

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ
ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ
АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԽՐԱԿՐԱԿԱՆ ԿՈՒՆԻՒՄ

Աղոնց Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղակալ), Անանյան Ա. Կ.,
Գասարյան Ա. Մ., Նիկողարյան Ի. Վ., Կասյան Ի. Վ., Խոսեֆ-
վերդյան Վ. Ի., Նազարով Ա. Գ. (պատ. խմբագիր), Սիմո-
նով Ի. Զ., Փինաջյան Վ. Վ. (պատ. փոխխմբագիր):

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Авонц И. Т. (ззм. отв. редактора), Анакян А. К., Гаспа-
рян А. М., Егизаров И. В., Касьян М. В., Назаров А. Г.
(отп. редактор), Николосян В. В. (отв. секретарь), Симо-
нов М. З., Ховангерин В. М.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

К. М. ХУБЕРЯН

ОБЛАСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЛИШНИХ НЕИЗВЕСТНЫХ
ДЛЯ ОДНОКРАТНО СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ ФЕРМ
ПРИ РАСЧЕТЕ НА НАГРУЗКУ И НЕРАВНОМЕРНЫЕ
ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

§ 1. Общая постановка задачи и метод ее решения

При расчете статически неопределимой фермы методом напряжений* в зависимости от назначаемых величин лишних неизвестных либо удается успешно довести расчет до конца, либо выясняется, что при данных величинах лишних неизвестных рассчитать ферму никаким образом невозможно (получаются отрицательные значения для площадей сечений стержней или неизбежны превышения допускаемых напряжений). Область всех тех значений лишних неизвестных, при которых расчет статически неопределимой фермы с условием превышения допускаемых напряжений при заданной ее схеме и заданных расчетных воздействиях выполнен, названа областью существования лишних неизвестных. Определение таких областей является одним из основных вопросов метода напряжений. Значение этого вопроса, по мнению автора, выходит за рамки метода напряжений, поскольку понятие о лишних неизвестных является коренным для всей строительной механики статически неопределимых стержневых систем.

Области существования лишних неизвестных для статически неопределимых ферм в случае расчета на единственное нагружение статической нагрузкой были исследованы в различной форме Ф. И. Сякусарчуком [2] и автором [3]**. В работе [2] рассмотрены фермы без начальных напряжений и фермы с начальными напряжениями. Указанные области в случаях расчета любых ферм на многие нагружения статическими нагрузками и в случаях расчета двухшарнирных распорных однократно статически неопределимых ферм на совместные действия статической нагрузки и равномерных изменений температуры были исследованы автором [3]. В практике проектирования встречаются случаи, когда статически неопределимые стальные фермы рассчитываются на неравномерные изменения температуры. Поэтому автор исследовал

* См., например, [1], § 10.7.

** Работа [3] позднее была представлена в качестве диссертации [4].

области существования лишних неизвестных и для таких случаев. В настоящей статье излагаются результаты этого исследования для любых однократно статически неопределимых ферм при их расчете на единственное нагружение статической нагрузкой и многие неравномерные температурные воздействия. Предварительно приводятся решения рассматриваемой задачи для двух частных случаев.

Для исследования областей существования лишних неизвестных применяется геометрический метод, впервые разработанный автором в Тбилисском научно-исследовательском институте сооружений и гидроэнергетики в 1940 г. Для этой цели применяется также преобразование канонических уравнений метода напряжений, названное модуляризацией [3].

Сущность указанного метода и его применение кратко состоит в следующем.

Если ферма с двумя лишними связями рассчитывается на единственное нагружение статической нагрузкой, то общезвестные выражения усилий в ее m условно необходимых стержнях

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \bar{S}_1 + \bar{S}_1 X_1 + \bar{S}_1 X_2 \\ S_2 &= \bar{S}_2 + \bar{S}_2 X_1 + \bar{S}_2 X_2 \\ &\dots \dots \dots \\ S_m &= \bar{S}_m + \bar{S}_m X_1 + \bar{S}_m X_2 \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

интерпретируются как уравнения плоскостей в системе прямоугольных координат X_1, X_2, S (ось S обслуживает все условно необходимые стержни). Рассматриваются следы этих плоскостей на координатной плоскости $X_1 X_2$. Многоугольник, содержащий только все замкнутые ячейки, образованные указанными сделками, является областью существования лишних неизвестных X_1 и X_2 . Если ферма имеет много лишних связей, то приходится пользоваться некоторыми понятиями геометрии многомерного евклидова пространства. При переходе от двукратно статически неопределимой фермы к k -кратно статически неопределимой ферме с лишними неизвестными $X_1, X_2, \dots, X_k$, трехмерное пространство заменяется $k+1$ -мерным пространством с системой прямоугольных координат $X_1, X_2, \dots, X_k, S$; координатная плоскость $X_1 X_2$ заменяется k -мерной координатной гиперплоскостью $X_1 X_2 \dots X_k$; каждая из плоскостей, определяемых уравнениями (1.1), заменяется k -мерной гиперплоскостью, определяемой уравнением $S_i = \bar{S}_i + \bar{S}_i X_1 + \bar{S}_i X_2 + \dots + \bar{S}_i X_k$ и остающейся k -мерной координатной гиперплоскости $X_1 X_2 \dots X_k$ след в виде $k-1$ -мерного линейного многообразия. Такие следы, полученные для всех условно необходимых стержней ($i = 1, 2, \dots, m$), как и в предыдущем случае, пересекаясь между собой, создадут ряд замкнутых и

незамкнутых "ячеек". Между рассматриваемым случаем и случаем, когда $k=2$, соблюдается аналогия: "многоугольник" на k -мерной координатной гиперплоскости $X_1, X_2, \dots, X_k$, содержащий только все замкнутые "ячейки", образованные указанными следами, является областью существования лишних неизвестных $X_1, X_2, \dots, X_k$. Доказательство этой теоремы дано в работе [3]. Метод многомерной геометрии является естественным и полезным в теории многократно статически неопределимых ферм, однако построения и приемы расчета, необходимые для решения конкретных задач отыскания областей существования лишних неизвестных в многомерном пространстве, пока несомненно мало разработаны.

Канонические уравнения метода напряжений для статически неопределимых ферм в случае расчета на единственное нагружение статической нагрузкой имеют вид

$$\sum_{i=1}^{l-m} a_{ji} z_i = 0; \quad (1.2)$$

$$j = 1, 2, \dots, k,$$

где a_{ji} — коэффициенты; $\bar{a}_{ji} = \bar{S}_i l_i$; $\bar{S}_i$ — усилие в стержне i основной статически определимой системы от сил $X_i = 1$, приложенных к разрезанной лишней связи j ; l_i — длина стержня i ; z_i — неизвестное напряжение в стержне i статически неопределимой фермы от нагрузки.

Порядок расчета по методу напряжений отличается тем, что, когда приступают к определению напряжений z_i при помощи уравнений (1.2), величины усилий $\bar{S}_i$ во всех стержнях статически неопределимой фермы известны.

В каждом из уравнений (1.2) напряжения z_i , отвечающие положительным усилиям $\bar{S}_i$, оставляем без изменения, а напряжения z_i , отвечающие отрицательным усилиям $\bar{S}_i$, умножаем на минус единицу.

В результате, поскольку знаки коэффициентов a_{ji} известны, для каждого из членов $\bar{a}_{ji} z_i$ получаем определенный знак. Сгруппировав положительные и отрицательные члены, получим так называемые модулярные уравнения:

$$\sum_{\text{полож. членов}} \bar{a}_{ji} z_i - \sum_{\text{отриц. членов}} \bar{a}_{ji} z_i = 0; \quad (1.3)$$

$$j = 1, 2, \dots, k,$$

где символы $\bar{a}_{ji}$, z_i выражают существенно положительные величины (модули).

Указанная модуляризация канонических уравнений имеет целью избавиться от необходимости следить при подборе напряжений z_i знак каждого напряжения со знаком соответствующего усилия $\bar{S}_i$ (в случае несовпадения этих знаков очевидно требуется перерасчет). Вместо

этого нужно помнить, что решениями уравнений (1.3) считаются только совокупности положительных корней λ_i . Модуляризация упрощает расчет ферм и исследование областей существования линейных неизвестных.

Пусть статически неопределимую ферму с одной лишней связью требуется рассчитать на единственное нагружение статической нагрузкой и n различных неравномерных температурных воздействии. Первое температурное воздействие состоит в том, что температура первого стержня изменилась на t_{11} градусов, температура второго стержня — на t_{12} градусов и т. д. Второе температурное воздействие состоит в том, что температура первого стержня изменилась на t_{21} градусов, температура второго стержня — на t_{22} градусов и т. д. Заданные температурные воздействия обозначим индексами $t_{11}, t_{12}, \dots, \dots, t_{n1}, \dots, t_{nn}$.

Вычислим величины сумм

$$\sum_{i=1}^{i=m} a_{1i} t_{i1}, \sum_{i=1}^{i=m} a_{2i} t_{i2}, \dots, \sum_{i=1}^{i=m} a_{ni} t_{in}. \quad (1.4)$$

Изменим нумерацию температурных воздействий так, чтобы наименьшая из сумм отвечала первому температурному воздействию, а наибольшая из сумм — второму температурному воздействию. В общем случае наименьшая сумма будет отрицательной, а наибольшая сумма — положительной. Этот случай и будем иметь в виду.

Усилия, возникающие в лишней связи от температурных воздействий $t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}$, как известно, пропорциональны указанным суммам. Поэтому любая из величин $X_1, X_2, \dots, X_n$ окажется в интервале между величинами X_1 и X_n .

Усилие в стержне i статически неопределимой фермы от температурного воздействия t_{i1} , как известно, пропорционально усилию X_1 . Поэтому для каждого стержня i любое из его температурных усилий $S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{in}$ окажется в интервале между его температурными усилиями S_{i1} и S_{in} .

Следовательно, из заданных n температурных воздействий в расчете однократно статически неопределимой фермы достаточно учесть воздействие, отвечающее наименьшей из сумм (1.4), и воздействие, отвечающее наибольшей из этих сумм, т. е. первое и второе температурные воздействия.

Введем обозначения

$$\left. \begin{aligned} E\alpha \left| \sum_{i=1}^{i=m} a_i t_{1i} \right| &= \tau_1; \\ E\alpha \left| \sum_{i=1}^{i=m} a_i t_{2i} \right| &= \tau_2 \end{aligned} \right\} \quad (1.5)$$

Канонические уравнения метода напряжений для однократно статически неопределимых ферм при расчете на два воздействия, а именно на статическую нагрузку в сочетании с каждым из первых двух температурных воздействий, примут вид

$$\sum_{i=1}^{i=m} \alpha_i \tau_i - \tau_1 = 0; \quad (1.6)$$

$$\sum_{i=1}^{i=m} \alpha_i \tau_i + \tau_2 = 0. \quad (1.7)$$

где α_i — напряжение в стержне i статически неопределимой фермы от сочетания статической нагрузки и первого температурного воздействия;

τ_i — напряжение в том же стержне от сочетания статической нагрузки и второго температурного воздействия.

§ 2. Случай расчета на сочетание статической нагрузки и первого неравномерного температурного воздействия

Усилия в статически неопределимой ферме от сочетания статической нагрузки и первого температурного воздействия, как известно, выражаются так:

$$\begin{aligned} S_i^{e_{t_2}} &= S_i^n + S_i^{e_{t_1}} X; \\ i &= 1, 2, \dots, m, \end{aligned} \quad (2.1)$$

где S_i^n — усилия в основной статически определимой системе от статической нагрузки; X — усилие в лишней связи от сочетания статической нагрузки и первого температурного воздействия.

Следуя указанному геометрическому методу, найдем на оси $X^{e_{t_1}}$ (рис. 1а) все нулевые точки (нулевой называется точка пересечения прямой, определяемой уравнением (2.1), с осью абсцисс; сама прямая на данном графике, называемом графиком усилий, не показана). Полагая, что все нулевые точки простые, т. е. через каждую из них проходит только одна некртая прямая. Однако дальнейшие рассуждения нетрудно повторить и при наличии кратных нулевых точек. Стержни фермы пронумерованы в том порядке, в каком расположены

нулевые точки. Вертикали, проведенные через нулевые точки, разбивают поле графика усилий (рис. 1а) на ряд зон. Каждой из них соответствует определенная картина знаков, т. е. определенная совокупность одновременно существующих знаков усилий во всех стержнях фермы при одной определенной статической нагрузке. Картины знаков пронумеруем цифрами I, II, ..., W. Каждую нулевую точку обозначим номе-

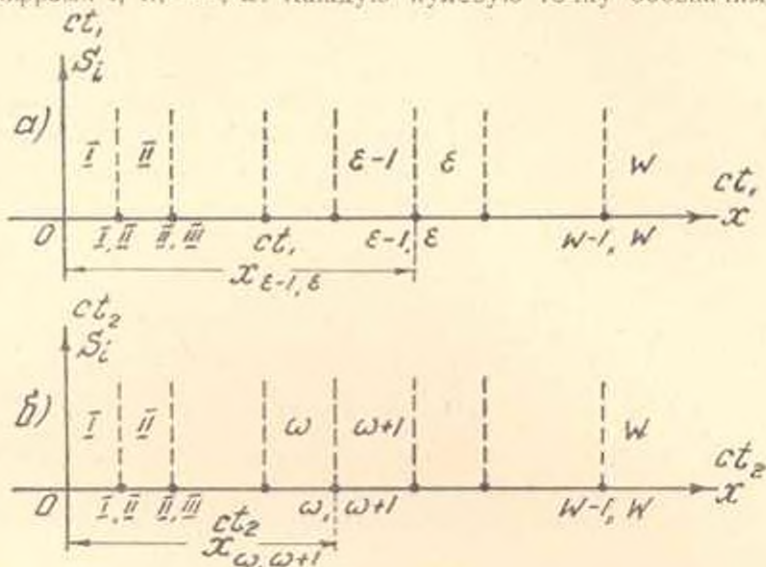


Рис. 1. К определению областей существования лишней неизвестной. а—нулевые точки на оси абсцисс графика усилий в случае сочетания нагрузки и первого температурного воздействия; б—повторение той же схемы в случае сочетания нагрузки и второго температурного воздействия.

рами двух картин знаков, границей между которыми они является.

Интервал $-\infty \leq X \leq X_{I,II}$ на оси X (рис. 1а) не принадлежит области существования лишней неизвестной X , так как модуляризация уравнения (1.6), выполненная для этого интервала, т. е. для картины знаков I, даст модулярное уравнение

$$\sum_{i=1}^{l-1} a_i \sigma_i - \tau_1 = 0. \quad (2.2)$$

В нем все члены имеют одинаковые знаки, и поэтому оно не имеет решения, при котором все корни σ_i положительны.

Рассмотрим следующий интервал на оси X , т. е. интервал $X_{I,II} < X < X_{II,III}$. При переходе в этот интервал, т. е. в картину знаков II, отрицательный член $a_2 \sigma_2$ в уравнении (2.2) станет положительным, а остальные члены сохранят свои знаки. Следова-

тельно, модулярное каноническое уравнение для рассматриваемого интервала имеет вид

$$a_1 z_1 - \sum_{i=1}^{l-m} a_i z_i - \tau_1 = 0. \quad (2.3)$$

Если при наибольшей величине z_1 , т. е. при $z_1 = R_1$ (R_1 — абсолютная величина допускаемого напряжения для стержня I при расчетном воздействии ct_1) $a_1 R_1 < \tau_1$, то уравнение (2.3) не имеет решения, при котором все корни положительны и не превышают соответствующих допускаемых величин. Следовательно, в этом случае рассматриваемый интервал не принадлежит области существования лишней неизвестной.

Если же $a_1 R_1 > \tau_1$, то уравнение (2.3) имеет решение, при котором все корни положительны и не превышают допускаемых величин. Следовательно, в этом случае рассматриваемый интервал принадлежит области существования лишней неизвестной.

Допустим, что имеет место первый случай. Тогда перейдем к интервалу $X_{II \text{ min}} < X < X_{II \text{ max}}$, для которого модулярное каноническое уравнение имеет вид

$$a_1 z_1 + a_2 z_2 - \sum_{i=1}^{l-m} a_i z_i - \tau_1 = 0. \quad (2.4)$$

Если $a_1 R_1 + a_2 R_2 < \tau_1$, то уравнение (2.4) не имеет решения, при котором все корни положительны и не превышают допускаемых величин. Следовательно, в этом случае рассматриваемый интервал не принадлежит области существования лишней неизвестной.

Если же $a_1 R_1 + a_2 R_2 > \tau_1$, то уравнение (2.4) имеет решение, при котором все корни положительны и не превышают допускаемых величин. Следовательно, в этом случае рассматриваемый интервал принадлежит области существования лишней неизвестной.

Если имеет место первый случай, то перейдем к следующему интервалу и т. д.

Предположим, что, продолжая обход интервалов на оси X слева направо в поисках интервала, принадлежащего области существования лишней неизвестной, мы дошли до последнего интервала

$$X_{n-1, \text{ min}} < X < \infty,$$

для которого модулярное каноническое уравнение имеет вид

$$\sum_{i=1}^{l-m} a_i z_i - \tau_1 = 0. \quad (2.5)$$

Если окажется, что

$$\varepsilon_1 > \sum_{j=1}^{i-m} a_j R_j^{ct_j} \quad (2.6)$$

(где все символы выражают модули), то это означает, что и для последнего интервала модулярное каноническое уравнение не имеет решения, при котором все корни положительны и не превышают допускаемых величин, и, следовательно, данную статически неопределимую ферму ни при каких размерах поперечных сечений невозможно рассчитать на сочетание заданной статической нагрузки и заданного температурного воздействия без превышения заданных допускаемых напряжений. Иначе говоря, при условии (2.6) область существования лишней неизвестной отсутствует.

Если же

$$\varepsilon_1 < \sum_{j=1}^{i-m} a_j R_j^{ct_j} \quad (2.7)$$

(где все символы выражают модули), то на графике усилий (рис. 1а) обязательно существует картина знаков ε , которая удовлетворяет условию

$$\sum_{j=1}^{i-k-2} a_j R_j^{ct_j} < \varepsilon_1 < \sum_{j=1}^{i-k-1} a_j R_j^{ct_j}, \quad (2.8)$$

где все символы выражают модули.

Таким образом, номером ε обозначена первая при движении по оси X слева направо картина знаков, при которой невозможность расчета фермы сменяется возможностью расчета. При следующих за ней картинах знаков $\varepsilon = -1, \varepsilon = 2$ и т. д. расчет фермы и подавно возможен.

Итак, доказана следующая *теорема 1*: если заданное неравномерное температурное воздействие, обозначенное индексом t_1 и отвечающее условию

$$\sum_{j=1}^{i-m} a_j t_{1j} < 0, \quad (2.9)$$

удовлетворяет условию (2.7), то область существования лишней неизвестной X^{ct_1} представляет собой такой интервал

$$X_{-1}^{ct_1} < X < \infty \quad (2.10)$$

на оси X графика усилий, граничная нулевая точка $\varepsilon = -1$, ε которого определяется условием (2.8).

§ 3. Случай расчета на сочетание статической нагрузки и второго неравномерного температурного воздействия

Усилия в стержне i статически неопределимой фермы и в лишней связи от сочетания статической нагрузки и второго температурного воздействия обозначим соответственно через $S_i^{ct_2}$ и X^{ct_2} .

Применив тот же метод, что и в предыдущем случае, но сделав обход интервалов на оси X графика усилий (рис. 1б, совпадающего с предыдущим графиком, в противоположном направлении, т. е. справа налево, и выполнив для каждого интервала модуляризацию уравнения (1.7), мы доказали следующие положения.

