прямой, проходящей через начало координат. При этом опытный коэффициент в формуле (1) $B \approx 0$, а опытный коэффициент $A = 130$ для ереванского туфа, $A = 60$ для арктического туфа и $A = 15$ для литонной пемзы.

Нами было установлено, что коэффициент корреляции для зависимости $\left(R_1 \frac{\gamma}{k} \right)$ близок к единице (равен 0,92 – 0,96), что подтверждает существование прямой зависимости между R и $\frac{\gamma}{k}$ [5].

Предварительные опыты показали, что подобная зависимость справедлива и для пористых искусственных камней из бетона и раствора.

Հ. Ա. ԱՄԷՔԻՂՅԱՆ.

ՈՒՎՈՏԱԿԻՆ, ՔՈՒՐԻ ԱՐՐՈՒՓՅԱԿ ԵՎ ՆՐԱ ԵՄԿՈՏԻՆԵՐԻ ՍՏՐՈՒԿՏՈՒՐԱՅԻ ՄԻՋԻՆԷՆՆԵՐԻ ԵՂՈՑ ԿԱԳԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում բերված են Հայկական ՄՄԻ Դիտու թյունների ակադեմիայի նիւնանյութերի և կառուցվածքների ինտերտուտում կատարված Լքայերիմեն-ապ աշխատանքների արդյունքները՝ ծակոտկեն քարի ամրության և նրա ծակոտկենների սարակտուրայի միջև կցում կապի որոշման վերաբերյալ:

Փորձնական առյալների հիման վրա զույգ և արված, որ ծակոտկեն քարի սարակտուրան կարելի է բնորոշել ոչ միայն ծակոտկենության աստիճանով (կամ հաստատուն տեսակարար քաշի զեպքում նրա ծախսային քաշով γ), այլև քարի կապիլյար ձմողականության արագության գործակցով (k):

Քարի կապիլյարներիով ձմող ջրի սյան բարձրությունը որպես մամու-նակի ֆունկցիա հանած քառակուսի արժատով ստացվում է բոլոր զեպքերում ուղիղ զծի օրենքով, եթև ողի ներկայությունը կապիլյարներում հակա-ճնշում չի առաջացնում, կամ այդ կապիլյարների միջից լուսակալում է (ձմումը կատարվում է անող միջավայրում):

Կապիլյար ձմողականության արագության գործակցը կլինի այդ ուղիղ զծի անկյան տանկերը:

Քարի սեղման մամանակավոր զիմադրությունը եթև արտահայտելու լի-նենք ծախսային քաշի (γ) (հաստատուն տեսակարար քաշի զեպքում) և կա-պիլյար ձմողականության արագության գործակցի (k) միջոցով, ապա, ինչ-պես ցույց են տալիս փորձերը, կարելի է գրել հետևյալ բանաձևը՝

$$R = A \frac{1}{k} + B.$$

որտեղ՝ R — քարի սեղման մամանակավոր զիմադրությունն է կգ./սմ.²-ով.

γ — քարի ծախսային քաշն է գր. սմ.³-ով.

k — կապիլյար ձմողականության արագության գործակցն է և հա-վասար է՝ $\frac{h}{l}$ (սմ բույն ²),

h — ձմված ջրի սյան բարձրությունն է սմ-ով, l — մամանակը բույն-ներով:

A — և B — հաստատուն գործակցներ են, որոնք մնորոշում են քարի էությունը և ստացվում են փորձնական ճանապարհով:

Ատորև բերված են A և B գործակցների թվային արժևքները մի քա-նի քարերի համար՝

- տեղական տուֆի համար (Երևանի) — 130
- Արթիկ տուֆի համար — 60
- լիտուիդային պեմզայի համար — 15

վերը նշված քարերի համար B գործակցը հավասար է գերուլի Վերև բեր-ված քանակը ճիշտ է՝ (ինչպես ցույց են տվել նախնական փորձերը) նաև արևստական բևտնից և շոգաթից պատրաստված ծակոտկեն քարերի համար:

Իկը հանգամանքը տնի մեծ գործնական և տեսական նշանակություն, բևտնի վերաբերյալ կցամ գիտությունը պարզացնելու տեսակետից:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Липатис С. И.* Физико-химия коллоидов., М., 1948.
2. *Аракелян А. А. и Инджикян Е. А.* Определение прочности пористого камня по скорости капиллярной впитываемости. „Известия АН АрмССР“, в. II, № 6, 1949.
3. *Ацагорцян Э. А.* Корреляционная связь прочности пористого материала со степенью и характером его пористости. „ДАН АрмССР“, т. XVI, № 5, 1953.
4. *Аракелян А. А.* Водонепроницаемость легкого бетона, отчет (АИСМ), 1954 г.
5. *Романовский В. И.* Применение математической статистики в опытной деле. М.—Л., 1917.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В. О. СААКЯН

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВУЛКАНИЧЕСКИХ ШЛАКОВ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Естественные вулканические шлаки являются весьма ценным сырьем, как для цементной промышленности, так и для строительного производства.

Вулканические шлаки в зависимости от химического состава и микроструктуры в той или иной степени обладают гидравлическими свойствами.

В табл. 1 приведен химический состав вулканических шлаков некоторых месторождений Армянской ССР.

Таблица 1

Месторожд. и цвет шлака	Химический состав вулканических шлаков										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	SO ₂	нпп	влага
Ариджск. красный	48,9	0,69	15,71	15,47	3,87	7,12	0,14	4,10	не обн.	2,2	0,19
Джермук- ский ко- ричл.	59,9	0,82	19,65	7,09	1,01	6,37	0,10	не опр.	0,19	0,69	0,20
Аванский черный	51,0	0,50	17,32	11,15	3,61	9,30	0,06	4,02	0,09	1,11	0,59
Карирашен- ский коричл.	56,3	0,73	16,02	9,35	2,01	6,66	не обн.	7,00	0,23	1,19	0,96

Вулканические шлаки по химическому составу относятся к основным горным породам. В зависимости от модуля основности и его соотношения со значением силикатного модуля вулканические шлаки могут быть активными, менее активными или скрытоактивными. В общем, чем больше модуль основности и чем меньше силикатный модуль, тем сильнее выражены гидравлические свойства вулканических шлаков (табл. 2).