Если

$$\tau_2 > \sum_{i=1}^{i=m} a_i R_i^{ct_2} \quad (3.1)$$

(где все символы выражают модули), то область существования лишней неизвестной X отсутствует.

Теорема 2. Если заданное неравномерное температурное воздействие, обозначенное индексом t_2 , и отвечающее условию

$$\sum_{i=1}^{i=m} a_i t_{2i} > 0, \quad (3.2)$$

удовлетворяет условию

$$\tau_2 < \sum_{i=1}^{i=m} a_i R_i^{ct_2} \quad (3.3)$$

(где все символы выражают модули), то область существования лишней неизвестной X представляет собой такой интервал

$$-\infty < X \leq X_{m, m-1}^{ct_2} \quad (3.4)$$

на оси X графика усилий, граничная нулевая точка $m, m-1$ которого определяется условием

$$\sum_{i=1}^{i=m} a_i R_i^{ct_2} < \tau_2 < \sum_{i=1}^{i=m} a_i R_i^{ct_2} \quad (3.5)$$

где все символы выражают модули.

§ 4. Случай расчета на сочетании статической нагрузки с каждым из двух неравномерных температурных воздействий

Этот случай расчета объединяет два ранее рассмотренных случая. Условия (2.7), (3.3) являются необходимыми условиями наличия двумерной области существования лишних неизвестных X, X . При-

мем ось X^{ct_1} (рис. 1а) за ось абсцисс, а ось X^{ct_2} (рис. 1б) за ось ординат. В такой прямоугольной системе координат (рис. 2) выделим вспомогательную бесконечную область в виде прямого угла (на рисунке она заштрихована), определяемую условиями (2.10), (3.4).

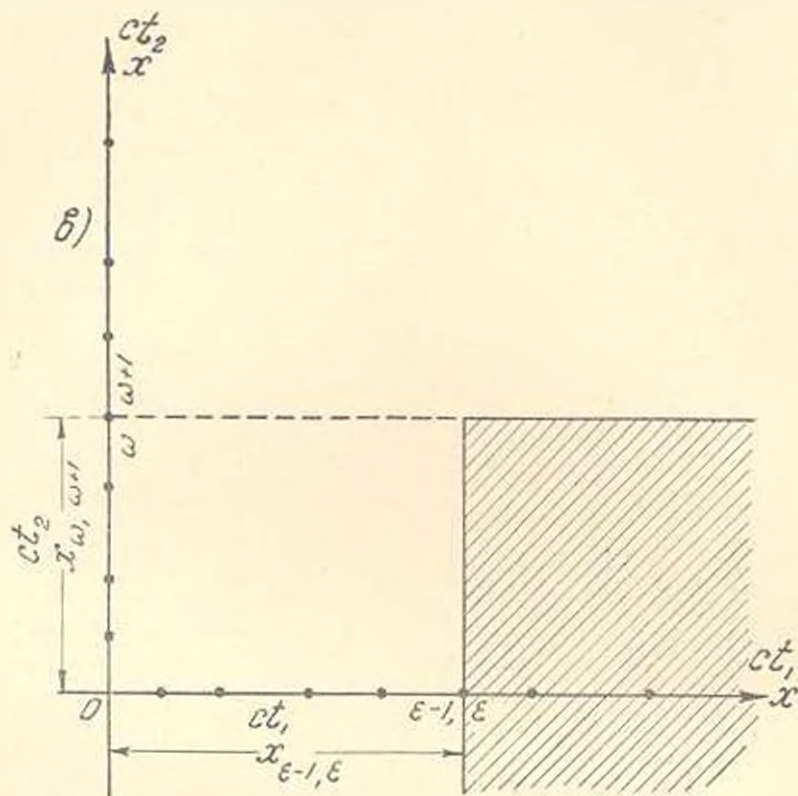


Рис. 2. Вспомогательная область и случаи расчета на сочетании нагрузки с каждым из двух температурных воздействий.

Для каждого стержня при обоих расчетных воздействиях должна получаться единственная площадь сечения. Следовательно, напряжения σ_1, σ_2 , связаны соотношениями

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{S_1}{S_2}; \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (4.1)$$

которые превращают уравнения (1.6), (1.7) в систему уравнений.

Если модуляризировать уравнения (1.6), (1.7) для любой точки (X, X^{ct_1}) , расположенной вне указанной вспомогательной области, то, поскольку в такой точке нарушено по крайней мере одно из условий (2.10), (3.4), по крайней мере одно модулярное уравнение не будет

иметь решения, при котором все корни положительны и не превышают допускаемых величин. Система модулярных уравнений, содержащая такое уравнение, очевидно также не будет иметь решения, при котором все корни положительны и не превышают допускаемых величин. Таким образом, вне указанной вспомогательной области нет точек, принадлежащих области существования лишних неизвестных.

Если модуляризовать уравнения (1.6), (1.7) для любой точки (X, X) , расположенной внутри указанной вспомогательной области, то, поскольку в такой точке соблюдены оба условия (2.10), (3.4) каждое модулярное уравнение, взятое в отдельности, будет иметь решение, при котором все корни положительны и не превышают допускаемых величин. Это является необходимым, но не достаточным условием существования такого решения для системы модулярных уравнений (1.6), (1.7), (4.1). Следовательно, нельзя утверждать, что произвольная точка вспомогательной области обязательно принадлежит области существования лишних неизвестных. Однако, если заданные неравномерные температурные воздействия таковы, что величины τ_1, τ_2 достаточно малы, то расчет фермы на эти воздействия в сочетании со статической нагрузкой вообще возможен, и, следовательно, внутри вспомогательной области имеются точки, принадлежащие области существования лишних неизвестных.

Таким образом, доказана следующая *теорема 3*.

Если заданные неравномерные температурные воздействия таковы, что величины τ_1 и τ_2 достаточно малы, то область существования лишних неизвестных X и X имеется и целиком заключена внутри прямого угла, одной стороной которого является область существования X при расчете только на сочетание статической нагрузки с первым температурным воздействием, а другой стороной — область существования X при расчете только на сочетание статической нагрузки со вторым температурным воздействием.

Для каждого стержня i опасным будет либо усилие S_i^1 , либо усилие S_i^2 . Изменим нумерацию стержней, а именно тем, в которых опасные усилия, а, следовательно, и опасные напряжения возникают от сочетания нагрузки и первого температурного воздействия, дадим номера $1, 2, \dots, r$. Тогда тем стержням, в которых опасные усилия и опасные напряжения возникают от сочетания нагрузки и второго температурного воздействия, остается дать номера $r+1, r+2, \dots, m$.

Исключив из уравнений (1.6), (1.7) все неопасные напряжения (выразив каждое неопасное напряжение при помощи пропорции (4.1) через опасное напряжение) и подставив выражения усилий, получим уравнения

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=r} a_i \frac{e_{t_1}}{S_i} + \sum_{i=r+1}^{i=m} a_i \frac{\frac{p}{S_i} + \frac{1}{S_i} \frac{e_{t_1}}{X}}{\frac{p}{S_i} + \frac{1}{S_i} \frac{e_{t_1}}{X}} \frac{e_{t_1}}{S_i} - \tau_1 = 0; \\ \sum_{i=1}^{i=r} a_i \frac{\frac{p}{S_i} + \frac{1}{S_i} \frac{e_{t_2}}{X}}{\frac{p}{S_i} + \frac{1}{S_i} \frac{e_{t_2}}{X}} \frac{e_{t_2}}{S_i} + \sum_{i=r+1}^{i=m} a_i \frac{e_{t_2}}{S_i} + \tau_2 = 0. \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

В качестве независимых переменных вместо лишних неизвестных $\frac{e_{t_1}}{X}, \frac{e_{t_2}}{X}$ можно пользоваться лишними неизвестными $\frac{e}{X}, \frac{t_1}{X}$, которые, как известно, связаны с первыми следующими формулами:

$$\left. \begin{aligned} \frac{e_{t_1}}{X} &= \frac{e}{X} + \frac{t_1}{X}; \\ \frac{e_{t_2}}{X} &= \frac{e}{X} + \frac{\sum_{i=1}^{i=m} a_i t_{2i}}{\sum_{i=1}^{i=m} a_i t_{1i}} \frac{t_1}{X}. \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

Во вспомогательной области (рис. 2) выберем какую-нибудь прямую и на ней точку, для которой произведем модуляризацию уравнений (4.2) (сначала модуляризируем уравнения (1.6), (1.7), а при использовании пропорций (4.1) подразумеваем, что они содержат модули напряжений и усилий). С помощью приемов, рекомендованных в работе [3,4] (§ 7), выясним, имеет ли полученная система модулярных уравнений решение, при котором все корни (модули опасных напряжений) положительны и не превышают допускаемых величин. Если такого решения не существует, то выберем на той же прямой вторую точку, произведем для нее модуляризацию уравнений (4.2) и выясним, имеет ли полученная система модулярных уравнений удовлетворительное решение, и т. д. Затем обследуем таким же образом вторую прямую во вспомогательной области и т. д. В результате на каждой из некоторых прямых обнаружится граничная точка, в которой система модулярных канонических уравнений из системы, не имеющей решения, при котором все корни положительны и не превышают допускаемых величин, превращается в систему, имеющую такое решение. Соединив линией полученные граничные точки, тем самым определим область существования лишних неизвестных $\frac{e}{X}$ и $\frac{t_1}{X}$.

Изложенные результаты являются обобщением результатов, полученных в работе [3,4] (§§ 30, 31, 32) на однократно статически неопределимые фермы любых типов и на случаи любых неравномерных температурных воздействий.

Կ. Ի. ԿՈՒՐԵՐՅԱՆ

ԱՎԵՐՈՒՄ ԱՆՀԱՅՏՆԵՐԻ ԴՈՅՈՒԹՅԱՆ ՏԻՐՈՒԹՅՆԵՐԻ ՄԻԱՊԱՏԻԿ
ՈՍԱՏԻԿՈՐԵՆ ԱՆՈՐՈՇ ՖԵՐՄԱՆԵՐՈՒՄԻ ԲԵՌՆԱԿԱՐԻ ԵՎ ԱՆՀԱՎԱՐԱՐԱԾԱԿ
ՋԵՐՄԱՅՈՒՆ ԱՂԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԱԿ ՀԱՇՎԵԼԻՍ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ավարդ անհայտնիքն արմեքնիքն տիրութիւն վերադրվող լարամանքն մեքեքն հիմնական հարցք, արմեքն, որի տահմաննիքն զորոս տվյալ տա- տիրոքն անորոշ ձողապատեմք, ձողիքն ընդլայնական կարվածքնիքն ցան- կոցած վերջավոր չափիքն դեպքում, հնարավոր չէ հաշվել արված հաշվալին աղեքնութիւննիքն տոմ՝ առանց դերազանդելու թուլատրվող լարամանքն արված արմեքնիքն, ուսումնասիրված է միապատիկ տատիրոքն անորոշ ֆերմանքն համար՝ երեք հաշվալին դեպքի ժամանակ.

ա) տատիրոքն կիրառված բեռնվածքի և որոշակի պալմանի համապա- տասխանող անհավասարաչափ ջերմալին աղեքնութիւն տակ հաշվելիս,

բ) տատիրոքն կիրառված միեմոյն բեռնվածքի և վերեւում նշված պալմանի չհամապատասխանող անհավասարաչափ ջերմալին աղեքնութիւն տակ հաշվելիս.

գ) տատիրոքն կիրառված բեռնվածքի վերեւում նշված երկու ջերմալին աղեքնութիւննիքն լուրաքանչիւրի հետ զուգորդված հաշվելիս:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Рабинович И. М. Курс стропельной механики стержневых систем, ч. II, Госстрой- издат, 1954.
2. Сиссарчук Ф. И. О регулярном расчете статически неопределимых ферм методом заданных напряжений. „Труды Новосибирского института инженеров же езно- дорожнго транспорта“, вып. VIII, Трансжелдориздат, 1952.
3. Хуберин К. М. Усовершенствованный метод расчета порталных ферм сегмент- ных затворов. „Сборник докладов научно-исследовательских работ по строи- тельству. Работы, выполненные в 1952 году“, Госстройиздат, I 51.
4. Хуберин К. М., Метод напряжений в применении к статически неопределимым фермам. Автореферат докторской диссертации, Московский инженерно-строитель- ный институт, 1957.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Э. Е. ХАЧИЯН

К ДИНАМИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ УПРУГОЙ СИСТЕМЫ
 НА СИЛЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

При расчете обычных сооружений на сейсмическое воздействие их представляют в виде жестко заделанного невесомого бруса, несущего сосредоточенные массы (массы перекрытия и часть стены), расположенные на уровне перекрытия (рис. 1).

Деформационное состояние сооружения аналогично деформационному состоянию бруса при учете только деформации сдвига (пунктирная линия на рис. 1).

Рассмотрим динамический расчет такой системы при горизонтальных колебаниях основания по произвольному закону.

1. Обозначим массы через m_i и соответствующие им горизонтальные прогибы через y_i . Силы инерции, развиваемые массами, будут $m_i y_i$. Из равновесия внутренних сил и сил инерции в сечении между массами с индексами $n-1$ и n , где n — число сосредоточенных масс, при свободных колебаниях будем иметь:

$$m_n \ddot{y}_n + a_n (y_n - y_{n-1}) = 0, \quad (1.1)$$

где a_n — жесткость соответствующего бруса. В сечении между массами с индексами $n-1$ и $n-2$ получим:

$$m_n \ddot{y}_n + m_{n-1} \ddot{y}_{n-1} + a_{n-1} (y_{n-1} - y_{n-2}) = 0. \quad (1.2)$$

Учитывая (1.1), (1.2) примет вид:

$$m_{n-1} \ddot{y}_{n-1} + a_{n-1} (y_{n-1} - y_{n-2}) - a_n (y_n - y_{n-1}) = 0. \quad (1.3)$$

Легко видеть, что уравнение типа (1.3) можно написать для каждой массы. Таким образом, при свободных колебаниях системы получим систему дифференциальных уравнений в виде:

$$m_1 \ddot{y}_1 + a_1 y_1 - a_2 (y_2 - y_1) = 0;$$



Рис. 1

$$\begin{aligned} m_{n-1} \ddot{y}_{n-1} + a_{n-1} (\ddot{y}_{n-1} - \ddot{y}_{n-2}) - a_n (\ddot{y}_n - \ddot{y}_{n-1}) &= 0; \\ m_n \ddot{y}_n + a_n (\ddot{y}_n - \ddot{y}_{n-1}) &= 0. \end{aligned} \quad (1.4)$$

Уравнения (1.4) можно получить и с помощью уравнений Лагранжа. Действительно кинетическая и потенциальная энергии системы равны:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_i \dot{y}_i^2, \quad U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n a_{i+1} (y_{i+1} - y_i)^2 \quad (1.5)$$

Совершив дифференциальные операции над (1.5) и подставляя их в уравнение Лагранжа

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{y}_i} \right) - \frac{\partial U}{\partial y_i} = 0,$$

легко получить уравнения (1.4).

Полученные уравнения (1.4) принадлежат к так называемым штурмовым системам [1]. Подставив в (1.4)

$$y_k = C_k \sin \omega t, \quad (1.6)$$

где ω — круговая частота свободных колебаний, получим систему алгебраических уравнений для определения C_i в виде:

$$\begin{aligned} -m_1 C_1 \omega^2 + a_1 C_1 - a_2 (C_2 - C_1) &= 0; \\ \dots \dots \dots \\ m_{n-1} \omega^2 C_{n-1} + a_{n-1} (C_{n-1} - C_{n-2}) - a_n (C_n - C_{n-1}) &= 0; \\ -m_n C_n \omega^2 + a_n (C_n - C_{n-1}) &= 0. \end{aligned} \quad (1.7)$$

Приравнявая нулю определитель полученной системы, получим уравнение частот в виде:

$$\Delta_n(\omega^2) = \begin{vmatrix} a_1 + a_2 - m_1 \omega^2 & -a_2 & \dots & \dots & 0 \\ -a_2 & a_2 + a_3 - m_2 \omega^2 & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & a_n - m_n \omega^2 & \dots \end{vmatrix} = 0. \quad (1.8)$$

для которого имеет место следующее рекуррентное соотношение [1]

$$\begin{aligned} \Delta_n(\omega^2) &= (a_{n-1} + a_n - m_n \omega^2) \Delta_{n-1}(\omega^2) - a_n^2 \Delta_{n-2}(\omega^2) \\ k &= 2, 3, \dots, n, \Delta_0 = 1, \end{aligned} \quad (1.9)$$

что существенно облегчает получение уравнений частот при больших числах сосредоточенных масс.

2. Пусть теперь основание системы колеблется в направлении оси y по закону $y_0(t)$.

Заменяя в уравнения (1.4) $\ddot{y}_i$ через $\ddot{y}_i + \ddot{y}_0$, получим уравнения вынужденных колебаний в виде:

$$m_{n-1} (\ddot{y}_{n-1} + \ddot{y}_0) + a_{n-1} (\dot{y}_{n-1} - \dot{y}_{n-2}) - a_n (\dot{y}_n - \dot{y}_{n-1}) = 0. \quad (2.1)$$

Для нахождения решения системы (2.1) заменим в них неизвестные величины y_i через обобщенные координаты q_i следующим образом:

$$y_i = \sum_{k=1}^n C_{ik} q_k(t), \quad (2.2)$$

где C_{ik} определяются из уравнений (1.7). Подставив выражения (2.2) в уравнения (2.1), получим систему уравнений относительно новых координат q_k :

$$m_{n-1} \left(\sum_{k=1}^n C_{n-1,k} \ddot{q}_k + \ddot{y}_0 \right) + a_{n-1} \left(\sum_{k=1}^n C_{n-1,k} \dot{q}_k - \sum_{k=1}^n C_{n-2,k} \dot{q}_k \right) - a_n \left(\sum_{k=1}^n C_{n,k} \dot{q}_k - \sum_{k=1}^n C_{n-1,k} \dot{q}_k \right) = 0, \quad (2.3)$$

Умножив (2.3) на C_{ij} и суммируя все уравнения получим:

$$\sum_{i=1}^n C_{ij} m_{n-1} \left(\sum_{k=1}^n C_{n-1,k} \ddot{q}_k + \ddot{y}_0 \right) + \sum_{i=1}^n C_{ij} \left(a_{n-1} \sum_{k=1}^n C_{n-1,k} \dot{q}_k - \sum_{k=1}^n C_{n-2,k} \dot{q}_k \right) - \sum_{i=1}^n C_{ij} \left(a_n \left(\sum_{k=1}^n C_{n,k} \dot{q}_k - \sum_{k=1}^n C_{n-1,k} \dot{q}_k \right) \right) = 0. \quad (2.4)$$

Используя условия взаимности виртуальных работ (теорема Бетти) в виде [2]

$$m_1 C_{1i} C_{1k} + m_2 C_{2i} C_{2k} + \dots + m_n C_{ni} C_{nk} = 0 \quad (2.5)$$

и соотношение (1.7), получим:

$$\ddot{q}_j + \omega_j^2 q_j = - \frac{\sum_{k=1}^n C_{ki} m_k}{\sum_{k=1}^n C_{ki} m_k} \ddot{y}_0 \quad (2.6)$$

При составлении дифференциальных уравнений влияние внутреннего трения не учтено. Однако, если рассеяние энергии при колебаниях принять по гипотезе Е. С. Сорокина в форме А. Г. Назарова [3], то дифференциальные уравнения (2.6) с учетом рассеяния энергии будут:

$$\ddot{q}_j + e^{\alpha_j/\omega_j} \dot{q}_j = - \frac{\sum_{k=1}^n C_{kj} m_k}{\sum_{k=1}^n C_{kj} m_k} \ddot{y}_0, \quad (2.7)$$

где α_j — коэффициент внутреннего трения.