В зависимости от минералогического состава некоторые разновидности вулканических шлаков могут „возбуждаться“ под влиянием активизаторов (известки и т. п.).

Вулканические шлаки, подобно некоторым доменным шлакам в твердом виде представляют собой сочетание кристаллической и стек-

Таблица 2

Модуль и коэффициенты качества вулканических шлаков

Показатели	Обозначения	Вулканические шлаки и их месторождение			
		красный Аридж.	коричн. Джермук.	черный Авазск.	Карра- шенск.
Модуль основности	$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3}$	0,167	0,139	0,216	0,133
Модуль активности	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$	0,342	0,333	0,345	0,350
Модуль глиноземн.	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	1,050	2,610	1,566	1,865
Модуль силикатн.	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$	1,490	2,150	1,790	2,290
Коэффициент качества $K =$	$\frac{\text{CaO} + \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$	0,565	0,519	0,635	0,400

ловидной фазы в переменных соотношениях, зависящих от начальной температуры и химического состава исходной породы, состояния лавы во время шлакообразования и интенсивности ее охлаждения.

Для выявления гидравлических свойств вулканических шлаков, были проведены исследования композиции, состоящих из 100, 80, 60.

Таблица 3

Процентное содержание компонентов по весу, характеристик цементного порошка и цементного теста

Вид и цвет шлака	№ композиции	Процентное содержание		Характеристики композиции				Характеристика цементного теста и раствора жестк. конст. (1:3)					
		портландцемент	мелкий шлако- вый порошок	об. вес в кг/м ³	угельный вес	остаток на сите 500 отп/см ²	проходит через сито 1900 отп/см ²	нормальная густота		сроки схватывания			
								цем. теста	цем. раскл.	начало		конец	
										час	мин.	час	мин.
Красный шлак ф-тс. Горазд Аракатского месторождения	1	100	0	1012	2,91	0,21	93,5	30,0	8,30	3	44	5	50
	2	90	20	1061	2,58	0,15	95,1	31,0	8,55	3	20	6	25
	3	60	40	1092	2,86	0,20	95,9	33,3	8,50	3	33	1	15
	4	40	60	1058	2,61	0,16	97,1	37,0	8,10	3	10	4	50
	5	20	80	1122	2,77	0,15	96,7	33,1	7,96	3	20	5	10
	6	0	100	1143	2,74	0,0	100,0	30,7	8,10	11	30	18	20
Коричневый шлак ф-тс. Ф- родзи Джермук- ского месторождения	7	80	20	1048	2,57	0,33	94,5	30,7	8,47	3	09	5	26
	8	60	40	1068	2,55	0,14	95,7	31,7	8,13	5	05	6	05
	9	40	60	1080	2,76	0,17	96,6	33,0	8,45	4	05	5	23
	10	20	80	1038	2,72	0,10	98,3	36,3	9,0	2	55	5	10
	11	0	100	1100	2,67	0,0	100,0	35,2	8,4	не определен			
	12*	0	76	890	2,62	0,12	94,6	38,7	9,7	1	15	4	30

* Шлак-цементный цемент содержит 76% шлаковой муки из шлака Джермукского месторождения, 20% негашеной извести (Аракатского завода) и 4% гипсового порошка.

40, 20 и 0% портландцемента Армянского завода и соответственно 0, 20, 40, 60, 80 и 100 измельченного вулканического шлака, проходящего полностью через сито с 4900 отв/см². Испытания, полученных таким образом, цементов производились по ГОСТ 310—41.

При испытании Джермукского шлака, в качестве возбудителей твердения, были добавлены молотая негашеная известь Араратского завода (20%) и гипсовый порошок (4% по весу).

Скорость схватывания полученных цементов находится в пределах допускаемых стандартами.

Порошок из вулканического шлака Аванского карьера (без портландцемента или других возбудителей) имеет удлиненные сроки схватывания.

Необходимо подчеркнуть, что исходный заводской портландцемент содержал 25,5% немзовой муки.

Равномерность изменения объема все испытываемые цементы выдержали.

В таблице 4 приведены результаты испытания цементных композиций при различном содержании шлакового порошка из вулканических пород Аринджского и Джермукского месторождений.

Таблица 4

Вид и цвет вулк. шла- ков	№ ис- м. ко- мпозиции	Процентное содержание		Пределы прочности в кг/см ²						Марка нем. композиции
		порта. цем.	шлак. порош.	при сжатии			при растяжении			
				7 дн.	28 дн.	56 дн.	7 дн.	28 дн.	56 дн.	
Красный шлак вулканич. поро- ды Аринджско- го карьера	1	100	0	246	347	406	17,7	26,0	25,5	300
	2	50	20	202	300	360	17,9	23,5	31,5	300
	3	60	40	127	200	235	13,8	19,8	24,0	200
	4	40	60	63	102	126	7,9	12,8	18,0	100
	5	20	80	34	56	75	5,3	8,2	9,0	50
	6	0	100	не определены						—
Коричневый шлак вулкани- ч. порош. Джермукского карьера	7	50	20	246	347	401	15,3	27,0	39,0	300
	8	60	40	143	231	274	15,0	21,0	25,5	200
	9	40	60	69	128	162	11,0	16,0	21,5	100
	10	20	80	30	48	67	6,0	8,0	10,0	50
	11	0	100	не определены						—
	12	0	70*	13	42	58	1,1	5,4	8,0	40

Из табл. 4 видно, что по мере увеличения содержания шлака активность получаемых цементов уменьшается. Однако при соотношении 80% портландцемента и 20% шлакового компонента активность полученного «шлакопортландцемента»* близка к активности исходного портландцемента (при Джермукском шлаке).

При использовании вулканического шлака Аринджского месторождения, шлакопортландцементы имели большое снижение прочно-

* Название принято условно.

сти, чем при шлаке Джермукского месторождения, что по-видимому, обусловлено его высоким глиноземным модулем по сравнению с Аринджским шлаком.

Одинаковая активность цементов № 1 и № 7 может быть объяснена тем, что при взаимодействии с водой возникают процессы гидратации и твердения не только в портландцементе, но и на поверхностях вулканического шлака.

Как видно из табл. 4 шлакоизвестковое вяжущее (№ 12) без цементного клинкера твердеет на основе возбуждения вулканических шлаков гидратом окиси кальция и гипсом.

При увеличении содержания шлакового компонента свыше 20% происходит понижение активности получаемого цемента.

Прирост прочности в дальнейшие сроки твердения (до 56 дней) протекает примерно одинаково, как для портландцемента, так и для цемента № 7, содержащем 80% портландцемента и 20% Джермукского шлака.

Результаты испытания на растяжение цементов с добавкой Аринджского или особенно Джермукского шлаков оказались относительно лучше, чем на сжатие (особенно в отношении прироста прочности во времени).

Полученные результаты в целом можно объяснить тем, что тонкомолотый шлаковый порошок при оптимальных соотношениях портландцемента и шлакового компонента уплотняет структуру получаемых композиций.

Известно, что степень связи в сильной мере зависит от расстояния между отдельными частицами цемента. При введении в состав цемента различных наполнителей они заполняют межзерновое пространство до определенной степени. Избыточное количество добавки раздвигает частицы исходного цемента, что уменьшает связь между ними.

Для прочности большое значение имеет водоудерживающая способность как исходного портландцемента, так и шлакового компонента, так как в зависимости от того, в каком состоянии находится вода в цементном тесте меняется структура цементного камня.

Интенсивность нарастания прочности во времени уменьшается по мере убывания количества портландцемента в смеси. В целом опыты выявили возможность использования вулканических шлаков в качестве добавки к портландцементу. Особенно эффективным оказался цементная композиция при 20% добавке, так как в этом случае марка полученного цемента почти не изменилась по сравнению с исходным без добавки. По-видимому, при прибавлении портландцемента происходит активизация шлакового порошка по мере создания возбуждающей среды. При оптимальном количестве портландцемента, шлаковые частицы, по-видимому, обволакиваются гелеобразными продуктами гидролиза цементных зерен и входят во взаимодействие с ними.

В результате взаимодействия между кремнеземом и глиноземом

шлаковой муки с одной стороны, и гидроксидом кальция с другой стороны образуются гидроалюминаты, отличающиеся быстрым темпом твердения и гидросиликаты кальция.

В целом можно считать, что вулканические шлаки являются ценным сырьем для производства гидравлических добавок к портландцементу и известково-шлаковых вяжущих.

Весьма рациональным использованием гидравлических свойств вулканических шлаков Армянской ССР является применение их в качестве гидравлической добавки к портландцементу Араратского завода до 20%. Это мероприятие повысит качество армянского цемента, так как этот цемент является высокоалюминатным и для улучшения качества производимого цемента завод нуждается в кремнеземосодержащем сырье.

Для более полного использования гидравлической активности вулканические шлаки следует тонко измельчать, используя в качестве помольного агрегата существующие вибромельницы.

Необходимо отметить, что если для бетонов можно рекомендовать цементы с содержанием шлакового компонента до 20—30%, то для растворов наиболее приемлемым следует считать содержание шлакового компонента до 40—50%.

В ы в о д ы

1. На основе проведенных исследований выявлена пригодность вулканических шлаков как гидравлического компонента для производства портланд- и шлакопортландцемента на базе портландцемента Армянского завода и вулканической шлаковой муки получены путем размола шлаковой породы.

2. Произведена маркировка вновь полученных шлакопортландцементов по их пределу прочности в 28 дневном возрасте. Установлено, что марка цемента при содержании шлакового компонента в размере 20% относится к начальной марке портландцемента.

3. Если для бетонов можно рекомендовать шлакопортландцемент с содержанием вулканического шлакового компонента 20—30%, то для растворов наиболее приемлемым является содержание шлакового компонента 40—50% по весу.

Институт стройматериалов и сооружений
АН Армянской ССР

Поступило 16.X.1956

А. Т. ГАЗАРОВ

ОБ ОДНОМ ОБОБЩЕНИИ ЗАДАЧИ ПРОФ. БАРАНОВА

В качестве основных независимых параметров, характеризующих шарнирный четырехзвеник, примем четыре величины a , θ , e и α (рис. 1), где:

- e — эксцентриситет шарнирного четырехзвеника,
- α — угловая амплитуда качания коромысла,
- θ — угол, связанный с коэффициентом изменения скорости хода известным соотношением [1]

$$K = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$$

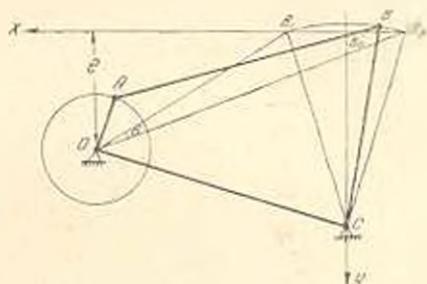


Рис. 1.

a — амплитуда колебания точки В.