Общее решение уравнения (2.7) будет:

$$q_j(t) = e^{\frac{\alpha_j/\omega_j}{2} t} \left(A_j \sin \omega_j t + B_j \cos \omega_j t \right) - \frac{1}{\omega_j} \frac{\sum_{k=1}^n C_{kj} m_k}{\sum_{k=1}^n C_{kj}^2 m_k} \times \\ \times \int_0^t y_0(u) e^{-\frac{\alpha_j}{2\omega_j}(t-u)} \sin \frac{\omega_j}{2}(t-u) du \quad (2.8)$$

При заданном законе движения основания $y_0(t)$ легко по формулам (2.8) и (1.2) определить перемещения $y_i(t)$, а также полные перемещения $y_i(t) + y_0(t)$ и, следовательно, силы инерции при колебаниях. Однако можно определить силы инерции без предварительного знания закона движения основания $y_0(t)$. В самом деле, при колебаниях силы инерции находятся в равновесии с упругими силами следующим образом*:

$$m_k (\ddot{y}_k + \ddot{y}_0) + R_{k1} y_1 + R_{k2} y_2 + \dots + R_{kn} y_n = 0, \quad (2.9)$$

где R_{kr} — сила действующая в точке k , если в точке r выбран единичный прогиб. На основании (2.9) для сейсмической нагрузки в точке k получим:

$$S_k = m_k (\ddot{y}_k + \ddot{y}_0) = - \sum_{r=1}^n R_{kr} y_r. \quad (2.10)$$

Подставив сюда значения (2.2) и (2.8) и принимая, что при $t=0$, $y_i = \dot{y}_i = 0$, будем иметь:

$$S_k = - \sum_{r=1}^n \left(\frac{\sum_{i=1}^n C_{ir} m_i}{\sum_{i=1}^n C_{ir}^2 m_i} \right) \left(\sum_{i=1}^n C_{ir} R_{ki} \frac{1}{\omega_r} \times \right.$$

* Здесь пренебрегаются силы неупругого сопротивления.

$$\times \int_0^t \ddot{y}_0(u) e^{-\frac{\alpha_r}{T_r}(t-u)} \sin \frac{2\pi}{T_r}(t-u) du \Bigg) \quad (2.11)$$

При свободных колебаниях из (2.9) видно, что имеет место соотношение:

$$\sum_{i=1}^n C_{ir} R_{ki} = -m_k \omega_r^2 C_{kr} \quad (2.12)$$

поэтому по формуле (2.11) получим:

$$S_k = m_k \frac{\sum_{i=1}^n C_{ir} m_i}{\sum_{i=1}^n C_{ir}^2 m_i} \times \frac{2\pi}{T_r} \int_0^t \ddot{y}_0(u) e^{-\frac{\alpha_r}{T_r}(t-u)} \sin \frac{2\pi}{T_r}(t-u) du, \quad (2.13)$$

где $T_r = \frac{2\pi}{\omega_r}$ — период r -го тона свободных колебаний. Отметим, что в выражение (2.13) входит один и тот же интеграл

$$F(T_r, \alpha_r, t) = \frac{2\pi}{T_r} \int_0^t \ddot{y}_0(u) e^{-\frac{\alpha_r}{T_r}(t-u)} \sin \frac{2\pi}{T_r}(t-u) du, \quad (2.14)$$

характеризующий действия данного землетрясения на упругий маятник с периодом T_r и коэффициентом внутреннего трения α_r .

3. Рекуррентное соотношение (1.9), для сооружений, имеющих равные сосредоточенные массы, расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга при неизменной жесткости сооружения по высоте (обычные жилые здания), принимает вид

$$\Delta_n(p) = (2-p)\Delta_{n-1}(p) - \Delta_{n-2}(p), \quad (3.1)$$

Частотные уравнения для сооружений, имеющих до пяти этажей, соответственно принимают вид:

$$\begin{aligned} \text{при } n=1 & \quad -p+1=0; \\ \text{при } n=2 & \quad p^2-3p+1=0; \\ \text{при } n=3 & \quad -p^3+5p^2-6p+1=0; \\ \text{при } n=4 & \quad p^4-7p^3+15p^2-10p+1=0; \\ \text{при } n=5 & \quad -p^5+9p^4-28p^3+35p^2-15p+1=0. \end{aligned} \quad (3.1)$$

где

$$p = \frac{\pi l}{\pi F G I} m^2; \quad (3.3)$$

 m — масса сосредоточенной нагрузки; l — расстояние между массами;

kFG — обобщенная жесткость эквивалентной фиктивной балки, работающей на сдвиг. Для рамных конструкций $\frac{l}{kFG}$ можно заменить величиной $\frac{\rho}{12EI}$, где E — модуль упругости, а I — суммарный момент инерции стоек.

Корни уравнений (3.2), которые легко вычислить по методу Лобачевского — Грегге [3], следующие:

$$\begin{aligned} \text{при } n=1 & \quad p_1=1; \\ \text{при } n=2 & \quad p_1=0,382, \quad p_2=2,618; \\ \text{при } n=3 & \quad p_1=0,198, \quad p_2=1,555, \quad p_3=3,252; \\ \text{при } n=4 & \quad p_1=0,121, \quad p_2=1, \quad p_3=2,345, \quad p_4=3,528; \\ \text{при } n=5 & \quad p_1=0,0811, \quad p_2=0,686, \quad p_3=1,663, \\ & \quad p_4=2,822, \quad p_5=3,659. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Причем имеет место соотношение $\sum p_i = 2n - 1$

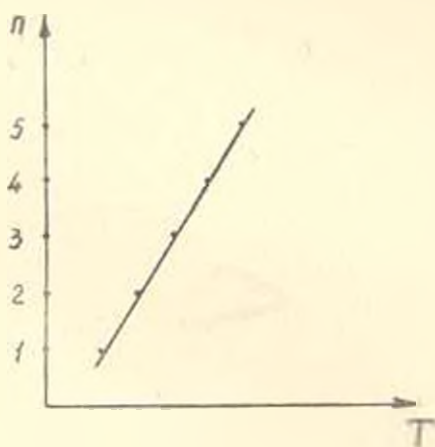


Рис. 2.

На рис. 2 показана зависимость периода свободных колебаний основного тона T от этажности здания. Такую прямолинейную зависимость периода от высоты здания на основании натурных измерений рекомендуют Калифорнийские нормы [6] в виде

$$T = 0,05 \frac{H}{b},$$

где H — высота здания; b — ширина здания в рассматриваемом направлении.

Часто возникает вопрос, можно ли здание рассматривать как брус постоянного сечения с преобладанием деформации сдвига. С этой целью были определены частоты колебаний бруса со сосредоточенными массами и эквивалентного бруса с распределенной массой (рис. 3). Для бруса с распределенной массой частоты определены по формулам

$$p_i = \frac{2i-1}{2} \sqrt{\frac{kFG}{m}}$$

Результаты этих вычислений показывают, что для сооружений, этажность которых выше четырех, при определении частоты первого и

второго тонов их можно с точностью до 10-15% рассматривать как брус постоянного сечения с равномерно распределенной массой при учете только деформации сдвига.

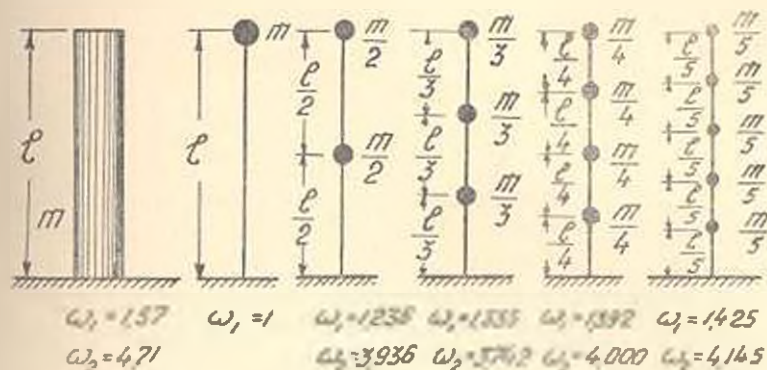


Рис. 3.

Для получения представления о распределении инерционных сил по высоте сооружения в приводимой таблице даются значения коэффициентов

$$\zeta_{kr} = C_{kr} \frac{\sum_{i=1}^n C_{ir} m_i}{\sum_{i=1}^n C_{ir}^2 m_i} \quad (3.5)$$

Заметим, что для коэффициентов ζ_{kr} имеем

$$\sum_{r=1}^n \zeta_{kr} = 1 \text{ для } k = 1, 2, \dots, n.$$

Число этажей	По первой форме					По второй форме				
	ζ_{11}	ζ_{21}	ζ_{31}	ζ_{41}	ζ_{51}	ζ_{12}	ζ_{22}	ζ_{32}	ζ_{42}	ζ_{52}
$n=1$	1									
$n=2$	0.723	1.170				0.276	-0.170			
$n=3$	0.513	0.978	1.220			0.353	0.160	-0.283		
$n=4$	0.433	0.813	1.095	1.236		0.333	0.333	0	-0.333	
$n=5$	0.357	0.685	0.957	1.152	1.250	0.298	0.392	0.217	-0.107	-0.365

Число этажей	По третьей форме					По четвертой форме				
	ζ_{11}	ζ_{22}	ζ_{33}	ζ_{44}	ζ_{55}	ζ_{14}	ζ_{21}	ζ_{34}	ζ_{41}	ζ_{54}
$n=3$	0.106	-0.133	0.059							
$n=4$	0.184	-0.063	-0.162	0.120		0.052	-0.080	0.070	-0.027	
$n=5$	0.205	0.069	-0.182	0.131	0.162	0.107	-0.088	-0.034	0.116	-0.063

Четырехэтажное здание

$S_1=0,68540$	при $t/T_1=0,06$
$S_2=0,57363$	. 0,13
$S_3=0,52898$	. 0,20
$S_4=0,78665$	. 0,28
$S_4+S_3=1,061573$	. 0,24
$S_4+S_3+S_2=1,08637$	. 0,18
$S_4+S_3+S_2+S_1=1,05172$	. 0,11

Пятиэтажное здание

$S_1=0,71160$	при $t/T_1=0,05$
$S_2=0,64283$	. 0,11
$S_3=0,53512$	. 0,17
$S_4=0,48541$	. 0,22
$S_5=0,74178$	. 0,28
$S_5+S_4=1,04918$	. 0,25
$S_5+S_4+S_3=1,12208$	. 0,20
$S_5+S_4+S_3+S_2=1,08716$	. 0,14
$S_5+S_4+S_3+S_2+S_1=1,04714$	. 0,09

При учете только первой формы свободных колебаний максимальные значения сейсмических сил в основании сооружения будут равны:

$$\begin{aligned} \text{при } n=1 \quad S_1 &= 0,93962 \\ \text{при } n=2 \quad \sum_{i=1}^2 S_i &= 1,09639 \\ \text{при } n=3 \quad \sum_{i=1}^3 S_i &= 1,14539 \\ \text{при } n=4 \quad \sum_{i=1}^4 S_i &= 1,16888 \\ \text{при } n=5 \quad \sum_{i=1}^5 S_i &= 1,17828 \end{aligned}$$

Приведенные числовые данные показывают, что максимальные значения сейсмических нагрузок в основании сооружения при сейсмическом ударе почти не зависят от этажности здания как при учете только первой формы колебания, так и с учетом высших форм колебаний.

Эпюры перерезывающих сил, как показывает рис. 4, мало изменяются по высоте. Такой результат нами был получен и для бруса постоянного сечения с равно-

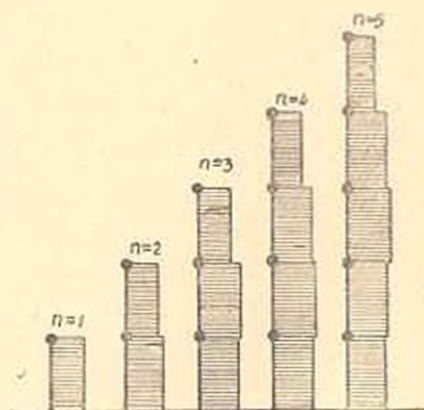


Рис. 4.

мерно распределенной массой при учете только деформаций сдвига [5].

Армянский НИИ
стройматериалов и сооружений

Поступило 27.XI 1959

Է. Ե. ԽԱՇԻԱՆ

ՆԵՐՎԱՆՈՐԴԱՅԻՆ ՈՒՖՈՐՄԱՆԻՆ ՏԱԿ ԽՈՒՋԳԱԿԱՆ ՍԻՍՏԵՄԻ ԳԻՆՎԱՐԿԱԿԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ՇՈՒՐՁԸ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հոդվածում ուսումնասիրվում են նկ. 1 բերված առաձգական սիստեմի դինամիկական տատանումները, երբ սիստեմի հիմնատակը տատանվում է կամայական օրենքով: Սիստեմի սեփական տատանումների հաճախությունները օրվում են (1.4) տեսքով, որը թույլ է տալիս ստանալու հաճախականությունների (2.9) սկիզբնետ բանաձևերը: (2.2) բանաձևերով անցնելով թնդահանրացված կոորդինատների և օգտագործելով հնարավոր աշխատանքների փոխադարձկիսություն (2.5) սլոյմանք, ստացված են ստիպողական տատանումների (2.6) հաճախությունները:

Սելամիկ ուժերի (տատանումների ժամանակ առաջացող իներցիան ուժերը) հաշվման համար օգտագործվում են (2.9) հաճախությունները: Որոշ ձևափոխություններից հետո սելամիկ ուժերի համար, ստացված են (2.13) փերջական բանաձևերը: Ուսիրական բնակելի շենքերի համար, որոնց դեպքում բոլոր կենտրոնացած մասսաները հախասար են իրար և դրսվում են իրարից հախասար հեռավորությունների վրա, հաճախականությունների հախասարություններից ստացված են (3.1) սլարդ սկիզբնետ հախասարությունները:

Մինչև 5 հարկ ունեցող շենքերի համար, ստացված են հաճախականությունների (3.2) հախասարությունները: (3.4) արտահայտությունները տալիս են այդ հախասարությունների լուծումները:

Ահետևանք ընդունելով, որ սիստեմի հիմքում տեղի ունի սելամիկ հարված, սելամիկ ուժերի համար ստացված են (3.9) բանաձևերը: Նկ. 3 օրվում են կորոդ ուժերի էպլուրաները համապատասխանաբար մինչև 5 հարկ ունեցող շենքերի համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гантмахер Ф. Р., Крейн М. Г. Осцилляционные матрицы и ядра и малые колебания механических систем. Гостехиздат, 1950.
2. Пановко И. Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. Машиноз, 1957.
3. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Изд. АН Армянской ССР, 1959.
4. Крылов А. И. Лекции о приближенных вычислениях. Гостехиздат, 1950.
5. Хачиян Э. Е. Известия АН Армянской ССР (серия тех. наук), т. X, № 6, 1957.
6. Lateral Forces of Earthquake and Wind, By Joint Committee of the San Francisco California Section, ASCE and the Structural Engineers Association of Northern California (Proceedings American Society of Civil Engineers, April, 1951, vol. 77, Separate № 66).

ГИДРОТЕХНИКА

И. В. ЕГНАЗАРОВ

ВОЗМОЖНОСТЬ ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ЭКОНОМИИ ВОДНЫХ
РЕСУРСОВ ДЛЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И МОНОМОЛЕКУЛЯРНАЯ ЗАЩИТНАЯ ПЛЕНКА ДЛЯ БОРЬБЫ
С ИСПАРЕНИЯМИ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМОВ, ОЗЕР
И ВОДОХРАНИЛИЩ

I. В в е д е н и е

В СССР, южнее 55° северной широты, потери воды на испарения с водной поверхности обычно превышают то количество воды, которое выпадает в виде осадков на эту поверхность.

Для наших южных республик, т. е. южнее 50° северной широты, это соотношение еще более резкое, в особенности для месяцев наибольшего испарения.

Тогда как для Онежского и Чудского озер отношение годового испарения к осадкам составляет 0,5 и 0,6, для Каспийского моря получается 5,75, для Аральского моря—11,0, для Балхана—7,4, для Иссык-Куля—3,1, для Кудундинского озера—3,3 и для озера Севан—2,0 (1900 м над уровнем моря). Еще более резкая картина получается для отдельных месяцев с наибольшими испарениями. Так, для оз. Севан в среднем многолетнем для осенних месяцев это отношение получается до 4,0.

Величина испарений с водной поверхности у нас доходит до 1330 мм в год для озера Балхан, 1000 мм для Каспийского моря, 770 мм для озера Севан, и, по-видимому, около 1000 мм для водоемов Араратской котловины, а в США годовое испарение с водной поверхности колеблется в пределах 1200—2400 мм, а в Техасе даже до 3300 мм (в штате Оклахома испарение с прудов в 10 раз больше полезно используемого объема воды) [30,8р]¹.

В США 1300 водохранилищ и озер имеют испарение, превышающее ежегодно 90 млрд. куб. м, и 1,5 млн. водоемов, имеющих испарение больше 10 млрд. Следовательно, всего испарение составляет более 100 млрд. куб. м [8р].

Если 40% этих испарений могут быть сохранены мерами соответствующей борьбы (см. ниже), то это составит огромную цифру в

¹ Индекс р—означает ссылку на литературу на русском языке.

40 млрд. куб. м (Дресслер и Иоханзон [30], исходя из 40%, определяют вероятную экономию испарений в 80 млрд. куб. м).

По неполным данным, суммарная площадь озер СССР (кроме Каспийского моря, площадь которого составляет 400 млрд. кв. м) составляет 300 млрд. кв. м (16 000 озер), и действующие водохранилища дают еще 25 млрд. кв. м. По прудам-водоемам данные очень неполные, и эти имеющиеся данные составляют ничтожную долю названных выше цифр.

Так как нас в данном случае интересуют площади водной поверхности с большим испарением, т. е. площади, расположенные южнее 55° северной широты, то можно осторожно исходить из $\frac{1}{2}$ общей площади для СССР, т. е. из 100 млрд. кв. м.

Испарения с наших водоемов (по Зайкову) изменяются от 600 до 1000 мм для территории между 55 и 48° северной широты и от 1000 до 1700 мм для территорий южнее, т. е. от 48 до 36° широты.

Исходя из испарения 800 мм, получим с принятой для иллюстрации $\frac{1}{2}$ всей площади испарение в 80 млрд. куб. м, и возможную экономию воды в 30 млрд. куб. м.

Для Армянской ССР имеются более точные данные: в части, относящейся к озеру Севан, величина испарений составляет в среднем ежегодно 750 мм или 1,0 млрд. куб. м, а вероятная экономия — около 0,4 млрд. куб. м. ежегодно, если исходить из данных, принимаемых в США [30].

В Армянской ССР площадь водоемов (кроме оз. Севан) составляет около 24 кв. км, а площадь планируемых водохранилищ — еще 90 кв. км, что при 1000 мм приводит к испарениям с поверхности всех водоемов и водохранилищ около 0,12 млрд. куб. м, и следовательно, возможная экономия в испарениях составит около 0,45 млрд. куб. м, вместе с оз. Севан.

Из приведенных очень приближенных цифр, которые говорят только о порядке величин, видно, что борьба с испарениями, если возможно ее эффективное и экономическое осуществление (см. ниже), равноценна получению нового мощного источника воды и поэтому заслуживает и срочного изучения и срочного осуществления.

Достаточно отметить, что только для озера Севан речь идет о получении дополнительных 400 млн. куб. м воды, получение которых переброской тоннелем из верховьев бассейна р. Арпы оценивается капиталовложениями больше 360 млн. руб. (по новым подсчетам АрмГНДЭПа).