Длины звеньев механизма выражаются формулами [2]:

$$l_1 = a \sqrt{1 - \frac{e}{a} \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}; \tag{1}$$

$$l_2 = a \sqrt{1 + \frac{e}{a} \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2}}; \tag{2}$$

$$l_3 = \frac{a}{\sin \alpha}; \tag{3}$$

$$l_4 = \frac{a}{\sin \alpha} \sqrt{1 + 2 \frac{e}{a} \frac{\sin \alpha \sin (\alpha - \theta)}{\sin \theta}} \tag{4}$$

Отношение длины кривошипа к длине шатуна будет:

$$\lambda = \sqrt{\frac{1 - \frac{e}{a} \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{1 + \frac{e}{a} \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2}}} \tag{5}$$

Отложив на прямой отрезки

$$B_1 B_0 = B_0 B_2 = a,$$

выберем начало координат в точке B_0 (рис. 1), являющийся серединой отрезка $B_1 B_2$ и направим ось x по $B_1 B_2$ влево, а ось y перпендикулярно к ней вниз.

Положение кривошипного центра в этой системе координат будет определяться координатами.

$$x = \sqrt{a^2 - e^2 + 2ae \operatorname{ctg} \theta}$$

$$y = e.$$

Возвысив в квадрат обе части этих равенств и сложив почленно получим

$$x^2 - a^2 + y^2 - 2ay \operatorname{ctg} \theta,$$

Это уравнение можно представить в виде

$$x^2 + (y - a \operatorname{ctg} \theta)^2 = \left(\frac{a}{\sin \theta} \right)^2.$$

Полученное уравнение выражает совокупность окружностей, имеющих общую хорду B_1B_2 с радиусами

$$R = \frac{a}{\sin \theta}$$

и координатами центров

$$o \text{ и } a \operatorname{ctg} \theta$$

В области отрицательных y

$$\theta < 0$$

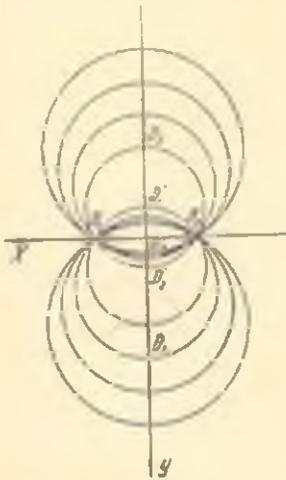


Рис. 2.

следовательно, в этой области получается вторая совокупность окружностей, имеющих ту же общую хорду, тех же радиусов, с координатами центров (рис. 2)

$$o \text{ и } -a \operatorname{ctg} \theta.$$

Таким образом, при заданном a каждому θ соответствуют две окружности, которые, как нетрудно видеть, представляют из себя вспомогательные окружности, применяемые обычно при графическом методе решения задач (по способу профессора Баранова), на синтез шарнирных четырехзвенников по заданным: коэффициенту изменения скорости хода и двум крайним положениям копысла.

Из выражения для координат центра вспомогательной окружности видно, что при K равном трем, центр вспомогательной окружности совпадает с точкой B'_0 .

Каждая пара вспомогательных окружностей принадлежит двум значениям K , которые связаны между собой уравнением

$$K_2 = \frac{K_1 + 3}{K_1 - 1}.$$

Если одному из сопряженных значений K соответствует дуга окружности расположенная в области положительных e под прямой B_1B_2 , то другому соответствует дуга той же окружности, расположенная над ней.

В области отрицательных e будет изоборот.

Допустим требуется спроектировать шарнирный четырехзвенник по заданным a и K . Графическое решение этой задачи производится по способу профессора Баранова (рис. 3).

Центр вращения кривошипов четырехзвенных механизмов, удовлетворяющих поставленному условию, располагаются на вспомогательных окружностях, а центры привеса коромысла на прямой D_1D_2 . Из всех точек вспомогательных окружностей, а также прямой D_1D_2 могут быть выбраны лишь те, для которых удовлетворяются условия существования кривошипа.

В результате этого построения задача получается дважды неопределимой, ибо во первых за кривошипный центр можно принять бесчисленное множество различных точек, расположенных на вспомогательных окружностях, а для каждого из выбранных кривошипных центров, можно принять за центр привеса коромысла бесчисленное множество различных точек, расположенных на прямой D_1D_2 , удовлетворяющих вышеуказанным условиям.

На практике задача часто может быть сужена, если будет задана величина, по которой можно определить эксцентриситет e , а следовательно и положение кривошипного центра.

Решая уравнение (5) относительно e получим:

$$e = \frac{1 - \lambda^2}{\operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2} + \lambda^2 \operatorname{ctg}^2 \frac{\theta}{2}} a. \quad (6)$$

Это уравнение дает возможность по заданному λ определить e , и, тем самым, вполне определится положение кривошипного центра O , а из уравнения (3) и (4) однозначно определятся длина кривошипа и длина шатуна. Однако задача опять остается неопределенной, из-за неопределенности положения центра привеса коромысла.

Обобщая задачу профессора Баранова мы получаем неопределенную задачу, но сам метод при этом обобщении значительно выигрывает, ибо из метода решения конкретной задачи превращается в весьма простой и наглядный метод, который с успехом может быть применен к исследованию шарнирных четырехзвенников.

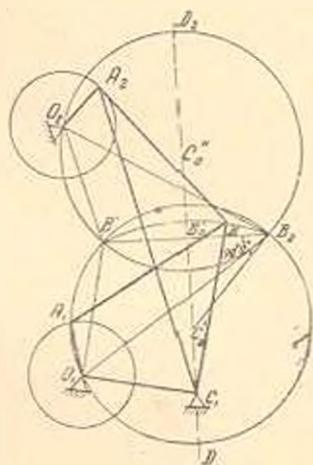


Рис. 3.

Совокупность вспомогательных окружностей, изображает геометрически те же закономерности, которые были получены нами аналитически [2], но так как метод, основанный на их использовании, будет являться методом графоаналитическим, то во многих случаях он несомненно будет иметь значительное преимущество как перед методом графическим, так и аналитическим.

Так, например, при изучении влияния какого-либо параметра на элементы четырехзвенника, оставляя неизменными остальные три и варьируя этим параметром, мы получим семейство четырехзвенников, изменение элементов которых при этом варьировании будут наглядно видны из чертежа и отсюда же легко можно получить любые аналитические соотношения, имеющие место при этом варьировании.

Ереванский политехнический
институт им. К. Маркса

Получено 13 VII 1954

Ս. Տ. ԳԱԶԱՐՈՎ

ՊՐՈՅԵՍՈՐ ԲԱՐՈՆՈՎՈՒ ԵՐ ԵՆՎԵՐԻ ԸՆԿՆԱՆԻՎԱԶՈՒՆ ԿԱՍՈՆ

Ա մ փ ո փ ո Վ մ

Աշխատանքում բնդանրացված է պրոֆեսոր Թադևոսի մի աշխատությունը, որի հետևանքով այդ մեթոդը մասնավոր խնդրի լուծումից փեր է ամված բնդանուր մեխոդի, որի ոգնությամբ նարավոր է ուսումնասիրել չորս ողականոց մեխանիզմները:

Ստացված մեխոդը պրոֆեսորաշխատկան է, որն անկասկած մեծ առավելություններ անի գրաֆիկական և անալիտիկական մեխոդների նկատմամբ:

Սրոշելով քառոդակ մեխանիզմի սխեման չորս հիմնական պարամետրերով, որոնք են՝ լարի երկարությունը, էջոցներխառուր (ոչ համակենտրոնը), բնթաղքի արագություն փոփոխման գործակիցը և կարամիտյային ճանման ամպլիտուդան, անհրամեշտ է ուսումնասիրել այդ պարամետրերի ազդեցությունը մեխանիզմի հիմնական էլեմենտների վրա:

Հասկազեա կարևոր է ուսումնասիրել կարամիտյային և շարժաթևային կենտրոնների գիրքերի ազդեցությունը մեխանիզմի էլեմենտների վրա:

Թագնելով անփոփոխ յուրաքանչյուր պարամետրը և սարափոխելով չորրորդ պարամետրը կատանանք քառոդակ մեխանիզմների բնասանիքներ, որոնք բնդգրկում են օմանդակ քաղձերի մի ամբողջություն:

Այս գեոդրում մեխանիզմի էլեմենտների փոփոխման օրենքը ակնհայտ է գծադրից, որտեղից պարզ երկրաչափական դադողություն կարելի է սասանալ ցանկացած անալիտիկ նարարերությունը, որը անգի ունի այդ սարափոխումների գեոդրում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Артоболовский И. И. Теория механизмов и машин, 1935 г.
2. Газаров А. Т. О некоторых вопросах синтеза шарнирных четырехзвенников. «Вестник АИ Армянской ССР», т. VII, № 2, 1955 г.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Б. О. ГЕВОРКЯН

СБОРНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ В ВИДЕ
ОБОЛОЧЕК ДВОЯКОЙ КРИВИЗНЫ

Одним из существенных вопросов экономики крупнопанельного домостроения является выбор рациональных типов перекрытий, так как выбор типа конструкций перекрытий в значительной степени определяет как стоимость всего здания, так и темпы производства работ. В настоящее время сборные крупнопанельные перекрытия, в основном, осуществляются в виде пустотелых, сплошных и ребристых плит. В домостроении широкого признания еще не получили такие прогрессивные конструкции, как сборные железобетонные крупнопанельные перекрытия в виде оболочек двойной кривизны.

Описываемая ниже конструкция представляет собой оболочку двойной кривизны, окаймленную по контуру железобетонным поясом¹. Конструкцию панели можно проектировать либо с криволинейным потолком (рис. 1), либо раздельного типа с гладким горизонтальным потолком (рис. 2, 3). При осуществлении панели перекрытия с криволинейным потолком, оболочка имеет прямолинейный контур; при осуществлении оболочки раздельного типа оболочка имеет криволинейный контур. Во всех случаях поверхность оболочки имеет положительную Гауссову кривизну.

Как видно из рис. 1, несущая конструкция панели перекрытия с криволинейным потолком состоит из оболочки двойной кривизны и бортового элемента.

Размеры осуществленной автором конструкции оболочки, в плане, 3,6×5,8 м. Эти размеры были назначены с таким расчетом, чтобы элементами такого типа представилось возможным перекрыть потолок одной комнаты в типовой секции жилого дома. С целью получения горизонтальной поверхности пола и уменьшения звуко- и теплопроводности панели, пазухи оболочки заполняются низкомарочным известковым легким бетоном. Над заполнением укладываются сборные железобетонные пустотелые плитки, а по плиткам устраивается паркет по асфальту.

В оболочке под действием собственного веса конструкции и расчетной эксплуатационной нагрузки возникают в основном сжимающие напряжения, поэтому по расчету армирования оболочки не требуется. Учитывая однако усадку бетона, а также монтажные усилия, воз-

¹ Предложена автором в 1951 г. [1].