Борьба с испарением с водных поверхностей может осуществляться либо уменьшением площади зеркала такой поверхности, что противоречит стремлению к использованию водоема как энергетического, многолетне регулирующего водохранилища, либо покрытием водной поверхности такой пленкой, которая препятствовала бы испарению.

Еще 20—30 лет тому назад делались предложения о покрытии водной поверхности нефтяной пленкой, но они были отвергнуты по причинам, изложенным ниже.

Тогда же были начаты исследования по покрытиям водной поверхности мономолекулярной пленкой органических соединений, содержащих группу гидроксильную. Эти соединения образуют на воде мономолекулярную пленку, но, как показали многочисленные исследования за рубежом последних 5—7 лет (см. библиографию в конце), только жирные, цетиловые спирты, гекса- и октодеканолы создают такую пленку, которая эффективно и экономически выгодно уменьшает испарения. Стоимость сохраненного кубического метра воды определяется в 2—0,5 цента (цент—одна сотая доллара). У нас в СССР хотя и проводились лабораторные физико-химические исследования [1р—7р], но они не были перенесены в натуру и не вышли за пределы химических учреждений. Вместе с тем учреждения СССР, связанные с изучением и использованием водных ресурсов, Главное управление гидрометеорологической службы с его научными учреждениями и энергетические, водно-энергетические научные учреждения и министерства, — хотя и признают значение этого вопроса, но до сих пор не занимались его изучением.

Несколько иное положение в мелноративных учреждениях СССР. Комитет по ирригации Министерства сельского хозяйства СССР, совместно с Всесоюзным институтом гидротехники и мелиорации того же министерства и с институтами органической химии (чл.-корр. АН СССР А. Д. Петров) и физической химии АН СССР, (акад. П. А. Ребиндер) ведут поиски новых, еще более качественных препаратов, чем гексадеканол.

Целью настоящей статьи является расширение постановки этого вопроса для СССР и для проблемы озера Севан (Армения) в частности, а также ознакомление общественности с основными результатами опубликованных за рубежом работ (свыше 100 названий). В разделе 2 приводится попытка автора охватить формулами связь между факторами определяющими: расход химиката для создания защитной пленки, его стоимость, возможная экономия, величина испарения в некотором анализ этих связей в первом приближении. В разделе 3 и в последующих (до раздела 9 включительно) дан в систематическом порядке обзор опубликованных литературных данных, затрагивающих физико-химическую сторону вопроса. В разделе 10 показано, в виде иллюстрации, в цифрах, значение борьбы с испарениями для Армянской ССР и для СССР и необходимость срочного изучения всего вопроса. В разделе 11 сделана попытка составить план срочных работ по рассматриваемому вопросу, в первом приближении, и в конце дана библиография, 105 названий, по вопросу о борьбе с испарениями с водной поверхности созданием мономолекулярной пленки, послуживших для составления обзора (разделы 3—9).

В связи с отмеченным выше, составление детального плана работ по этому вопросу необходимо координировать с Комитетом по пригласиям и институтам ВСХ АН и АН СССР.

Считаю необходимым выразить благодарность за консультацию и помощь химической, полученную от Института органической химии АН Армянской СССР (докт. А. Т. Бабалян и директор института А. М. Гаспарян), за сведения любезно сообщенные чл.-корр. АН СССР А. Д. Петровым (Институт органической химии АН СССР), а также любезно предоставленные библиографические сведения и возможность ознакомления с материалами, со стороны Гидротехнического общества Франции и ее Управления электричеством (проф. Ж. Ремениерас), и Бюро мелiorации США (Х. По.).

2. Определение расхода и стоимости органических веществ для создания мономолекулярной пленки, уменьшающей испарение с водной поверхности

Если n — норма расхода химиката в граммах на квадратный метр водной поверхности в сутки, k — стоимость 1 килограмма, N — число суток, а F — площадь водной поверхности в квадратных метрах, то расход химиката в килограммах составит:

$$\frac{nFN}{1000} \text{ кг.} \quad (1)$$

а стоимость

$$\frac{k \cdot nFN}{1000}$$

Если H — величина годовых испарений с водной поверхности в метрах, то величина испарения составит HF кубических метров, и если p — процент экономии испарений в долях единицы, а (κ) — доля покрытия водной поверхности пленкой, зависящая от ветра, то количество сохраненной от испарения воды равно $\kappa p FH$ куб. м.

Следовательно, расход химиката на 1 куб. м сохраненной воды равен

$$\kappa_{\text{из}} = \frac{nN}{1000H\kappa p} \quad (2)$$

т. е. не зависит от F , если в свою очередь n не зависит от F , но зависит от H и от κp .

Стоимость одного кубического метра сэкономленной воды равна

$$\kappa_{\text{в}} = \frac{k \cdot n N}{1000 \kappa p H} \quad (3)$$

Но испарения распределяются с большой неравномерностью в течение года, и поэтому частное $H:N$, если расчет должен быть произведен по месяцам, должно быть скорректировано коэффициентом годовой неравномерности $\beta = 12 \frac{H_{\text{max}}}{H}$. Следовательно,

$$K_0 = 0,030 \frac{K_1 \cdot n}{K \cdot r} = \frac{1}{n_{\min}} \quad (4)$$

где для случая борьбы с испарениями в течение всего года $\beta = 1$.

Даже если K_1 , n и r рассматривать как постоянные, в условиях повышенного (K), то K_0 будет тем меньше, чем больше испарения в рассматриваемом месяце (обратная пропорциональность). Поэтому даже если для круглогодичной борьбы с испарениями K_0 получается нежелательно большим, то, выделяя месяцы с наибольшим испарением, можно значительно снизить величину K_0 и, следовательно, проводить борьбу с испарениями в течение той части года, когда испарения велики, если условия по ветру одиноковы.

То же относится и к многолетним колебаниям испарения. Экономические расчеты, основанные на уравнении (4), могут показать, что в течение ряда лет с высокой температурой будет выгодно в некоторые годы вести борьбу с испарениями в течение всего года, а в течение других холодных лет — только в месяцы наибольших испарений.

Наибольшее значение для рассматриваемого вопроса имеет величина n — нормы расхода химикатов, которая зависит от теоретически возможной нормы, но которая изменяется в зависимости от F и r , так как связана с давлением в пленке, от скорости ветра v , от параметра бактериологического воздействия ψ и от параметра способа подачи химикатов в воду ϕ .

Т. е.

$$n = n_{\min} \cdot a(F, r, v, \psi, \phi) \quad (5)$$

Произведение $\frac{K_1 \cdot n}{r}$ не может изменяться в больших пределах, так как если изменяется (n), то соответственно изменяется и (r). Если в зависимости от чистоты продукта и необходимых примесей изменяется K_1 , то соответственно изменяется и отношение $\frac{n}{r}$.

Возможно, что грубо дробь $\frac{K_1 \cdot n}{r}$ окажется приблизительно постоянной величиной.

От этих общих соображений перейдем, для определения числовых значений величин n , r и K_1 и для выяснения изменяемости n и r в зависимости от природных условий, в первом приближении, к обзору тех данных, которые получены в результате опытов за рубежом за последние годы.

Эти данные позволяют нам привести цифровые результаты подсчетов для условий СССР, в частности для условий Армянской ССР и, что особенно интересно и важно, для озера Севан, в разделе 10.

3. Химия и физика мономолекулярной пленки, образуемой цетиловыми спиртами (окто- и гексадеканол) на водной поверхности, и создание энергетического барьера, затрудняющего испарение с этой поверхности

Жирные кислоты и главным образом жирные (цетиловые) спирты, октодеканоль (stearyl alcohol) $\text{CH}_2(\text{CH}_2)_8\text{OH}$, и гексадеканоль (cetyl alcohol) $\text{CH}_2(\text{CH}_2)_{14}\text{OH}$, с C_{12} — C_{18} цепочками углерода, типичны для образования мономолекулярной пленки на водной поверхности [30]. Они имеют одну гидроксильную группу (ОН). Этот гидроксил аналогичен гидроксиду воды и стимулирует соединение конца цепочки с молекулами поверхности воды. Плотное расположение молекул этого вещества, обеспечиваемое достаточным его количеством, препятствует выскакиванию молекул из воды, с ее поверхности, т. е. препятствует испарению [30, 42]. Толщина этой пленки составляет только 0,000015 [8p, 96]—0,000025 м [30].

Цетиловые спирты, окто- и гексадеканолы, в виде белых порошкообразных кристаллов, при соприкосновении с водой интенсивно образуют мономолекулярную бесцветную пленку, саморасплывающуюся (spreading) по водной поверхности.

Предполагается, что молекулы жирной пленки располагаются перпендикулярно к водной поверхности с гидроксидом (ОН) внизу [1, 30, 42, 96].

Растворимость пленки в воде ничтожна — 0,0002 части на миллион [72]; ничтожна и испаряемость [1, 42].

Для жирных спиртов установлено, что сопротивление пленки молекулам воды зависит от напряжения в пленке и тем больше, чем больше это напряжение [11, 96]. Наличие пленки цетилового спирта увеличивает общее сопротивление примерно в три раза. В соответствии с этим мономолекулярная пленка должна теоретически уменьшать испарение на 70% [69]. Лангмюир постулировал существование энергетического барьера для испарений при наличии мономолекулярной пленки. Для непрерывности такого барьера пленка должна находиться в напряженном состоянии, обеспечивающим давление внутри пленки, измеряемое динами на сантиметр. Это давление не должно быть меньше 10 *дин/см* [96]. К таким результатам и выводам пришли за последние пять лет.

Более ранние физико-химические исследования жирных кислот и части спиртов, Хедестранда [48], Рейлиля [83], Лангмюира Д. и Н. [62], Лангмюира и Шефера [63] и русских ученых Тельда и Ткачева [1p], Скляренко и Бараневши [2p, 4p], Ребиндера [3p, 4p], Глазова [6], Хейнмана [7] показали, что не все жирные кислоты и спирты обладают отмеченными выше положительными особенностями.

Особенно интенсивное изучение различных соединений произведено за последние несколько лет. Так, Юго-американский исследовательский институт (США, Техас) обследовал 150 химических и пришел к

выводу, что только окто- и гексадеканолы, т. е. цетиловые спирты, заслуживают серьезного внимания [42].

Жирные кислоты образуют на воде твердый мономолекулярный слой, обладающий некоторой прочностью на сдвиг; но такой слой образует трещины при малейшем движении, которые не заживают и благодаря которым не получается защиты от испарений [96]. Цетиловые спирты не отличаются этими отрицательными качествами.

В целях борьбы с испарениями делались также предложения о покрытии водной поверхности толкой и тонкой нефтью. Толщина такой пленки в 50 с лишним раз больше мономолекулярной пленки цетиловых спиртов. Такая пленка обладает жесткостью, и частицы пыли образуют капилляры, способствующие испарению воды. Предложение использовать нефтяную пленку было запатентовано Нельсоном в 1939 г.; Файном было предложено покрытие водной поверхности тонкими пластмассовыми покрытиями. Все такого рода предложения неэффективны по существу и не могут быть оправданы экономически [30, 42].

Все жирные пленки способствуют успокоению водной поверхности, и поэтому в целом ряде случаев жирные кислоты приводили к некоторой экономии испарений, которая связана только с таким успокоением [7p].

4. Сохранность мономолекулярной пленки, возможность ее детектирования и длительность ее существования

Сохранность мономолекулярной пленки обязательна для получения экономии на испарении с водной поверхности.

В различных условиях получаются резко различные значения этой экономии, что объясняется упрощенными методами образования пленки, ее содержания и детектирования, т. е. определения ее наличия и состояния.

Если бросить на воду щепотку порошка камфоры (шпатель), то при наличии пленки порошок не перемещается; при отсутствии пленки порошок рассеивается, гашуется. Можно вместо камфоры использовать порошкообразный жирный спирт. Так же можно пользоваться каплей водной суспензии спирта [30, 96].

Но такое определение только наличия и отсутствия пленки недостаточно, и этим объясняются полученные большие колебания в экономии испарений.

В связи с отмеченным выше влиянием давления на пленку (напряженного состояния) на ее состояние и на образование энергетического барьера необходимо детектирование пленки с определением этого давления (Бюро мелиорации США—[12—16]).

Для такого определения может служить додециловый спирт, который рассеивается, если давление не соответствует его концентрации. Концентрация 0,0, соответствует давлению пленки в 5 *дин/см*. для 10 *дин*—концентрация 0,06, для 20 *дин*—1,0, для 30 *дин*—10,0 [96], 3. Изв. ТН. № 3

Как будет видно ниже, мономолекулярная пленка подвергается со временем разрушению, и поэтому давление в пленке непрерывно падает, вплоть до ее исчезновения. Поэтому практиковавшееся до 1957 г. спорадическое возобновление пленки и является причиной значительного колебания величины экономии испарений в целом (большом) ряде опубликованных опытов. Становится ясным почему Бюро мелиорации США перешло к непрерывному восстановлению не только самой пленки, но и к непрерывному восстановлению давления в пленке.

Поэтому от подачи в воду гексадеканоля в твердом виде сетчатыми поплавками на якорях в зернистой или хлопьеобразном (для увеличения поверхности) виде перешли к подаче в виде мелкой водяной суспензии с огромной развитой поверхностью, способной мгновенно образовать всю пленку и поддерживать ее давление [30, 96].

К таким опытам, не учитывавшим значения поддержания давления в пленке, относятся опыты Геологического управления США на водоеме в 12000 кв. м, которые показали: при подаче октодеканоля 0,25 кг на 1000 кв. м экономия в испарениях в среднем за 10 дней составила 4%; при подаче 2,25 кг на 1000 кв. м — 9%; при подаче 2,25 кг гексадеканоля на 1000 кв. м в течение трех недель экономия составила 18%. Температура воды под пленкой поднялась на 1,8°C [42]. Эти результаты косвенно указывают на влияние давления в пленке, но относятся к прерывистой зарядке химикалия один раз в 10 и 20 дней.

Опыты в июне 1956 г. в Техасе показали, что октодеканоль лучше, чем гексадеканоль и по экономии испарений, и по длительности жизни пленки. Оба вещества давали значительную экономию порядка 8—9 дней и очень большую начальную экономию [42].

Для непрерывной подачи гексадеканоля в озерных условиях, при наличии судоходства, были использованы суда. Простое приспособление к водяному насосу судовой машины дает струю поды через бак с гексадеканолем и направляет в озеро. Рассеивание вещества происходит в следе судна, и площадь и программа подачи может контролироваться. В 1957 г. (летом и осенью) этот метод использован с баком, наполненным порошкообразным гексадеканолем и защитными химикалиями в водяном растворе (суспензия), на озере в 20 000 кв. м в Центральном Иллинойсе [85].

Влияние ветра. При пленках, образованных на водоемах и озерах, наблюдается скольжение пленки и обволкивание плавающих тел у берегов [1]. От действия волн пленка сжимается и расширяется, но не разрушается, как жесткая нефтяная пленка. После нарушения легко восстанавливается. Имеются указания Мансфильда, что только при малых ветрах получается большое уменьшение испарения благодаря пленке [72].

Новые исследования Бюро мелиорации США показали, что при легком бризе вызванные им волны стихали после аппликации гекса-

деканоль. По окончании аппликации часть материала оказалась перемещенной в сторону подветренного берега озера Кидс. В общем материал перемещается с водной поверхностью и пленка в подветренном направлении утолщается. Рыбы делают попытки вылавливать гексадеканоль. Твердые, нераспустившиеся крупинки гексадеканоля, отогнанные ветром к берегу, уже не в состоянии образовывать пленку. В результате был улучшен метод аппликации и произведен переход к суспензионной аппликации [14].

Опыты в Техасе с резервуаром—водоемом площадью 200 тыс. кв. м, при температуре воздуха 38–40°C, температуре воды 30°C, влажности 18–30% и ветре от 3 до 7,5 м/с (условие, при котором обычно испарение составляет 12,7 мм/час) дали экономию в 30–40%; подавалась диспергированная эмульсия. В отчете отмечено, что при длительных периодах экономия будет больше. Отмечается также, что если поддерживается постоянная ненарушаемая пленка, то обеспечена экономия 50% и больше.

Влияние бактерий. Для продолжительности жизни пленки очень существенно отношение к ней бактерий и микроорганизмов. Обнаружено, что бактерии *Pseudomonas* и *Alcaligenes* увеличиваются в количестве при пленке. В опытах увеличение составляло от 10 до 50 колоний на миллилитр. Даже такое увеличение незначительно с точки зрения качества воды [66, 96]. Но это увеличение имеет значение для существования пленки, так как указывает на роль пленки в качестве питательной среды. Поэтому Техасский институт делал опыты с гексадеканолем в смеси с соединениями меди, в поисках бактериологического и бактериостатического реагента, который мог бы повлиять на биохимическое окисление [42, 96].

Существенно, что и шарики гексадеканоля, повешанные в сетке, подвергаются биологической деструкции.

Бюро мелиорации США [14] произвело исследования на озерах Кидс (24 000 кв. м) и Хефнер (10 кв. км). Пробы брались раз в неделю. Одна грамм-проба вводилась на нормальный питательный агар. Посев с озера Хефнер дал для *Pseudomonas* три и для *Alcaligenes* четыре колонии на миллилитр, и это число не увеличилось к концу исследования. Но озеро Кидс дало увеличение до 60-ти и 30-ти (но и эти количества ниже нормы для питьевой воды). После прекращения подачи гексадеканоля на 15 дней число колоний упало до двух. Эти виды бактерий появляются в промышленном гексадеканоле и до погружения в воду.

В опытах на озерах Кидс и Хефнер применялся гексадеканоль при таком составе:

Тетрадеканоль—1,1%
Гексадеканоль—91,6%
Октодеканоль—7,3%

В Найроби (Африка) применялся раствор гексадеканоля в керо-

сине с добавкой 3% рассеивающих веществ (spreading agent), а каких — не указано [42].

5. Влияние пленки на качество воды

Специально поставленные еще Мансфильдом в Австралии многочисленные опыты показали, что мономолекулярная пленка гексадеканоля не имеет запаха, цвета, не влияет на кислородный и углекислотный обмен между воздухом и водой, не влияет на флору и фауну акваторий, не токсична и нет основания опасаться вреда для здоровья при использовании водоема для питьевой воды; не мешает проникновению света [1, 14, 30, 42]. Эти исследования проверены департаментом здравоохранения США [8p].

Лабораторные опыты с разными рыбами, акватическими микроорганизмами, с утками, с разными акватическими растениями и газовым обменом показали, что отрицательное влияние получается только для ныряющих (emerge) насекомых. Новые, более развитые, опыты ведутся в университете Колорадо.

Опыты по влиянию пленки гексадеканоля на озерах Кидс и на части озера Хефнер были настолько благоприятны, что позволили перейти к опытам на всем озере Хефнер, которое служит для водоснабжения города Оклахома [96].

6. Опыты с количественным определением влияния пленки гексадеканоля на величину испарения с водной поверхности

Первые опыты, начиная с 1925 г., в лабораторной и полублабораторной обстановке, исследователей, отмеченных выше [27, 30, 48, 62, 63, 83, 3p—7p], приводили к экономии испарений около 50% и производились при одновременной подаче гексадеканоля. Мансфильд [30] в результате трехлетних исследований на резервуарах от 8 до 88 тысяч кв. м получал экономию, которая колебалась в широких пределах — от 0 до 90%, в зависимости от состояния пленки и условий опыта. Бюро меллиорации США [30, 8p] произвело опыты с экономией в 45—64%.