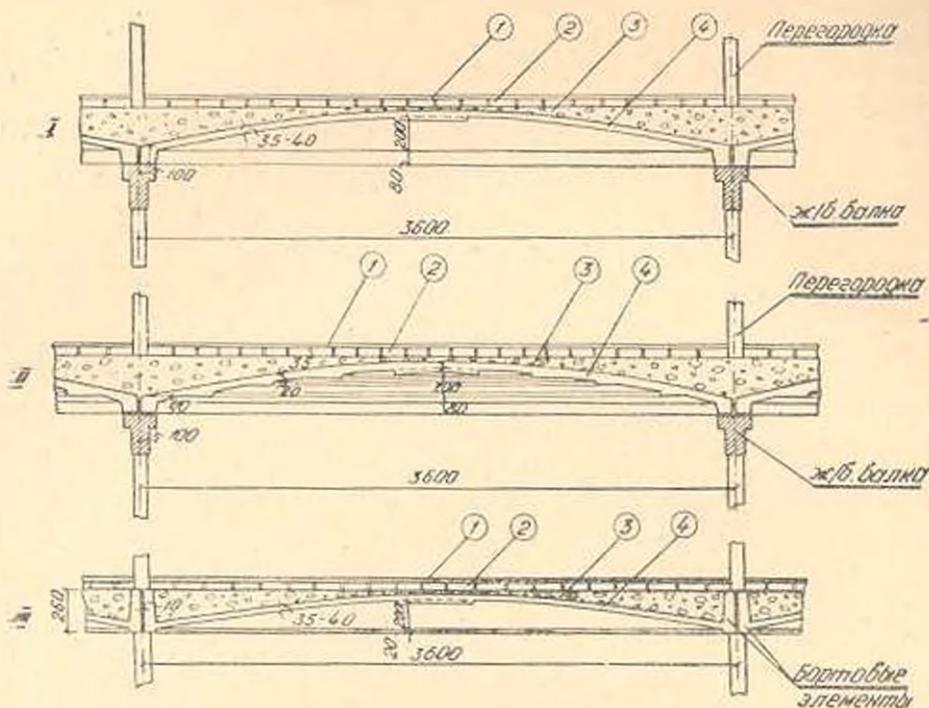


Рис. 1. Панель перекрытия в виде оболочки двойной кривизны с криволинейным потолком.

- I, II. Опирание панели по всему контуру III Опирание панели на продольные стены здания. I паркет по асфальту толщ. 20 мм. 2. Пемзобетонные спинальные пустотелые плиты толщиной 60 мм. 3. Известковый туфобетон. 4. Оболочка

никающие в конструкции при ее транспортировке, оболочка армируется сеткой, из четырехмиллиметровой проволоки, с размерами сторон ячейки 20 x 20 см, а бортовые элементы двумя стержнями круглого сечения диаметром 10—16 мм (10 мм при опирании панели по всему контуру; 16 мм при опирании панели на продольные стены здания).

В принятых конструктивных решениях опорами оболочки служат бортовые элементы, которые воспринимают распор и обеспечивают достаточную ее жесткость при транспортировке. Кроме того в районах, подверженных землетрясениям, бортовые элементы могут быть запроектированы так, чтобы они заменяли антисейсмические пояса и несли межкомнатные перегородки. Размеры панелей в плане могут быть различными, однако наиболее целесообразным является отношение сторон панели 1:1—1:1,7. Оптимальная толщина оболочки не менее $1/100$ и не более $1/80$ меньшего пролета; подъем оболочки не должен выходить за пределы 30 см, так как дальнейшее увеличение его приводит к удорожанию здания. Высота контурных элементов, при опирании панели по всему контуру, называется не более 1,25 меньшего пролета, а при опирании панели по двум сторонам, из продоль-

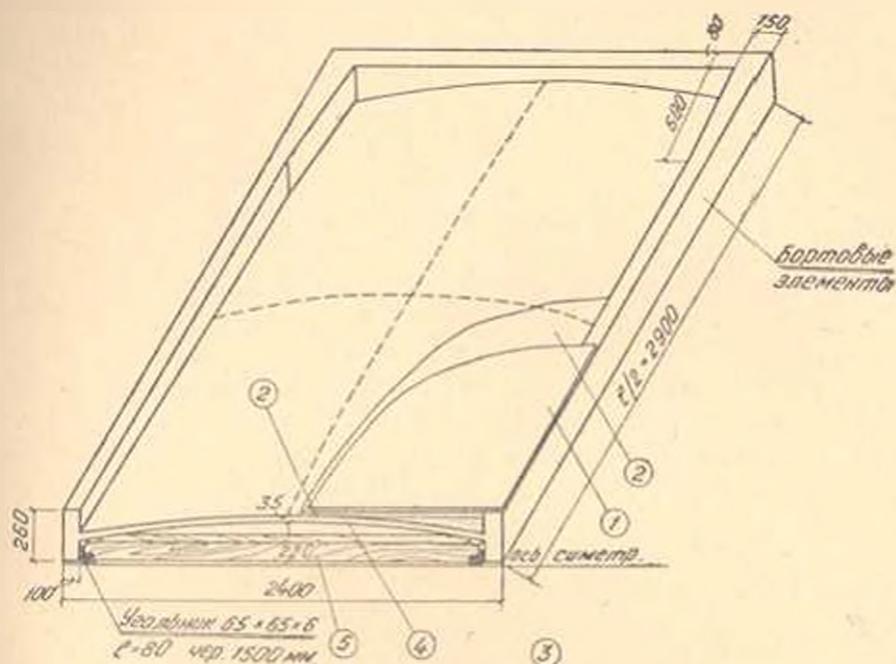


Рис. 2. Панель перекрытия в виде оболочки двойной кривизны с деревянным подвесным потолком.

1 Паркет по асфальту 20 мм 2 Туфобетон толщиной 35 мм 3 Туфоизвестковый бетон. 4 Оболочка двойной кривизны 5 Деревянный подвесной потолок с сухой штукатуркой.