На резервуаре трехметрового диаметра, при одновременной подаче, экономия в течение недели составила 50% в среднем; в начале опыта было 90% [1] и даже до 97% [96]. По другому источнику отмечается снижение потерь на испарение до 65% в лабораторных и 20—30% в полевых условиях, при одновременной подаче гексадеканоля. В Австралии, где исследования с гексадеканолем были впервые поставлены в широком диапазоне Мансфильдом (1952—1956 гг.), считают, что на небольших водоемах снижение испарения нужно считать в 25%, а на больших водохранилищах — в 37% [8]. Вместе с тем есть указания, что опыты Мансфильда [42, 72] на озере площадью 8,4 кв. м привели к разочарованию, без объяснения деталей. В Африке на метеорологической станции Найроби, на четырехфутовых испарителях удалось получить от 50 до 70% экономии испарений при использова-

нии гексадеканоля. На водоеме больше 0,35 кв. км, при обычном испарении, которое составляет 1800 мм и доходит до 3000 мм, экономия составила от 15 до 24%. В условиях Иллинойса [85], на озерах, удавалось экономить в испарениях доводить до 33% в жаркое время и получать 11% в среднем в холодное время года, в условиях единовременной подачи гексадеканоля. Прикладываются графики изменений испарения в течение трех месяцев: августа, сентября и октября 1956 г., с трехкратной подачей гексадеканоля за это время.

Изложенное является далеко не полным перечнем всех результатов опытов, произведенных на разных континентах.

Первые исследования производились на испарителях, покрытых пленкой и не покрытых. Дальнейшие исследования производились на водоемах и на испарителях, а также на частных озерах, покрытых пленкой и не покрытых.

Имеется дискуссия по вопросу об ошибке, вносимой коэффициентами перехода от испарителей к водоемам [45]. Опубликованы исследования с расчетами по тепловому балансу [45, 58] и с определением изменений в температуре воды при наличии пленки. Опыты в Сан-Антонио (США) подтверждают увеличение температуры воды примерно на 2°C при наличии пленки [45, 48].

Харбек [42] в конце статьи, в целом положительно относящийся к результатам использования гексадеканоля, пишет: „Опыты проведенные в Техасе с экономией испарения в 18% вряд ли можно оценивать как практический успех, при расходе гексадеканоля в 2,25 г на кв. м. Если будут найдены методы снижения этой цифры, то мономолекулярная пленка получит все права на использование“.

Это высказывание несколько противоречит приводимым им же данным и не соответствует расходу гексадеканоля при непрерывной подаче и при контроле за давлением в пленке.

В докладе Управлению электричеством Франции Канюс [17] отмечает преждевременность выводов, ввиду того, что опыты, перенесенные в условия больших озер, еще не завершены. Изложенные им на половине страницы данные показывают недостаточное знакомство даже с приведенным выше неполным изложением результатов опытов.

Но, разумеется, нужно отметить, что опыты на озере Хесфнер (10 кв. км) еще не завершены. Поэтому использовать приведенные выше показатели для больших озер можно пока только условно, для иллюстрации того, что возможно получить при благоприятных условиях.

7. Удельный расход гексадеканоля

Все изложенное показывает, что удельный расход гексадеканоля зависит: в первую очередь от величины испарения без пленки, природных условий водоема, его величины, температурных условий, населяющих его микроорганизмов, условий подачи вещества в

воду, возможностей поддержания необходимого давления в пленке, времени ее существования и, как следствие, от величины экономии в испарениях.

Теоретический расход определен Ламером [8p] в $0,0004$ г на кв. м и не зависит от времени. Специальное правительственное издание по определению водных ресурсов США (конец 1957 г., в двух томах) определяет практический расход в $0,00075$ г на кв. м за сутки [1]. Бюро мелиорации США по опытам на озерах Кидс и Хефнер дает от $0,00013$ до $0,00027$, опыты на водохранилище Ретлсбек (Колорадо) дают $0,00062$, опыты в Техасе—от $0,007$ до $0,014$. Получается диапазон изменений от $0,0004$ до $0,0140$, т. е. в 35 раз.

Дресслер и Иоханзон, исходя из опыта Техасской фирмы, изготовляющей гексадеканоль специально для целей борьбы с испарениями, считают, в опубликованном в 1958 г. [30] примере: $0,0147$ г на кв. м в сутки и при этом экономия в испарениях в 40% , т. е. считают в три раза меньше приведенного верхнего предела нормы $\mu = 0,0140$. Поэтому, из осторожности в первом приближении, примем для наших соображений этот верхний предел, в три раза более высокий, чем принято для техасского примера, и в 35 раз больший теоретической нормы (т. е. $0,014$ г на кв. м в сутки) при экономии в испарениях в 40% , в предположении, что покрытая пленкой поверхность не обнажается под влиянием ветра на длительные периоды.

8. Стоимость гексадеканоля

Гексадеканоль может быть получен из животных жиров, растительных масел и из продуктов нефти (парафин) синтетическими процессами. По литературным данным, стоимость 1 кг гексадеканоля составляет (в долларах): Австралия—1,7; Иллинойс (США)—4,5 (в малых количествах); Техас (США)—0,9; США (Ламер)—1,25 [85, 8p].

Директор предприятия Archer—Daniels—Midland Co., Minnesota, Minneapolis, изготовляющего гексадеканоль именно для целей борьбы с испарениями с водной поверхности, А. Иоханзон в совместной статье с Дресслером [31] приводит стоимость гексадеканоля в 1,33 доллара за килограмм. Поэтому именно эта цифра кладется в основу дальнейших рассуждений.

В СССР гексадеканоль пока получается только омылением целлюлозного эфира церотиновой кислоты (кашилотный жир) на заводе им. Вахитова в Казани и применяется для синтеза известного стирального порошка „Новость“ (натриевая соль сульфозфира гексадеканоля). В случае наличия спроса гексадеканоль может изготавливаться в СССР в любых количествах; путем гидрирования стеарина (смесь пальмитиновой и стеариновой кислот), имеющегося в любых жирах; можно получать также гидрированием синтетических кислот (А. Д. Петров).

Цена зависит, в чрезвычайно сильной степени, от чистоты продукта. Химически чистый (реактивный) может стоить до 6000 руб. за килограмм, тогда как технический—6 руб., т. е. в 1000 раз меньше (К. Д. Петров).

Эта стоимость технического гексадеканоля дает величину 4—5-кратную для перехода к доллару, т. е. близка к паритетной стоимости доллара. Поэтому приводимые ниже в центах цифры стоимости 1 куб. м сохраненной воды можно переводить считая стоимость цента по паритету, т. е. 4 коп.=1 центу.

Приводимые для СССР данные не характерны, так как относятся к выпуску небольших количеств, и выше было отмечено, что в малых количествах гексадеканолю в США (Иллинойс) отпускался по цене в три раза более дорогой, чем отпускная цена завода в Миннезоте.

9. Стоимость 1 кубического метра сэкономленной воды

Исходя из приведенных выше цифр, подвергнутых некоторому анализу, для примера, разобранного Дреслером и Иоханзоном [30] для водоема площадью 10 кв. км при обычных испарениях в 1200 мм в год, считая что 70% испарений приходится на шесть летних месяцев и что экономия в испарениях составит 40%, получается стоимость 1 куб. м сэкономленной воды в 1/3 цента (Дреслер и Иоханзон, [30], при норме расхода в 0,0047 г на кв. метр в сутки. При меньшей величине испарений стоимость куб. метра получится больше, а при большем соответственно меньше по зависимости (4).

Дреслером и Иоханзоном исчислены и прочие расходы, как стоимость оборудования, амортизируемого в пять лет, оплата рабочей силы (один сотрудник на 10 точек питания, в месяц 400 долларов), расход энергии, охрана, эксплуатационные расходы. Все эти расходы составили 0,05 цента на 1 куб. м, т. е. в данном случае 15%. При принятой нами норме в 0,014 г на кв. метр в сутки для этого примера получается стоимость одного сохраненного куб. метра воды—1 цент. По другим американским источникам, стоимость 1 куб. м экономии составляет 0,125 цента [1], т. е. в три раза меньше, чем по Дреслеру и Иоханзону, и в восемь раз меньше принимаемой нами цифры в 1 цент; Бюро мелiorации США приводит цифру и в 2 цента. Эта стоимость находится в сильной зависимости от величины испарения и от степени обнажения водной поверхности, и не может рассматриваться как постоянная.

10. В ы в о д ы

Обзор опыта за рубежом и изложенные зависимости, полученные для экономического расчета, позволяют остановиться на некоторых цифрах для практических расчетов, в условиях СССР, которые

разумеется потребуют дальнейших уточнений и исследований (см. ниже).

Приводимые ниже цифры являются условными, так как они исходят из данных по водоемам, площадь которых меньше 10 кв. км.

Влияние ветра и волнений, еще недостаточно изученное, может заметно повлиять на расход химикалия (n) и на величину экономии в испарениях (p).

Приводимые ниже цифры говорят лишь о том, что получится, если данные по водоемам с площадью меньше 10 кв. км распространить и на большие водохранилища и озера.

Такая огонорка существенна и для озера Севан, площадь которого 1400 кв. км и где ветры значительно влияют на испарение.

Поэтому цифры, характеризующие экономику борьбы с испарением, нужно рассматривать как иллюстрацию, показывающую всю значимость вопроса и всю необходимость заняться этим вопросом безотлагательно как для озера Севан, так и для СССР в целом.

Иллюстрация эта нужна и для того, чтобы показать, что в случае подтверждения возможности экономически оправдываемой борьбы с испарениями количество необходимого химикалия настолько велико, что оправдывает создание специальной отрасли промышленности. Это последнее обстоятельство важно потому, что стоимость технического продукта сильно зависит от вырабатываемого количества, а стоимость продукта необходимо максимально снизить.

Если даже для озера Севан оправдаются принятые предположения и можно будет получить 200—400 млн. куб. м сэкономленной воды, то и это не будет означать, что все прочие мероприятия для обеспечения ирригации и гидроэнергетики водой могут отпасть. Ни в коем случае. Многолетние регулирующие возможности озера Севан настолько велики, что до сих пор намеченные мероприятия (использование подземных вод, дополнительные ирригационные водохранилища, переброска воды из верховьев р. Арпы) не могут обеспечить это огромное водохранилище достаточным количеством воды.

Поэтому все, что может дать борьба с испарениями, должно идти на дополнительное расширение регулирующей способности озера.

На основе изложенных в предыдущих разделах данных нет возможности полностью раскрыть зависимость (5) для n —расхода химикалия, и поэтому для предварительных расчетов можно принять:

$n = 0,014$ г на кв. метр в сутки при экономии испарений $p = 0,4$ (см. раздел 7).

Стоимость химикалия принимается в 1,33 доллара за килограмм и не переводится в рубли по причинам, отмеченным выше (см. раздел 8).

Следовательно, формула (4) дает $k_v = \frac{0,14}{H_{\text{мес.}}}$ в центах за 1 куб. м сохраненной воды, если $k = 1$. Если полученное значение использовать для озера Севан, исходя из среднесноголетней величины годовых испарений, $H = 770$ мм, то получим: при $H_{\text{ер. мес.}} = 0,064$ м,

$\kappa_n = 2,2$ цента за 1 куб. м при экономии испарений в 400 млн. куб. м. Для месяца наибольших испарений, сентября, с $H_{мес.} = 105$ мм получим: $\kappa_n = 1,35$ цента за 1 куб. м, а за пять месяцев (VII—XII) с наибольшим испарением получится $H_{мес.} = \frac{0,466}{5} = 0,093$ м, и, следовательно, $\kappa_n = 1,5$ цента за куб. метра при экономии испарений 200 млн куб. м.

Для водоема с испарением в 2000 мм в год получим $\kappa_n = 0,85$ цента за 1 куб. м, а для месяца с наибольшим испарением $\kappa_n = 0,425$ цента, если коэффициент неравномерности испарений $\beta = 2$.

Для иллюстрации приводятся также следующие цифры. Один кубический метр севанской воды дает 2 квч электрической энергии, что при себестоимости энергии в Армянской энергосистеме в 2,1 коп. за киловатт-час составит 4,2 коп. на куб. метр воды. При стоимости электрической энергии на газе на обычных тепловых электростанциях в 6 коп. (Баку) получим 12 коп. на куб. метр воды, а для ТЭЦ на газе для Армянской ССР стоимость энергии исчисляется в 3,3 коп. за киловатт-час, т. е. в 6,6 коп. за 1 куб. м (Институт энергетики и гидравлики АН Армянской ССР).

Для Севана потребуется гексадеканоль согласно формуле (1) 7300 т в год. Если вести борьбу с испарениями в течении пяти месяцев, то расход получится в 3000 т, а для Армянской ССР еще около 600 т ежегодно. Если для СССР принять цифру экономии испарений, приведенную во введении, т. е. 30 млрд. куб. м, то расход гексадеканоля составит много десятков тысяч тонн ежегодно, считая, что борьбу с испарениями можно будет рационально вести в среднем только полгода и что экономически выгодно будет вести эту борьбу на больших озерах.

На водоемах и водохранилищах с небольшой площадью—около 1 кв. км и меньше—можно уже считать борьбу с испарениями экономически выгодной и подлежащей внедрению.

11. Необходимые исследования по применению гексадеканоля для борьбы с испарениями с водной поверхности

Так как значительная экономия испарений при применении мономолекулярной пленки гексадеканоля или октодеканоля не подлежит сомнению, так же как не подлежит сомнению экономичность этого процесса при больших испарениях и для малых водоемов, и так как стоимость одного кубического метра воды, спасенного от испарения, определяется зависимостью (см. выше)

$$\kappa_n = 0,030 \frac{\kappa_n \Pi}{\kappa_p H_{мес.}} ; \quad (4)$$

где норма расхода гексадеканоля

$$n = \varphi(F, p, v, \vartheta, \psi) + n_{\min}. \quad (5)$$

то для условий СССР и, в частности, Армянской ССР необходимы следующие исследования:

1. Определение стоимости гекса- и октодеканолов в условиях СССР и, в частности, Армянской ССР как из животного жира и растительных масел, так и в особенности из синтетических продуктов.

Определение необходимой чистоты продукта и зависимости экономии испарения от чистоты продукта.

Определение зависимости этой стоимости от чистоты продукта, учитывая, что необходимо производство тысяч и даже десятков тысяч тонн ежегодно.

Установление зависимости благоприятных условий получения продукта от районов СССР и возможное влияние транспорта (Компетенция ГНТК и Совнархоза Армянской ССР, а также институтов органической химии, энергетики и гидравлики Академии наук Армянской ССР).

2. Определение условий хранения продукта как в кристаллическом, хлопьеобразном и порошкообразном виде, так и в виде эмульсии. Определение потери веса со временем, условий размножения микроорганизмов и бактерий и их влияния на разрушение продукта. Лабораторное определение нормы расхода продукта в зависимости от бактериологического разрушения (Компетенция Сектора микробиологии и Института тонкого органического синтеза—биохимии—АН Армянской ССР).

3. Определение условий биохимической сохранности мономолекулярной пленки на поверхности воды, в связи с отмеченным п. п. 2, как при различных составах воды, так и в условиях воды озера Севан и других водоемов Армянской ССР. Определение влияния ветра на больших озерах и мер борьбы с обнажением водной поверхности (Компетенция гидробиологической станции озера Севан и Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР).

4. Изучение и разработка методов детектирования пленки и определения ее давления с переходом к теледетектированию, с автоматизацией подачи продукта для поддержания постоянного давления в пленке. Лабораторное определение нормы расхода продукта в зависимости от давления в пленке (Компетенция Института органической химии по сектору физической химии и Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР).

5. Разработка проекта, заказ судового оборудования и испытание в натуре, для непрерывной подачи продукта в суспензированном или ином виде, в озерных условиях, с учетом расхода продукта и контроля пленки в соответствии с п. 4 (Компетенция Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР).

6. Определение зависимости расхода продукта от величины экономии испарений и связи между экономией испарения, давлением пленки на

испарителях и количеством расходуемого продукта (Компетенция Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР—сектор гидрометеорологии и Обсерватории, Управление гидрометеорологической службы на озере Севан).

7. Определение расхода продукта в полевых условиях на озере Севан и на одном из малых водоемов, где испарения особенно велики и потребность в воде не обеспечивается, в зависимости от условий подачи продукта, давления в пленке и от экономии испарений.

Определение влияния скорости ветра, высоты волны и параметров сноса подачи продукта и образования пленки (Компетенция Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР—сектор гидрометеорологии).

8. Обобщение зависимости для n (5) и уточнение зависимости для k_x (4) и определение зависимости для k .

Энергетические и энерго-экономические расчеты для озера Севан и сопоставление с получением воды от подземных вод Аракатской котловины, от перебросок воды из соседних бассейнов, сопоставление с эквивалентом по электрической энергии от газовых электрических станций КЭС и ТЭС, с учетом категории регулирующей энергии, получаемой от озера Севан (Компетенция Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР—сектор энергетики).

9. Поиски новых заместителей гексадеканполя в направлении дальнейшего улучшения состава нетиловых или других спиртов в целях борьбы с разрушением пленки, для улучшения эффекта рассеивания пленки (spreading), в целях уменьшения расхода химиката.

Поиски в направлении комбинирования разных составов и смесей в тех же целях (Компетенция институтов органической химии и тонкой органической АН Армянской ССР).

10. Координация, увязка и общее руководство всеми исследованиями, цель которых—получение нового дешевого источника воды для озера Севан и для других водоемов Армянской ССР и СССР. Наблюдение за сроками должно проводиться Институтом энергетики и гидравлики.

11. Ввиду большого значения изучаемого вопроса для всех южных районов СССР с большим испарением с водной поверхности, т. е. для всех территорий южнее параллели 55, необходимо привлечение к участию в этой работе Главного управления гидрометеорологической службы, соответствующих институтов АН СССР и Министерства химической промышленности СССР.

12. Необходимо поставить вопрос об экономических расчетах производства гекса- и октодеканолов в СССР, так как будущие потребности можно очень грубо оценить в десятки тысяч тонн ежегодно.

13. Для более детального ознакомления с исследованиями и с применением мономолекулярной пленки на озерах необходима специализированная командировка в США наших ученых, при обязатель-

ном условии предварительного ознакомления с разными аспектами этого вопроса по литературным данным и с хорошим знанием языка.

Институт энергетики и гидравлики

АН Армянской ССР

Поступило 15.III 1960.