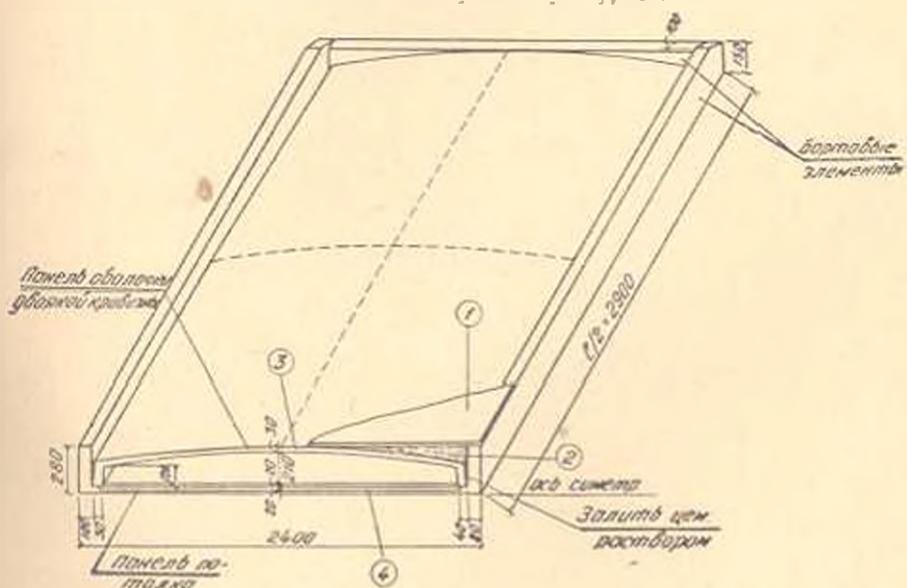


Рис. 3. Панель перекрытия в виде «оболочки» двойной кривизны с горизонтальным жел. бет. потолком.

1 Паркет по асфальту толщиной 20 мм 2 Туфоизвестковый бетон 3 Оболочка двойной кривизны 4 Жел. бет. плоский потолок.

ные стены, не менее $1/25$ пролета. При больших склывающих напряжениях рекомендуется в опорах продольных бортовых элементов устраивать вуты (рис. 2).

С целью уменьшения типо-размеров и звукоизоляции указанных конструкций, в 1956 г. нами были разработаны конструкции панели перекрытия в виде оболочки двоякой кривизны с гладким горизонтальным потолком (панели раздельного типа (рис. 2, 3).

Исследования НИИ строительной техники АА СССР показали, что воздушный слой толщиной 5—10 см является хорошим звукоизоляционным средством.

Применение перекрытия раздельного типа позволяет создать звукоизолирующую прослойку между двумя отдельными панелями, не имеющими между собой жесткой связи. Кроме того, как установлено исследованиями, при всех одинаковых условиях вес оболочки двоякой кривизны меньше веса пустотелой балки-настила, а ее звукоизолирующая способность больше чем у балочных перекрытий. Это объясняется тем, что оболочки в большей мере препятствуют прохождению звуковых волн.

Конструкцию панели перекрытия в виде оболочки двоякой кривизны с гладким горизонтальным потолком можно осуществить либо с гладким деревянным подвесным потолком с сухой штукатуркой (рис. 2), либо с горизонтальным железобетонным потолком (рис. 3).

Несущая конструкция панели с горизонтальным железобетонным потолком состоит из двух отдельных панелей—панели оболочки двоякой кривизны и горизонтальной панели потолка. Причем исходя из удобства транспортировки и монтажа, замоноличивание их производится на строительстве, после чего панель работает как цельная конструкция, в которой склывающее напряжение оболочки на контуре значительно образом разгружает работу контурных балок. Размеры панели в плане $2,4 \times 5,8$ м назначены исходя из грузоподъемности механизмов. Вес одного элемента панели не превышает 800 кг. Кроме того конструкция панели перекрытия в виде оболочки двоякой кривизны с гладким горизонтальным потолком позволяет перейти к более гигиеничному отоплению жилых домов, используя воздушное пространство между двумя панелями.

Испытания указанных конструкций показали, что они обладают достаточной прочностью и жесткостью для использования их в качестве несущих элементов междуэтажных перекрытий с расчетной полезной нагрузкой в 300 кг/м^2 и более. Панели перекрытия в заводских условиях изготавливаются в стационарных матрицах, изготовленных из бетона марки "400" и выше. Основная операция уплотнения бетона оболочки, в виду ее малой толщины, осуществляется при помощи виброштампа [2].

Механизированный способ изготовления панели перекрытия в виде оболочки двоякой кривизны позволит ускорить и упростить

производство этих конструкций, и добиться высокого качества работ.

Основные показатели панели перекрытия в виде оболочки двойной кривизны приведены в табл. 1.

Таблица 1

Типы панелей	Размеры в плане в м	Толщ. обол. в см	Принед. толщина в см	Общий вес в тоннах	Расход стали на 1 м ² перекр. в кг	Марка бетона
1. Панель перекрытия в виде оболочки двойной кривизны с криволинейным потолком	3,6X 5,6	3,5	4—4,5	1,9	2,5—3,5*	150
2. Панель перекрытия в виде оболочки двойной кривизны с горизонтальным потолком	2,4X 5,8	3,0	6—6,5	1,6	3,5—4,5**	150

Сравнительные данные для различных типов панелей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Типы панелей площадью 21 м ² (3,6X5,8)	Общий вес в тоннах	Расход материалов на 1 м ² перекрытия		
		принед. толщина в см	сталь в кг	вес констр. в кг
1. Пустотелые балки-настилы из туфобетона	4,4	11,0	10,0	220
2. Многупустот. панель из тяжелого бетона	4,2	9,3	5,2	200
3. Панель перекрыт. в виде оболочки двойной кривизны из тяжелого бетона	2,3	1,5	2,5—3,5	110

Сравнительная стоимость конструкции панели перекрытия в виде оболочки двойной кривизны и многупустотного настила приводится в табл. 3.

Таблица 3

Типы	Стоимость 1 м ² конструкции перекрытия									
	оболочка	пустотелые балки	звучкоизолан.	бетон. стяжка	асф. бет. стяжка	паркет из бука	сухая штукатур.	каркас сухой штукатур.	штукатурка	сумма в руб.
1. Свод оболочка	32,90	—	12,20	—	9,60	53,20	10,35	6,50	—	124,91
2. Пустотелый настил	—	101,13	7,95	1,60	—	53,20	—	—	9,01	178,99

* 2,5 при опирании панели по контуру; 3,5 при опирании панели на продольные стены здания. ** 3,5 при опирании панели по контуру; 4,5 при опирании панели на продольные стены здания.

Из табл. 2 видно, что панель перекрытая в виде оболочки двоякой кривизны по сравнению с многопустотным настилом более экономична.

Институт стройматериалов и
сооружений АН Армянской ССР

Поступило 10 IX, 1957

Ի Ն ԴԵՎՈՐԴՅԱՆ

ՀԱՎԱԲՈՎԻ ԵՐԿԱՔՐԵՏՈՆԵ ԵՐԿԱՎԻ ԿՈՐՈՒԹՅԱՆ ՔԱՂԱՆՔԱՅԻ, ԾԱԾԿԵՐ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հողմածամ նկարագրված են հավաքովի երկաթբետոնե ծածկերի երկաթի կորուստի թաղանթ-պանելների կոնստրուկցիաները: Բերված են այդ պանելների երկր կոնստրուկտիվ տարատեսակները, այն է՝

ա) թաղանթ-պանել կոր առաստաղով (նկ. 1)

բ) թաղանթ-պանել շոր ծեփի առաստաղով (նկ. 2),

գ) թաղանթ-պանել երկաթարևտոնային հարթ սալի առաստաղով (նկ. 3):

Երկարումս քաղաքացիական շինարարության մեջ լայն կիրառում ստացած բաղամասնամեջ երկաթբետոնե հեմանները, ցեմենտի և մետաղի ծախսի տեսակետից, չեն կարող տնտեսապես ուսցիոնալ կոնստրուկցիաներ համարվել: Իսկ առաջադրված թաղանթներից հավաքովի ծածկեր իրազորմելիս, ստանում ենք բավականին մեծ շափով բետոնի և մետաղի տնտեսում: Վերջիններիս արտադրության տեխնիկատնտեսական համեմատական հաշիվները ցույց են տալիս, որ թաղանթները, համեմատած երկաթբետոնե բաղամասնամեջ հեմանների հետ, բետոնի ծախսը կրճատում են 40% -ի, իսկ մետաղինը՝ 50% շափով:

Նշված թաղանթների կիրառումը շինարարության մեջ զգալի կերպով պակասեցնում է միջնահարկային ծածկերի մոնտաժիոզ էլեմենտների քանակը, դրանով իսկ բարձրացնելով ինժեներարացման աստիճանը և դրականապես ազդելով կառուցվածքի սեյսմակայունության վրա:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Геворкян Б. О. Исследование крупнопанельных железобетонных всплуршенных перекрытий, омыражанных по углам. (диссертация), 1951.
2. Геворкян Б. О. Новый способ изготовления оболочки двоякой кривизны. Журн. «Новая техника и передовой опыт строительства» № 4, 1957.

Բ Ո Վ Ա Ն Գ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

Հ Ի Վ Բ Ո Ւ Ե Խ Ս Ե Ի Կ Վ

Վ. Բ. Հովսեփյան. Հզոր հիդրոտարանների կոնստրուկցիաների մշակման հարցի մասին	3
---	---

Հ Ի Վ Բ Ո Ւ Ը Ո Ղ Ի Վ

Գ. Ա. Խմայլածե. Հայաստանի զետերի պլանությունը	15
---	----

Շ Ի Յ Ա Ր Ա Ր Ա Կ Ա Ն Ա Կ Ե Խ Ս Ե Ի Կ Վ

Պ. Վ. Ակոպով. Քարի կտրման պրոցեսի զինամիկան, կախված կտրող զործիքի կրկրաչափությունից	31
---	----

Շ Ի Յ Ա Ն Ե Ս Ե Ր

Հ. Ա. Ասարիյան. Ծակոտկեն ջրաբ ամբոթյան և նրա ծակոտիների սարակոտորայի միջև եղած կապի մասին	43
---	----

Վ. Ն. Սանակյան. Հրաբխային ջրաբների հիդրոսվիկ հասկոթյան և նրանց կրոտման նևարագորություն մասին	53
--	----

Գ Ի Ս Վ Կ Ա Ն Ա Ն Ե Ր

Ա. Տ. Կուզարով. Պրոֆ. Խարանովի մի խնդրի ընդհանրացման մասին	61
--	----

Ք. Ն. Կնորզյան. Հալարովի երկաթբետոնե կրկակի կոնստրուկցիաների մասին	63
--	----

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Гидротехника

В. М. Овсепян. К вопросу конструирования гидравлических тарзанов	3
--	---

Гидрология

Г. Н. Хмаладзе. Мутность рек Армении	15
--	----

Строительная техника

Р. В. Акопов. Динамика процесса резания камня и зависимости от геометрии инструмента	31
--	----

Строительные материалы

А. А. Арикелян. О зависимости прочности пористого камня от структуры его пор	43
--	----

В. О. Саакян. Гидравлические свойства вулканических шлаков и возможность их использования в строительстве	55
---	----

Научные заметки

А. Т. Газаров. Об одном общепонимании задачи проф. Баранова	61
---	----

Б. О. Геворкян. Сварные железобетонные перекрытия и виде оболочек двоякой кривизны	15
--	----