Ի. Վ. ԵՂԻԱՋԱՐՅԱՆ

ԺՈՂՈՎՐԴԱԿԱՆ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ ԶՐԱՅԻՆ ՊԱՇԱՐՆԵՐԻ ԶԳԱԼԻ
ՏՆՏԵՍՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԶՐԱՎԱԶԱՆՆԵՐԻ, ԼՃԵՐԻ ՈՒ
ԶՐԱՄԲԱՐՆԵՐԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻՅ ԴՈՒՈՐՇԻԱՅՄԱՆ ԴԵՄ ՊԱՅՔԱՐԵԼՈՒ
ՀԱՄԱՐ ՄԻԱՄՈԼԵԿՈՒԼՅԱՐ ՊԱՇՏՊԱՆԻՉ ԹԱՂԱՆԹ

Ա մ փ ո փ ու մ

ՍՍՌ-ում հյուսիսային լաճնության 55° -ից հարավ գտնվող ջրային մակերևութներից գոլորշիացման պատճառով ջրի կորուստը սովորաբար դերադանցում է ջրի այն քանակին, որը տեղումների ձևով թափվում է այդ մակերևութին:

Մեր հարավային ռեսպուբլիկաների համար, որոնք գտնվում են հյուսիսային լաճնության 50° -ից հարավ, այդ հարաբերությունը հանդես է գալիս ալիլի խիստ ձևով, հատկապես ամենաշատ գոլորշիացման ամիսներին: Այն ժամանակ, երբ Օնեգա և Չուզ լճերի համար տարեկան գոլորշիացման հարաբերությունը տեղումներին կազմում է 0,5 և 0,6, Կասպից ծովի համար ստացվում է 5,75, Արալյան ծովի համար՝ 11,0, Բալխաշի համար՝ 7,4, Իսիկ-Կուլիի համար՝ 3,1, Կալանդիրի լճի համար՝ 3,3 և Սևանա լճի համար՝ 2,0 (բարձրությունը ծովի մակերևութից 1900 մ): Առավել խիստ պատկեր է ստացվում ամենաշատ գոլորշիացման առանձին ամիսների համար. ալյուր-սով Սևանա լճի համար այդ հարաբերությունը աշնանային ամիսների բազմատարիների միջինի դեպքում ստացվում է մինչև 4,0:

Մեզ մոտ, ջրային մակերևութից տարեկան գոլորշիացման մեծությունը Բալխաշ լճի համար հասնում է մինչև 1330 մմ, Կասպից ծովի համար՝ 1000 մմ և 770 մմ Սևանա լճի համար, Արարատյան հովտի ջրավազանների համար հավանաբար նա կազմում է մոտավորապես 1000 մմ, իսկ ԱՄՆ-ում ջրային մակերևութներից տարեկան գոլորշիացումը տատանվում է 1200—2400 մմ սահմաններում, իսկ Տեխասում անգամ հասնում է 3360 մմ (Օկլախոմա նահանգում գոլորշիացումը լճակներից 10 անգամ ավելի է օգտակար օդոտգործող ջրի ծավալից):

ԱՄՆ-ում 1300 ջրամբարներ ու լճեր տարեկան ունենում են ավելի քան 90 միլիարդ խոր. մետր գոլորշիացում և 1,5 միլիոն ջրավազաններ՝ 10 միլիարդի հասնող գոլորշիացում: Հետևաբար ամբողջ գոլորշիացումը կազմում է 100 միլիարդ խոր. մետրից ավելի: Եթե պալքարի համապատասխան միջոցներով (տես ներքևում) այդ գոլորշիացումների 40% պահպանվի, ապա դա կկազմի հսկայական մի թիվ՝ 40 միլիարդ խոր. մ (Դրեսսլիբը և Իոհանդոնը 40%-ից ենիելով, գոլորշիացման հնարավոր անտեսումը հաշվում են 80 միլիարդ խոր. մ):

Հստ ոչ լրիվ տվյալների ՍՍՌՄ-ի լճերի գումարային մակերեսը (բացի Կասպից ծովից, որի մակերեսը կազմում է 400 միլիարդ քառ. մետր) կազմում է 300 միլիարդ քառակուսի մետր (16000 լիճ) և գործող ջրավազանները տալիս են ևս 25 միլիարդ քառակուսի մետր: Լճակների ու ջրամբարների վերարկրյալ եղած տվյալները ոչ լրիվ են և այդ եղածները վերը բերած թվերի հետ համեմատած կազմում են նրանց չնչին մասը:

Քսանի որ մեզ տվյալ դեպքում հետաքրքրում են ջրային այն մակերեսայինները, որոնք ունեն առավելագույն գոլորշիացում և որոնք ընկած են հյուսիսային լայնություն 55°-ից հարավ, ապա կարելի է զգուշացված հաշվել գոլորշիացումը ելնելով ՍՍՌՄ-ի ընդհանուր մակերեսի մեկ երրորդ մասից՝ այսինքն ելնելով 100 միլիարդ քառակուսի մետրից:

Մեր ջրամբարներից գոլորշիացումը (ըստ Զալյուկի) փոփոխվում է 600-ից մինչև 1000 մմ այն տերիտորիաների համար, որոնք ընկած են հյուսիսային լայնություն 55° և 48°-ում և 1000-ից մինչև 1700 մմ ավելի հարավ ընկած՝ այսինքն 48° մինչև 36° լայնություն տերիտորիաների համար:

Հաշվելով 800 մմ, ցուցադրման համար ընդունելով ամբողջ տերիտորիայի մեկ երրորդը, կստանանք 80 միլիարդ խոր. մետր գոլորշիացում, իսկ գոլորշիացման հնարավոր տնտեսումը կարող է լինել 30 միլիարդ խոր. մ:

Հաշվական ՍՍՌ-ի համար կան ավելի ճիշտ տվյալներ. հատկապես Սևանա լճին վերաբերող գոլորշիացման մեծությունը կազմում է տարեկան միջին հաշվով 750 մմ կամ 1,0 միլիարդ խոր. մետր, իսկ հնարավոր տնտեսումը, ելնելով ԱՄՆ-ում ընդունվող տվյալներից, կկազմի մոտ 0,4 միլիարդ խոր. մետր:

Հաշվական ՍՍՌ-ում ջրամբարների մակերեսը (առանց Սևանա լճի) կազմում է մոտավորապես 24 քառ. կմ, իսկ շախաղծվող ջրավազաններինը՝ նորից 90 քառ. կմ, որը 1000 մմ գեպքում բոլոր ջրամբարների ու ջրավազանների մակերեսային գոլորշիացման պայմանում բերում է մոտ 0,12 միլիարդ խոր. մետր, և հետևապես գոլորշիացման հնարավոր տնտեսումը Սևանա լճի հետ միասին կկազմի 0,45 միլիարդ խոր. մետր:

Բերված մոտավոր թվերը, որոնք նշում են միայն այսպես ասած մեծությունների կարգի մասին, ցույց են տալիս, որ գոլորշիացումների դեմ պայքարը, եթե հնարավոր է դրա էֆեկտիվ և տնտեսական իրագործումը, հավասարազոր է ջրի ստացման մի հզոր աղբյուրի և այդ պատճառով այն արժանի է շտապ ուսումնասիրության և արագ իրականացման:

Բավական է նշել, որ հենց միայն Սևանա լճի համար խոսքը վերաբերում է լրացուցիչ 400 միլիոն խոր. մ ջրի ստացմանը, որի համար Արփա գետի ավազանի վերնամասից թունելի միջոցով ջրի տեղափոխումը դնահատվում է ավելի քան 360 միլիոն ուղղու կապիտալ ներդրումով (ըստ Հայհիդրոէներգոնախագծի նոր հաշվումների):

Ջրային մակերեսայիններից գոլորշիացման դեմ պայքարը կարելի է իրագործել կամ այդ մակերեսային հայելու մակերեսի փոքրացմամբ, սակայն որը հակասում է ջրամբարը որպես էներգետիկ բազմատարի կարգավորման ջրավազանի օգտագործման ցանկությունը, կամ էլ ջրային մակերեսային այնպիսի բարակ թաղանթի ծածկումով, որը կընդիմադրի գոլորշիացմանը:

Դեռ 20—30 տարի առաջ առաջարկներ էր արված ջրային մակերեսային ծածկիկ նավթային թաղանթով, սակայն դրանք չնդունվեցին հողվածի մեջ

անլանակում պարունակող մատենագրություն, որը և ծառայել է ամփոփումը կազմելու համար (3—9 բաժինները):

Վերը նշվածի կապակցությամբ, անհրաժեշտ է աշխատանքային մանրամասն պլան կազմել այդ հարցի վերաբերյալ և այն կոորդինացնել Ոստիկան կամիտի և Համամիութենական գյուղատնտեսական ակադեմիայի և ՍՍՄ Գիտությունների ակադեմիայի ինստիտուտների հետ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1р. Гельд и Ткачев, ДАН СССР, сер. А., 1933.
- 2р. Скляренко и Баранов. Журнал физ. химии, 8, 51, 1936.
- 3р. Ребиндер П. „Известия АН СССР,“ сер. хим., № 5, 1085, 1937.
- 4р. Барнаев М. Журнал физ. химии, 9, 69, 1937.
- 5р. Ребиндер П. ДАН СССР, сер. А, 296, 1938.
- 6р. Глазов Н. Журнал физ. химии, 11, 484, 1938.
- 7р. Хейнман А. С. Журнал физ. химии, XVI, вып. 1, стр. 118—123, 1940.
- 8р. Борьба с испарениями из прудов и водоемов США Журнал „Гидротехника и мелiorация“, № 6, 1959.
- 9р. Уменьшение испарения из водохранилищ химическим способом. Из. картотеки „Строительство и архитектура“, 1959.
1. Ackerman E. A., Löff O. G. Technology in water development. Water resources program for the future. 1957, Nov. 1. Part III, § 3. Reduction of reservoir evaporation.
2. Anderson E. R. Energy budget Studies, water-loss investigations: Lake Hefner Studies. Techn. report U. S. Geol. survey prof. paper, 223 pp. 71—119, 1954.
3. Anti-Evaporation chemical being tested on African reservoirs. Water works Eng. 108, 880, Sept., 1955.
4. Archer R. J., Lamer V. K. The effect of monolayers on the rate of evaporation of water.—Ann New-York Acad. Sci., vol. 58, p. 807—829, 1954.
5. Archer R. J., Lamer V. K. The rate of evaporation of water through fatty acid monolayers. — Journ. Phys. Chem., 59, p. 200—208. 1955.
6. Berger B. B. Use of hexadecanol in evaporation reduction. — Journ. American Water Works Association, vol. 50, juillet 1958, p. 855—858, 6 ref. bibl.
7. Blaney H. F. Evaporation and stabilization of Salton sea water surface. Tr. Am. Geoph. Union, 1955, № 4.
8. Blaney H. F. Evaporation and evapotranspiration investigations in the San-Francisco Bay area. Tr. Am. Geoph. Union 1955 Oct.
9. Blaney H. F. Evaporation study at Silver lake in the Mojave Desert, California. Tr. Am. Geoph. Union, April, 1957.
10. Bowen J. S. The ratio of heat losses by conduction and evaporation from any water surface. Phus. Rev., 27, 779—787, 1926.
11. Briscoe H. V. A., Sebba F. The avaporation of water through unimolecular films. Journal Chem. Soc., part I, Janvier-Juin, 1940.
12. Bureau of reclamation. — Reservoir evaporation reduction with monomolecular and similar films. — Progress Report, mars 1955 à mars 1956. Denver, Bureau of Recl. Chem. Ewngng. Lab. Report no S1—9, 29 janvier 1957. 36 p., 49 fig., 11 ref. bibl.
13. Bureau of reclamation. — Water quality studies with hexadecanol. Oklahoma City: Okla. Preliminary evaporation reduction studies, Lake Hefner, Oklahoma City. — Report of Comittee of Collaboration, Bureau of Reclamation, U. S. Dept. of the Interior, apr. 15,—1957.
14. Bureau of reclamation. —Preminary evaporation reduction studies, lake Hefner. Oklahoma City. — Denver, Bureau of Reclam., 15 avril 1957, 18 p., 2 fig.

15. Bureau of reclamation. — Determination of the presence and degree of compression of a monomolecular layer using indicator oils. — Denver, Bureau of Reclamation, 3, June 1957, Labor. Rep. № S 1—13.
16. Bureau of Reclamation. Reservoir evaporation control-screening tests on monolayers and duplex films. — Bureau of Reclamation, Denver, Juillet 1957, Chemical Engineering Laboratory, report № S 1—12.
17. *Cappus P.* Evaporation de l'eau des retenues. Electricité de France. 10 Mars 1958.
18. Cetyl alcohol reduces evaporation from reservoirs. World Meteorological Organisation. WMO Bulletin. April 1958, vol. VII, № 2, (64—67).
19. *Chang S. L.* Effect of disinfecting agents on evaporation reduction with hexadecanol. — Journ. Amer. Wat. Works Ass., nov. 1959, p. 1421.
20. Chemicals combat evaporation. Farm. South Africa, 1958, 31, № 12.
21. Chem. Eng. Jan., 1948.
22. Chemical Eng. News. 13 Feb. 1956.
23. Chem. Week. 28 June 1957.
24. *Coffny, Harbek A.* A comparison of rainfall data from rain-gage and changes in lake levels (Hefner). Bull. Am. Meteorological Society 1959 July, p. 349.
25. *Cruse R. R., Beadle B. W.* Water conservation through control of evaporation. Journ. of Am. Water Works Assoc., 49 (1957) pp. 397—404.
26. *C. S. I. R. O.* Saving Water in Dams. — C. S. I. R. O., Leaflet series № 15, Melbourne, 1956.
27. *Davaux H.* The Study of the influence upon evaporation by oils and solid and liquid thin layers. Bulletin Soc. Franç. de Phys., Mai 20, 1921.
28. *Dressler R. G.* The Southwest cooperative project on reservoir evaporation control. Pros. 1-st Intern. Conference on Reservoir evaporation control. pp. 67—74 Southwest Research Inst. 1956.
29. *Dressler R. G.* The Texas Eng. Oct. 1956.
30. *Dressler R. G., Johanson A. G.* Water reservoir evaporation control. Chemic. Eng. Progress. 1958, 54, № 1 (66—69).
31. *Durham K., McArthur I. K. H.* The influence of dosage on the efficiency of films of fatty alcohols for water conservation. — Research, Juillet 1957.
32. Feasibility of chemical evaporation control. Technology Newsletter. Chemical Week 79, 67, 28 July 1956.
33. *Fleming de Roscoe.* Pelletes to prevent evaporation. — Science Digest. Decembre 1956
34. *Fresse S. W.* Reservoir evaporation control by other techniques. Proc. 1-st Intern. Conference on reservoir evaporation control. pp. 45—52, 1956.
35. *Garstka W. K., Phillips H. B., Allen I. E., Hebert D. J.* Withdrawing water from lake Mead in water-loss investigations: Lake Mead Studies. U. S. Geol. Survey prof. pap. 298, 1957.
36. U. S. Geological Survey. Water loss investigations: Lake Hefner Studies. Prof. pap. 269, 1954.
37. U. S. Geological Survey. Water loss lake Hefner Studies. Prof. pap. 270, 1954.
38. U. S. Geol. Survey. Water resources Revue. Nov. 1956.
39. *Grundy F.* Cetyl alcohol reduces evaporation from reservoirs. WMO Meteorological Bulletin, 1958, 7, № 2 (64—67).
40. *Harbeck G., Earl Jr.* Evaporation research at lake Hefner. — Journ. A. W. W. A. août 1952, p. 701—706, 2 fig., 4 ref. bibl.
41. *Harbeck G. E.* The use of reservoirs and lakes for the dissipation of heat. U. S. Geol. Survey Cirs. 282. 1953.
42. *Harbeck E.* Can Evaporation losses be reduced? — Proc. A. S. C. E., vol. 84, IR 1, Janvier 1958, paper № 1499, 8 p., 17 ref. bibl.
43. *Harbeck E.* Discussion on Harbeck. P. A. S. C. E. Irr. Div. April 1958.
44. *Harbeck E.* Discussion on Harbeck. P. A. S. C. E. Irr. Div. Jan. 1959.

45. *Harbeck E. C., Coberg G. E.* A method of evaluating the effect of a monomolecular film in suppressing reservoir evaporation. *Journal of Geophysical Research*, № 1, Janvier 1959, p. 89—93, 1 tabl., ref. bibl.
46. *Harkins W. D.* The physical chemistry of surface films. — Reinhold publishing corporation, New-York, 1952, p. 152.
47. *Harmon Craig Ed.* New research methods in hydrology. Proc. conference Scripps Inst. Oceanogr. La Jolla Calif. Feor. 2—3—1957. p. 33.
48. *Hendestrant G.* The influence of thin surface films on the evaporation of water. — *Journ. Phys. Chem.*, 28, p. 1244—1252, 1924.
49. *Henderson, Croswell, Pickering* Memorandum on toxicity Bioassays of gexadecanol from Robert A. Taft San. Eng. Center USPHS, Cincinnati, Ohio, 1956.
50. *Hollis M. D.* We must take a gard look at water supply problems. *Water Works Eng.* Feb. 1959 (118—120).
51. *Hoon R. C.* Restriction of water loss due to evaporation and seep. e. *Indian Construction news* 1957, 6, № 8 (23—30).
52. *Jacobs W. C.* Sources of atmospheric heat and moisture, *Annals N. Y. Acad. Sci.* 44, 19—40. 1913.
53. *Koberg G. E.* Energy budget studies, water-loss investigations Lake Mead. U. S. Geol. Survey prof. paper 298, pp. 20—29, 1958.
54. *Koenig, Louis.* Reducing evaporation losses from reservoirs. *Texas Irrig. Meeting AsM College*, 3 Jan. 1957.
55. *Kohler M. A.* Lake and pan evaporation water-loss investigation; Lake Heifner Studies. U. S. Geol Survey prof. paper 269, pp. 127—148, 1954.
56. *Kohler M. A., Nordenson T. J., Fox W. E.* Evaporation from pans and lakes. U. S. Weather bureau Res. paper 38, 1955.
57. *Kohler M. A., Nordenson T. J. Fox W. E.* Lake Meade Studies. U. S. Geol. Survey prof. paper 298, 38—60, 1958.
58. *Kohler M. A.* Discussion on Harbeck and Koberg (№ 43).
59. *Lamer V. K.* The physical chemical basis of water evaporation control by the monomolecular film technique. Proc. 1-st Intern. Conference on Reservoir evaporation control, pp. 7—12, 1956.
60. *Lamer V. K., Rosano H. L.* The rate of evaporation of water through monolayers of ether, acids, and alcohols. — *Journ. Phys. Chem.*, vol. 60, p. 348, 1956.
61. *Langmuir I.* The constitution and fundamental properties of solids and liquids *Journ. Am. Chem. Soc.*, 39, 1848—1906, 1917.
62. *Langmuir I., Langmuir D. B.* The effect of monomolecular films on the evaporation of ether solution. — *Journ. Phys. Chem.*, 31, p. 1719—1731, 1927.
63. *Langmuir I., Schaeffer V. J.* Rates of evaporation of water through monolayers on water. — *Journ. Frank. Inst.*, 235, p. 111—162, 1943.
64. *Laycock H. C.* Cetyl alcohol controls evaporation. *Water Sewage works* 103, 346—347, Aug. 1956.
65. *Ludzack F. J., Ettinger M. E.* Biological oxidation of cetyl alcohol. Taft Sanitary Eng. Ctr., Cincinnati, July, 1956.
66. *Ludzack F. J., Ettinger M. B.* Biological oxidation of hexadecanol under Laboratory conditions. — *Journ. A. W. W. A.*, 49, p. 849, 1957.
67. *Macklichan K. A.* Estimated use of water in U. S. 1950. *Geol. Survey Circ.* 115.
68. *Mansfield W. W.* The effect of surface films on the evaporation of water. — *Nature*, Dec. 12, vol. 172, p. 1101; 1953.
69. *Mansfield W. W.* Influence of monolayers on the evaporation of water. — *Nature*, vol. 175, p. 247—249, 1955.
70. *Mansfield W. W.* Field trials on the use of Cetyl Alcohols to restrict evaporations. Commonwealth of Australia. Melbourne. Serial 74, Nov. 1955.
71. *Munsfield W. W.* Influence of monolayers on the natural rate of evaporation of water. — (en allemand). — *Nature*, vol. 175, № 4449, p. 247—249, London, 1955. Analyse dans *Die Wasserwirtschaft*, № 7, avril 1956, p. 192.

72. *Mansfield W. W.* The use of hexadecanol for reservoir evaporation control.—1-st Inter. Conf. on reservoir evaporation control San Antonio, Tex. Southwest Research Inst., Apr. 1956. p. 13.
73. *Mansfield W. W.* The influence of monolayers on evaporation from water storages. I. The potential performance of monolayers of cetyl alcohol.—Austral. J. Appl. Sci., 1958, 9, № 3, 245—54.
74. Memorandum of the Chairman to members of the Senate Committee on interior and insular affairs. April 14, 1958, Washington 1958.
75. *Moran W. T.* Bureau of Reclamation. Denver April 1957 Special invest. memoranda N 55--57.
76. *Moran W. T. Garstka W. U.* The reduction of evaporation through the use of monomolecular films. Presented at the third Congress of the International Commission on Irrigation and Drainage, San Francisco (Calif.) May, 1957.
77. *Moran W. T.* Reclamation tests way to prevent evaporation losses. New Release for June 6. 1957.
78. *Narasimhan S., Ramdas L. A.* Effects of Temperature of the efficiency of monomolecular films in suppressing evaporation.—Journal of Scientific & Industrial Research, 1957, vol. 16 A. № 8. p. 357—358.
79. *Nelson F. C.* Oil coating for preventing evaporation of water, as in desert regions. U. S. Patent 2, 170, 644.
80. Proceedings of the 1-st International conference on reservoir evaporation control. Southwest Research Institute. San Antonio Tex. Apr. 4, 1956.
81. *Ramdas L. A.* Effect of temperature on the efficiency of monomolecular films in suppressing evaporation.—Journ. of Scientific and Industrial Res., 1957, № 8, p. 357—358.
82. *Ramdas L. A.* Evaporation Control.—Council of Scientific & Industrial Research, New-Delhi, India, 1957.
83. *Rideal E. K.* The influence of thin surface films on evaporation of water.—Journ. Phys. Chem., 29, p. 1585. 1925.
84. *Roberts W. J.* Suppressing evaporation from water surfaces: Annual Meeting Am. Geoph. Union. 1957, April 29.
85. *Roberts W. J.* Evaporation suppression from water Surfaces.—Tr. Am. Geoph. Union, 1957, Oct.
86. *Stockinger H. E.* Water quality studies with hexadecanol. Kid's Lake Oklahoma city, Okla.—Bureau of Reclamation, Denver, Colo., Apr 1957
87. *Stockinger H. E.* Preliminary toxicity studies with hexadecanol reservoir evaporation reduction.—Chem. Eng. Lab. Rept № S 1—10, Bureau of Reclamation, Denver, 1959.
88. *Stockinger H. E.* Opinion on toxicity of hexadecanol proposed for use in evaporation control.—Memorandum from Robert A. Taft San. Eng. Center, USPHS, Cincinnati, Ohio, 1959.
89. *Stockinger H. E.* Opinion on toxicity of octadecanol proposed for use in evaporation control.—Memorandum from Robert A. Taft San. Eng. Center, USPHS, Cincinnati, Ohio, 1959.
90. *Timblin L. O. Florey Q., L.* Reservoir evaporation reduction with monomolecular and similar films.—Progress Report, Mar., 1955—1956, Bureau of Reclamation, U. S. Dept. of the Interior. Chemical Engineering Laboratory, report № S 1—9, Janv. 29, 1957.
91. *Timblin L. O.* Determination of the presence and degree of compression of a monomolecular layer using indicator oils.—Bureau of Reclamation, U. S. Dept. of the Interior, Chemical Engineering Laboratory, report № S 1—13, Jun. 3, 1957.
92. *Timblin L. O., Moran W.* Use of monomolecular layers for reservoir evaporation reduction.—Journat A. W. W. A., juillet 1957, p. 840—848, 2 fig., 22 ref. bibl.
93. *Thomas H. E.* The conservation of ground water. Mc Graw Hill. 1951.
94. *Thomas N. O., Harbsck G. E.* Reservoirs in U. S. Geol. survey paper 1360—A 1956.
95. *Sutherland K. L.* Economic Methods of Controlling Evaporation of Water.—Research, May 1957.
96. *Timblin L. O., Moran W. T., Garstka W. U.* Use of monomolecular layers for reservoir evaporation reduction. Annual Conference Atlantic City 13 May 1957.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

В. В. ЛИНАДЖЯН

ДЛИТЕЛЬНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
АРК БОЛЬШОГО МОСТА

На городском железобетонном мосту, показанном на рис. 1, лабораторией испытания конструкций Армянского НИИ стройматериалов и сооружений, с 1956 года, ведутся наблюдения с целью установления величины опускания замка парных арок пролетом 110,4 м.

Описание моста, сданного в эксплуатацию в мае 1956 г., приводится в статье Л. Я. Винера [1]. На мосту в период наблюдений производилась систематическая нивелировка с помощью прецизионных ни-

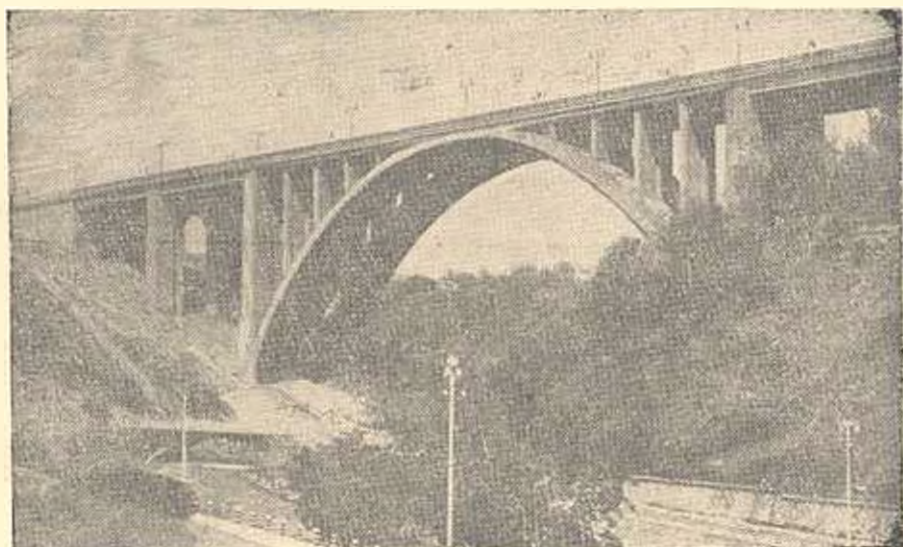


Рис. 1. Общий вид моста.

велиров и реек имеющих миллиметровые деления. Нивелируемые точки показанные на рис. 2 в виде треугольников были привязаны к постоянным реперам установленным на коренных базальтах.

Вертикальное перемещение замкового сечения арочного пролетного строения определялось по данным наблюдений 22 точек, расположенных вдоль бордюров трогуаров. Наблюдения за осадкой опор производились по трем точкам, расположенным на поверхности фундаментов.

Результаты длительных наблюдений за опусканием замкового сечения пролетного строения моста представлены в табл. 1.

Опускание зыма железобетонных арочных пролетных строений могло произойти при изменении температуры, усадке и ползучести бетона, а также при осадке опор.

По данным систематической нивелировки за 3 года перемещение опор относительно реперов не наблюдалось, что по-видимому надо объяснить наличием в основании сооружения мощного слоя базальтов глыбового залегания.

Таблица 1

Дата наблюдения	Средняя температура поверхности бетона при наблюдениях	Разница отметок репера и точки замкового сечения арки (м.м)	Опускание замка арки от усадки и ползучести бетона и изменения температуры (м.м)
15.VII—56	25°C	1303	0
3.VII—57	21°C	1319	16
15.VIII—57	23°C	1317	14
15.X—57	10°C	1336	33
28.XII—57	0°C	1350	47
4.IV—58	14°C	1335	32
14.VIII—58	26°C	1324	21
20.X—58	15°C	1339	36
30.VII—59	26°C	1327	24

Поэтому можно с уверенностью сказать, что опускание замкового сечения арок, в основном явилось следствием изменения температуры, усадки и ползучести бетона, интенсивность развития которых в значительной мере зависит от температурно-влажностного режима среды. Температурно-влажностный режим мостового перехода характеризуется данными представленными в табл. 2.

Для определения влияния температурных деформаций производились суточные наблюдения за перемещением замкового сечения

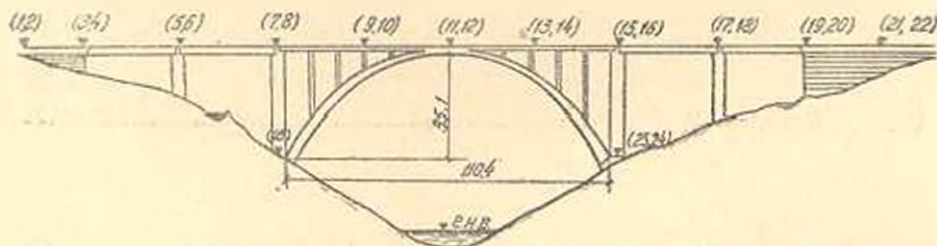


Рис. 2. Схема моста с указанием точек нивелировки. Нечетные числа относятся к прямому нивелировочному ходу; четные к левому.

арочного пролетного строения. Наблюдения показали, что при изменении температуры поверхности бетона с 11° до 17°C, 4.V—58 г. замок арки поднялся на 7 м.м; при изменении температуры с 23° до

30°C 30.VII—59 замок арки поднялся на 9 мм. По данным этих наблюдений изменению температуры в 1°C соответствует вертикальное перемещение замка арки 1,16—1,28 мм, в среднем 1,2 мм.

Таблица 2

Год	Месяцы	Температура воздуха в град. Цельсия		Относительная влажность воздуха в %	
		абсолютный максимум	абсолютный минимум	максимальная	минимальная
1956	июль—сентябрь	40	2	93	14
	октябрь—декабрь	23	-13	97	16
1957	январь—март	20	-26	96	28
	апрель—июнь	33	-1	96	27
	июль—сентябрь	40	+8	87	15
1958	октябрь—декабрь	29	-9	98	22
	январь—март	21	-11	96	14
	апрель—июнь	37	0	94	17
	июль—сентябрь	38	10	89	12
1959	октябрь—декабрь	26	-10	99	12
	январь—март	15	-13	98	19
	апрель—июнь	34	-2	94	13
	июль—сентябрь	39	+5	96	17

По этим результатам можно учесть влияние температурных перемещений и по приведенным в табл. 1 данным вычислить деформации ползучести и усадки бетона.

Вычисленные величины перемещений замкового сечения арки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Дата наблюдений	15.VII-56	3.VI-57	15.VIII-57	15.X-57	28.XII-57	4.IV-58	14.VIII-58	20.X-58	30.VII-59
Опускание замка арки от усадки и ползучести бетона и измерения температуры (м.м)	0	16	14	33	47	32	21	36	24
Средняя температура поверхности бетона в град. Цельсия при наблюдениях (1)	25	21	23	10	0	14	26	15	26
Температурная поправка 1,2·(1—2), при приведенной температуре 25°C (м.м)	0	-5	-2	-18	-30	-13	+1	-12	+1
Опускание замка арки от ползучести и усадки бетона (м.м)	0	11	12	15	17	19	22	24	25

За первый год от начала наблюдений, вследствие ползучести и усадки бетона замок арки опустился на 11 мм. За последующие 12 месяцев замок арки опустился еще на 11 мм. Следовательно, за 25 месяцев с начала наблюдений деформации ползучести и усадки железобетонных арок протекали почти по прямолинейному закону. Это

обстоятельство несколько противоречит результатам полученным в лабораторных условиях, по которым в течение второго года наблюдается существенное затухание деформаций. Слабое затухание деформаций на мосту отчасти надо объяснить тем, что в 1957 и 1958 г.г. стояло сравнительно сухое и жаркое лето с минимальной относительной влажностью воздуха (табл. 2). В 1959 г. наместилось резкое затухание деформаций. За три истекших года, вследствие ползучести и усадки бетона замок арки опустился на 25 мм.

Армянский НИИ Стройматериалов
и сооружений

Վ. Վ. ՓԻՆԱԺՅԱՆ

ՄԵՆ ԿԱՄՈՒՐՋԻ ԵՐԿԱՌԵՏՈՆԵ ԿԱՄԱՆՆԵՐԻ ԵՐԿԱՐԱՏԵՎ,
ԴԵՖՈՐՄԱՑԻԱՆԵՐԸ

Ա Վ Փ Ո Փ Ն Ն Յ

Հնդինակի ղեկավարությամբ սկսած 1936 թ. դիտումներ են տարվել զձ. 1-ում ցույց տրված կամուրջի կամարների դեֆորմացիաների նկատմամբ: Հողվածում բերված է դիտման ժամանակամիջոցում կծկումից և սողքից կամարի փականի իջեցումը:

Հնդինակը գտնում է, որ երկաթբետոնե կամուրջների հաշվային եղանակի կառարելագործման համար անհրաժեշտ է խորը ուսումնասիրություններ տանել շահագործվող կառուցվածքների իրական աշխատանքի նկատմամբ, հաշվի առնելով բետոնում սողքի և կծկման ազդեցությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Винер Л. Я. Большепролетный арочный железобетонный мост с жесткой арматурой. «Известия АН Армянской ССР» (серия техн. наук), т. XI, № 2, 1958.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Р. А. МОВСЕСЯН

ПРИВЕДЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА К УРОВНЮ МОРЯ
МЕТОДОМ ПРИБЛИЖЕНИЙ

Давление воздуха является очень важным метеорологическим элементом. Значение давления воздуха определяется тем, что среднее распределение его дает возможность судить об общих чертах атмосферной циркуляции, о причинах возникновения и преобладания определенных воздушных течений, ибо непосредственной причиной возникновения воздушных течений является неоднородность давления по уровенной поверхности.

Анализ распределения давления в атмосфере производится путем построения карт изобар. Изобары представляют собой линии пересечения изобарических поверхностей — поверхностей одинакового давления, с уровенной поверхностью моря или уровенной поверхностью определенной высоты. Карты изобар строятся по данным давления воздуха, наблюдаемого на метеостанциях, расположенных в некотором расстоянии друг от друга. В виду того, что различные метеостанции имеют не одинаковую высоту, приходится давление, наблюдаемое на разных высотах, приводить к одному и тому же уровню. По данным приведенного к уровню моря давления воздуха строятся карты изобар.

В метеорологической практике при вычислениях давления на уроне моря пользуются специальными таблицами, которые имеют целью ускорить и облегчить эти вычисления.

В настоящей статье нами предлагается новая идея составления таких таблиц, основанная на методе приближений.

Достоинствами предлагаемого метода составления таблиц, на наш взгляд, является простота его усвоения для начинающего и минимальное число необходимых таблиц.

В основе расчета таблиц лежит полная барометрическая формула

$$Z - Z_0 = 18400 \left(1 + 0,00366 \frac{t_0 + t}{2} \right) \left(1 + 0,377 \frac{e_0 + e}{P_0 + P} \right) (1 + 0,00264 \cos \varphi) \\ \times \left(1 + \frac{Z_0 + Z}{R} \right) \lg \frac{P_0}{P} \quad (1)$$

В этой формуле $Z - Z_0$ есть разность высот двух точек, расположенных на одной вертикали под широтой φ , давление воздуха на

этих точках равно P и P_0 , температура воздуха t и t_0 , влажность воздуха e и e_0 , R есть средний радиус земного шара.

Если одна из точек расположена на уровне моря, то $Z_0 = 0$ и тогда P_0 , t_0 , e_0 будут представлять собой, соответственно, давление, температуру и влажность воздуха на уровне моря.

При использовании формулы (1) для приведения давления воздуха к уровню моря, приходится определять значение P_0 , причем известными величинами являются: высота метеостанции Z , широта ее φ , а также данные наблюдений на метеостанции, давление воздуха P , температура воздуха t , влажность воздуха e . Остальные величины входящие в формулу (1) t_0 и e_0 , т. е. температуру и влажность воздуха на уровне моря, приходится находить используя данные наблюдений t , e и высоту станции Z ; при этом предварительно принимается определенная зависимость изменения с высотой как температуры, так и влажности воздуха.

Для определения P_0 из формулы 1 методом приближений, придадим ей следующий вид:

$$P_0 = P + Z \cdot \frac{P_0 - P}{\lg P_0 - \lg P} \cdot \frac{1}{400 (1 + 0,00264 \cos 2\varphi)(1 + 0,00366 t_c)} \cdot \frac{1}{\left(1 + 0,377 \frac{e_c}{P_c}\right) \left(1 + \frac{Z}{R}\right)}$$

обозначим

$$\frac{P_0 - P}{\lg P_0 - \lg P} = A; \quad \frac{1}{18400(1 + 0,00264 \cos 2\varphi)(1 + 0,00366 t_c)} = B;$$

$$\frac{1}{\left(1 + 0,377 \frac{e_c}{P_c}\right) \left(1 + \frac{Z}{R}\right)} = C$$

тогда давление воздуха на уровне моря P_0 определяется в виде суммы $P_0 = P + Z \cdot A \cdot B \cdot C$, в которой P есть давление воздуха на станции. Для определения множителей A , B , C нужно иметь три таблицы.

1. Таблица для множителя A составляется по двум аргументам P_0 и P (с интервалом через 1 ммб). При этом значения P_0 увеличиваются и уменьшаются начиная от средней величины 1913 ммб на 50 ммб, а значения P охватывают интервал давления, возможного на данной территории.

2. Вторая таблица служит для определения множителя B , аргументами в этой таблице являются, средняя температура $t_c = \frac{t_0 + t}{2}$

и географическая широта места φ , причем последняя может изменяться с интервалом в несколько градусов.

3. Третья таблица для множителя C составлена по двум аргументам $e_c = \frac{e_0 + e}{2}$ и $P_c = \frac{P_0 + P}{2}$. В формулу для множителя C вхо-

дит еще высота станции Z в виде члена $(1 + \frac{Z}{R})$.

Поскольку давление P , наблюдаемое на данной станции, находится в определенной связи с высотой Z станции, то зная давление P , можно примерно сказать на какой высоте Z наблюдалось это давление, при этом ошибка в определении Z редко может превысить 400—500 м, а так как влияние члена $(1 + \frac{Z}{R})$ сказывается ощутимо лишь при изменении высоты Z на величину более 500 м, 600 м, то вполне допустимо связать высоту Z с давлением, что и делается при расчете таблицы для множителя C .

Приведение давления воздуха к уровню моря предлагаемым методом делается в следующей последовательности.

Данными величинами являются Z , φ , P , $t_c = \frac{t_0 + t}{2}$, $e_c = \frac{e_0 + e}{2}$ требуется определить P_0 по формуле

$$P_0 = P + Z \cdot A \cdot B \cdot C.$$

Задаемся, в первом приближении, значением P_0 — давления воздуха на уровне моря, при этом, имея результаты предыдущих вычислений, или же результаты определения на соседних станциях, можно, задаваясь P_0 , ошибиться не более чем на 5 мб.

По принятому значению P_0 и наблюденному на станции значению P из первой таблицы определяется величина множителя A .

Затем, по аргументам t_c и φ из таблицы № 2 берется множитель B и наконец из таблицы № 3 по аргументам $P_c = \frac{P_0 + P}{2}$ и

$e_c = \frac{e_0 + e}{2}$ отыскивается множитель C .

После этого, определяется произведение $Z \cdot A \cdot B \cdot C$, которое в сумме с P даст новое значение $P'_c = P + Z \cdot A \cdot B \cdot C$. Если принятое приближенное значение P_0 отличается от полученного P_0 не более чем на 5 мб, то ошибка в определении P_0 не превысит $\pm 0,2$ мб.

Если разница между P_0 и P'_c окажется более 5 мб, то нужно вторично определить из таблицы № 1 значение множителя A' по аргументам P'_c и P и вновь получить произведение $Z \cdot A' \cdot B \cdot C$, которое в сумме с P даст новое значение $P''_c = P + Z \cdot A' \cdot B \cdot C$, оно будет отличаться от истинного (соответствующего данным Z , φ , P , t_c , e_c) не более чем на $\pm 0,10$ мб.

Последовательность вычислений на арифмометре можно наметить так, что при вторичном вычислении P'_c достаточно будет перемножить A' с произведением $Z \cdot B \cdot C$, имеющимся уже на арифмометре.

Таблицы, рассчитанные описанным путем, на наш взгляд имеют преимущества перед существующими при использовании их для при-

ведения давления воздуха к уровню моря на метеостанциях, расположенных в горных районах на высоте свыше 500 метров. Недостатком таблиц, составленных предлагаемым путем следует признать их сравнительно большой объем.

Поступило 7.V 1959

М. З. СИМОНОВ и К. С. КАРАПЕТЯН

К РАСЧЕТУ, КОНСТРУИРОВАНИЮ И ИЗГОТОВЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛЕРНЫХ СТОЕК ДЛЯ ВИНОГРАДНИКОВ*

Виноградарство в нашей стране получает исключительно большое развитие. В одной только Украинской ССР площадь виноградников намечено довести до 600 тысяч гектаров уже до 1963 года. Многие сотни тысяч гектаров новых виноградников закладываются и в других республиках страны.

Для создания возможностей механизированной обработки процессов возделывания виноградников, повышения их урожайности, улучшения качества винограда и снижения себестоимости продукции виноградники обязательно должны подниматься на шпалерные стойки. Вот почему одним из серьезных вопросов для развития виноградарства в нашей стране является обеспечение виноградников шпалерными стойками, т. е. столбиками, расставляемыми обычно через 10 м друг от друга, к которым подвешиваются 4 ряда оцинкованных проволок.

На каждый гектар виноградников требуется примерно 500 шт. столбиков. Еще сравнительно недавно столбики эти изготовлялись из дерева, для чего на 1 гектар виноградника расходовалось около 10 куб. м леса твердых пород, причем из-за гниения столбики эти приходилось сменять через каждые 3—4 года. Гниющие деревянные колья в настоящее время вытесняются «вечными» шпалерными стойками из железобетона. Но на что рассчитывать и как их изготовлять, не установлено, и каждая республика и даже каждый район решает этот вопрос по-своему. В результате с одинаковым «правом гражданства» применяются на практике железобетонные стойки различных размеров прямоугольного, трапециoidalного, квадратного и треугольного очертаний с затратой на каждую стойку от 10 до 50 м железобетона. В Армянской ССР, например, железобетонные стойки изготовляются сечением 10×12 см и длиной 250 см, с затратой на каждую из них бетона 30 м и арматурной стали 3,5 кг.

* Печатается в порядке обсуждения. Критические замечания по этой заметке и заметке С. Г. Иоаннисяна по тому же вопросу (см. «Известия АН Армянской ССР», серия ТН, № 6, т. XII, 1959 г.) будут опубликованы в ближайшем номере журнала.

В ближайшие пять лет в Советском Союзе для закладываемых новых виноградников предстоит изготовить свыше 500 млн. штук стоек. Спрашивается, готовить ли каждую стойку объемом 10 л или 30 л, т. е. затратить ли на все эти стойки 5 млн куб. м сборного и предварительно напряженного железобетона? Учитывая крупное народнохозяйственное значение рассматриваемого вопроса, авторы уже несколько лет занимаются изучением шпалерных железобетонных стоек для виноградников. За истекший период были проведены ниже следующие научно-экспериментальные работы: определены фактические нагрузки на стойки от виноградных кустов; изучены ветровые нагрузки и закономерности передачи этих нагрузок на стойки наружных и внутренних рядов; на опытных образцах стоек из обычного и предварительно-напряженного железобетона проверена прочность, жесткость и трещинообразование, а также изучена усадка и ползучесть бетонов в предварительно-напряженных стойках с проверкой работы их после 14 месячного вызревания; произведен расчетно-теоретический анализ работы стоек различных очертаний; рассмотрены различные технологические приемы изготовления преднапряженных и железобетонных стоек и т. д.

На основании проведенной работы даются ниже следующие предложения по проектированию и изготовлению шпалерных стоек для виноградников.

1. Определение действующих на стойки нагрузок.—На стойки действуют нагрузки двоякого рода: вертикальная—от собственного веса виноградных кустов и горизонтальная—от действия ветра.

Вертикальная нагрузка на промежуточные стойки может быть принята 55 кг на одну стойку и приложена внецентренно на расстоянии 1 см от края стойки со стороны подвески проволоки. Что касается крайних (якорных) стоек, то на них помимо указанных нагрузок действуют еще горизонтальные усилия, приложенные в местах подвески проволоки и составляющие в наших опытах в наихудшем случае 50, 120, 10 и 20 кг, считая от нижней проволоки к верхней. Эти усилия должны восприниматься якорными проволоочными оттяжками.

Ветровая нагрузка устанавливается путем детального изучения действующих в районе виноградников ветров, с установлением максимального скоростного напора за многолетие в период апрель—октябрь месяцы, розы ветров и наклона направления ветров к горизонтали.

В расчет принимается действие ветровой нагрузки поперек виноградных рядов, как наихудший случай.

Принимая во внимание, что проволоки к стойкам обычно подвешиваются в четырех точках на расстоянии от поверхности земли a_1 , a_2 , a_3 и a_4 в см, изгибающий момент составит: на стойку первого ряда с наветренной стороны

$$M_1 = \frac{F_w Q}{4} (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) = A_w Q \text{ кг/см.}$$

на стойку внутренних рядов для n -ного ряда

$$M_n = A \omega Q (1 - \omega)^{n-1} \text{ кг см,}$$

где F — площадь восприятия ветровой нагрузки в м^2 , равная произведению расстояния между стойками на высоту подвески крайней верхней прочолки;

Q — величина скоростного напора ветра в кг/м^2 ;

ω — коэффициент полноты, равный 0,56;

n — число ряда, для которого вычисляется момент.

2. Вид бетона и его марка. — Для изготовления железобетонных шпалерных стоек могут быть применены как обычные, так и легкие бетоны. Применение легких бетонов имеет то преимущество, что они могут быть изготовлены без крюков для подвешивания проволок, поскольку подвеска проволок к стойкам может быть осуществлена при помощи обрезков проволок, продеваемых через отверстия, просверливаемые в стойках после их изготовления и затвердения. Марка бетона при обоих видах принимается $M 200$.

3. Наибольшая крупность заполнителя. — В качестве заполнителя используется песок с размерами зерен до 5 мм и щебень (гравий) с зернами от 5—15 мм.

4. Защитный слой бетона. — Толщина защитного слоя бетона должна быть 15 мм.

5. Возможные геометрические очертания стоек. — Возможны различные очертания, но без острых углов и выступающих частей, способствующих ломкости и снижающих долговечность. Предпочтительной является прямоугольное очертание.

6. Метод армирования. — Стойки могут изготавливаться как с обычным, так и с напрягаемым армированием. Применение преднапряженных стоек предпочтительно с точки зрения их трещиностойкости, а также использования арматуры из высокопрочных сталей. В качестве арматуры в преднапряженных стойках должна быть использована высокопрочная проволока периодического профиля.

7. Глубина заделки стойки и защитные мероприятия. — Глубина заделки стоек принимается 60 см. Торцы преднапряженных стоек не должны иметь выступающих концов арматуры и должны быть покрыты антикоррозионным лаком.

В случае агрессивности грунтов (почв) концы стоек, заделываемых в грунт, также должны быть покрыты антикоррозионным лаком.

8. Метод подвески проволок к стойкам. — Подвешивание проволок к стойкам возможно при помощи металлических крюков, заделываемых в стойки при их изготовлении. Предпочтительным является подвешивание их при помощи проволочных обрезков, продеваемых через отверстия в стойках, образуемых при их изготовлении или путем просверливания в последующем (при легких бетонах).

9. Рекомендуемые размеры стоек и их расстановка в рядах при скоростном напоре ветра $Q = 30—55 \text{ кг/м}^2$. — Для поливных виноград-

никовая стойка принимается длиной 2,5 м и сечением 6×8 см, армирующая четырьмя стержнями диаметром 3 мм при обычном армировании и 2,5 мм периодического профиля при напрягаемом армировании.

Объем стойки 12 л и вес стойки 22 кг при легком бетоне и 30 кг при обычном бетоне.

Расстояние между стойками в четвертом и в последующих рядах—10 м, в третьем—5 м и во втором ряду—2,5 м. Расстояние между стойками первого ряда с наветренной стороны принимается так же как и во втором ряду, но сдвоенные, или же там, где это возможно через 10 м, но при условии закоривания проволочными оттяжками из расчета восприятия стойкой этого ряда $M = 68000 \text{ кг/см}$.

Для неполвиных виноградников, где виноградные насаждения имеют умеренный прирост, размещаемый на 2–3 шпалерных проволоках, стойки принимаются длиной 1,8–1,5 м, с прямоугольным сечением 6×6 см или с трапецидальным сечением 8×6–3 см. Армирование этих стоек и другие условия, а также принцип загущения их установок в наружных рядах сохраняются те же, что и указанные выше для стоек поливных виноградников.

Подвеска проволок к стойкам производится с наветренной стороны.

10. Технология изготовления стоек.—Учитывая, что потребность в стойках выражается в сотнях миллионов штук и что в Советском Союзе имеется оборудование бетонырующих комбайнов в количестве около 70 шт, необходимо изготовление преднапряженных стоек в первую очередь осуществлять с помощью этих бетонырующих комбайнов. Изготовление преднапряженных стоек возможно также осуществлять при помощи самоходного агрегата Р. М. Мхикина и Г. А. Канецяна. Железобетонные стойки с ненапрягаемым армированием рекомендуется изготавливать по агрегатно-поточной схеме на вибростанках.

Поступило 20.III 1960

В. Г. ЕГІАЗАРЯН

О ВЛИЯНИИ ЭЛЕКТРОПРОГРЕВА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЕЙ МАРОК 25i 2С И Ст-5

Простота применения электротермического метода натяжения арматуры приводит к его быстрому внедрению, главным образом, при изготовлении многослойных настилов армированных прутковой сталью различных марок.

Настилы изготавливаются по типовым проектам, которыми в основном предусматривается применение арматуры марки 30ХГ2С. Однако недостаточный выпуск стали этой марки в ряде случаев приводит

никовая стойка принимается длиной 2,5 м и сечением 6×8 см, армирующая четырьмя стержнями диаметром 3 мм при обычном армировании и 2,5 мм периодического профиля при напрягаемом армировании.

Объем стойки 12 л и вес стойки 22 кг при легком бетоне и 30 кг при обычном бетоне.

Расстояние между стойками в четвертом и в последующих рядах—10 м, в третьем—5 м и во втором ряду—2,5 м. Расстояние между стойками первого ряда с наветренной стороны принимается так же как и во втором ряду, но сдвоенные, или же там, где это возможно через 10 м, но при условии закоривания проволочными оттяжками из расчета восприятия стойкой этого ряда $M = 68000 \text{ кг/см}$.

Для неполвиных виноградников, где виноградные насаждения имеют умеренный прирост, размещаемый на 2–3 шпалерных проволоках, стойки принимаются длиной 1,8–1,5 м, с прямоугольным сечением 6×6 см или с трапецидальным сечением 8×6–3 см. Армирование этих стоек и другие условия, а также принцип загущения их установок в наружных рядах сохраняются те же, что и указанные выше для стоек поливных виноградников.

Подвеска проволок к стойкам производится с наветренной стороны.

10. Технология изготовления стоек.—Учитывая, что потребность в стойках выражается в сотнях миллионов штук и что в Советском Союзе имеется оборудование бетонящих комбайнов в количестве около 70 шт, необходимо изготовление преднапряженных стоек в первую очередь осуществлять с помощью этих бетонящих комбайнов. Изготовление преднапряженных стоек возможно также осуществлять при помощи самоходного агрегата Р. М. Мхикина и Г. А. Канецяна. Железобетонные стойки с ненапрягаемым армированием рекомендуется изготавливать по агрегатно-поточной схеме на вибростанках.

Поступило 20.III 1960

В. Г. ЕГІАЗАРЯН

О ВЛИЯНИИ ЭЛЕКТРОПРОГРЕВА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЕЙ МАРОК 25i 2С И Ст-5

Простота применения электротермического метода натяжения арматуры приводит к его быстрому внедрению, главным образом, при изготовлении многослойных настилов армированных прутковой сталью различных марок.

Настилы изготавливаются по типовым проектам, которыми в основном предусматривается применение арматуры марки 30ХГ2С. Однако недостаточный выпуск стали этой марки в ряде случаев приводит

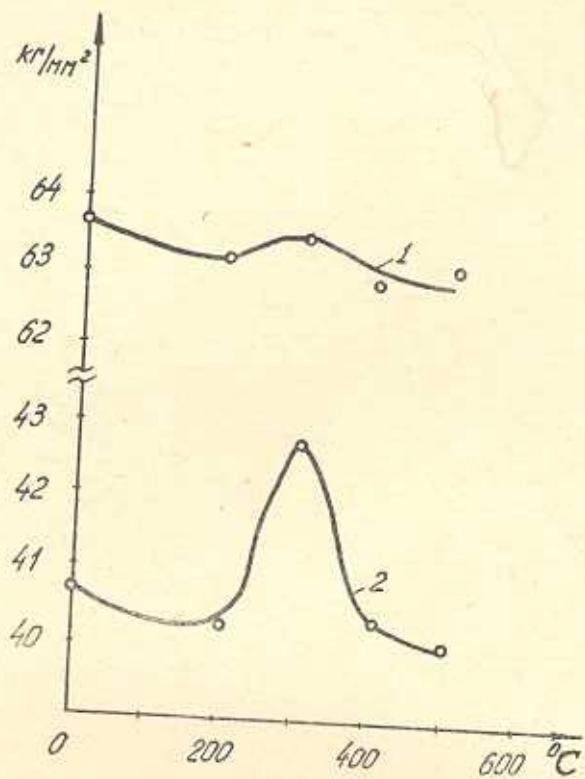


Рис. 1. Зависимость прочностных характеристик арматурной стали марки 25Г2С от температуры нагрева. Предварительно сталь была подвергнута вытяжке в холодном состоянии на 5,5%. 1—предел прочности стали; 2—предел текучести стали.

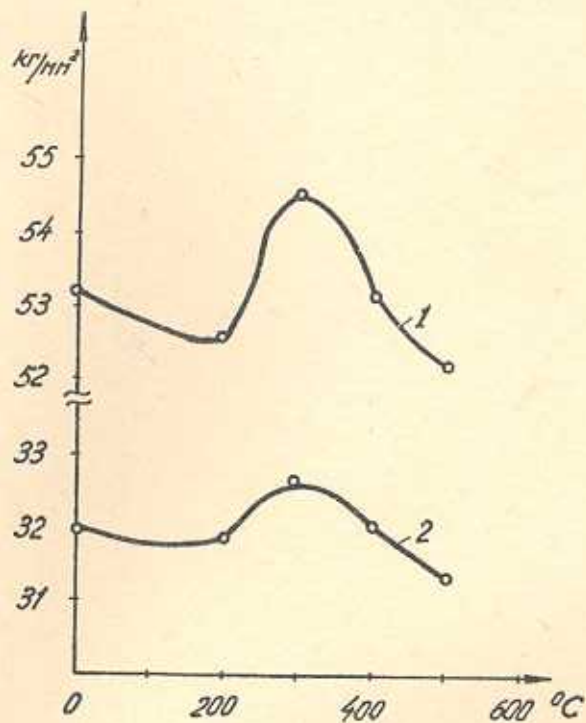


Рис. 2. Зависимость прочностных характеристик арматурной стали марки Ст-5 от температуры нагрева. Предварительно сталь была подвергнута вытяжке в холодном состоянии на 5,5%. 1—предел прочности стали; 2—предел текучести стали.

к необходимости использования при изготовлении настилов сталей марок 25Г2С и Ст-5 периодического профиля, подвергнутых упрочнению в холодном состоянии вытяжкой их на 5,5%. В свете изложенного в лаборатории испытания конструкций Армянского НИИ стройматериалов и сооружений автором заметки были проведены исследования прочностных характеристик упрочненных сталей марок 25Г2С и Ст-5 подвергнутых нагреву и последующему охлаждению. Были отобраны образцы длиной 300 мм из арматурной стали марок 2 Г2С и Ст-5 диаметром соответственно 12 и 14 мм. Образцы нагревались в муфельной печи до температуры 200, 300, 400 и 500°C с выдерживанием их в печи в течение 5—6 минут, и с последующим охлаждением на воздухе. Это соответствует режиму применяемому на заводских стендах.

Испытания охлажденных образцов на растяжение производились на разрывной прецизионной 10 тонной машине Шоппера.

На рис. 1 и 2 приведены графики изменения предела прочности и текучести сталей марок 25Г2С и Ст-5 в зависимости от температуры нагрева.

Как видно из графиков максимальные прочностные характеристики соответствуют температуре 300 С. Это в основном объясняется процессом упрочнения стали при ее старении. Повышение температуры до 400°C не приводит к заметному снижению прочности образцов по сравнению с исходным состоянием. Значительное снижение прочности, как показывают опыты, наступает при температуре 500 С и выше.

Полученные результаты показывают, что арматуры из сталей марок 25Г2С и Ст-5 периодического профиля, подвергнутые упрочнению в холодном состоянии путем вытяжки на 5,5% целесообразно нагревать до температуры не более 400 С.

Поступило 25.XII.1960

Շինարարական մեխանիկա

Կ. Մ. Խուբերյան, <i>Ջրերի տնտեսության ստորաբաժինները միասնական համարակերպության անորոշ ֆերմաներում՝ բեռնվածքի և տնտեսականության ջերմային ազդեցությունների հաշվարկում</i>	3
Է. Խ. Խաչիյան, <i>Ներքաշարային ու ծերի տակ տնտեսական օբյեկտների շինարարական հաշվարկում</i>	17

Հիդրոսեյսմիկա

Ի. Վ. Խղիսզարյան, <i>Ժողովրդական տնտեսության համար ֆրոյեն պաշարների զգալի տնտեսական հնարավորությունները և ջրապահանջների, լճերի ու ֆրոստայների մակերևույթից զոյոր աղմակի դեմ պաշարելու համար միամասիկուլյար պաշարային թաղանթ</i>	27
---	----

Շինարարական կոնստրուկցիաներ

Վ. Վ. Փինադյան, <i>Մեծ կամուրջի երկաթբետոնե կամարների երկարատև զեֆորմացիաները</i>	52
---	----

Գիսական հարեր

Թ. Ա. Բովսիսյան, <i>Օդի ճնշման բերումը ծովի մակարդակին մոտեցման եղանակով</i>	56
Մ. Ջ. Սիմոնով, Կ. Ս. Կարապետյան, <i>Քաղաքային ջրերի երկաթբետոնե շաղկապային կանգնակների հաշվարկում, կոնստրուկտիվության և պարամետրիկ վերաբերյալ</i>	58
Վ. Գ. Ելիսաբարյան, <i>ՅՏ՝ 2C և C1-3 մարկաները պողպատների ստորաբաժնի բնութագրերի վրա էլեկտրաստացիայի ազդեցության մասին</i>	62

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Строительная механика

К. М. Хуберян, <i>Области существования ишних неизвестных для однократно статически неопределенных ферм при расчете на нагрузку и неравномерные температурные воздействия</i>	3
Э. Е. Хачинян, <i>К динамическому расчету упругой системы из силы землетрясения</i>	17

Гидротехника

И. В. Елизаров, <i>Возможность значительной экономии подпых ресурсов для народного хозяйства и мономолекулярная эппи- пленка для борьбы с испарениями с поверхности водоемов, озер и водохранилищ</i>	27
---	----

В. В. Панаюзян	Длительная деформация железобетонных арок большого моста	51
----------------	--	----

Научные заметки

Р. А. Мовсисян	Приведение давления воздуха к уровню моря методом приближений	55
М. Э. Симонов и К. С. Карапетян	К расчету, конструированию и изготовлению железобетонных шпалерных стоек для пиноградников	58
В. Г. Егиазарян	О влиянии электропрогрева на прочностные характеристики сталей марок 25 Г2С и Ст—5	61

