

НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ТЕХНОЛОГИИ
ВИБРОПРОТЯЖНОГО
ФОРМОВАНИЯ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ИЗДЕЛИЙ**

МОСКВА 1983

Госстрой СССР

Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
бетона и железобетона

(НИИЖБ)

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ТЕХНОЛОГИИ
ВИБРОПРЯЖНОГО
ФОРМОВАНИЯ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ИЗДЕЛИЙ

Утверждены директором НИИЖБ
10 августа 1982 г.

Москва 1983

УДК 621.744.47.002.2:624.012.45

Печатается по решению секции заводской технологии бетона и железобетона НТС НИИМБ от 28 октября 1982 г.

Рекомендации по технологии вибропротяжного формирования железобетонных изделий. М., НИИМБ Госстроя СССР, 1983, с.23.

Рекомендации содержат основные положения по технологии формирования железобетонных изделий с помощью различных вибропротяжных устройств, а также примеры расчета, параметров оборудования и технологических режимов.

Предназначены для инженерно-технических работников предприятий сборного железобетона научно-исследовательских и проектных организаций.

Ил.8.

С

Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
бетона и железобетона, 1983.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Рекомендации составлены в развитие "Руководства по технологии формования железобетонных изделий" (М., 1977) применительно к технологии вибропротяжного формования с учетом новых результатов исследований, передового производственного опыта, а также результатов работы некоторых проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций.

Технико-экономическая эффективность вибропротяжной технологии обусловлена высокой производительностью труда за счет полной механизации всех производственных процессов, возможностью снижения металло- и энергоемкости изделий, а также получения экономии цемента за счет использования более жестких смесей.

Рекомендации разработаны НИИЖБ Госстроя СССР (д-р техн. наук И.Ф.Руденко, кандидаты техн. наук Е.З.Аксельрод, С.А.Селиванова, Л.П.Зотова, В.Н.Кузин) при участии ВНИИЖелезобетона Минстройматериалов СССР (канд. техн. наук Д.Ф.Толорая) и института "Гипростроммаш" Минстройдормаша СССР (канд. техн. наук В.А.Ли, инж. О.М.Рыков).

Все замечания и предложения по содержанию Рекомендаций просим направлять в НИИЖБ по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6.

Дирекция НИИЖБ

I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. Настоящие Рекомендации распространяются на вибропротяжную технологию формирования сборных железобетонных конструкций и изделий из тяжелых и легких бетонов.

I.2. Вибропротяжная технология является одним из методов поверхностного формирования изделий и предусматривает использование различных видов вибропротяжных устройств (см. гл. 3 настоящих Рекомендаций), конструкция которых позволяет производить укладку, уплотнение, формообразование, а в отдельных случаях и заглаживание поверхностей изделия.

I.3. Настоящие Рекомендации следует учитывать при производстве формовочных работ и расчетах технологических процессов формирования, а также при проектировании форм и оснастки формовочного оборудования

I.4. Вибропротяжную технологию можно применять для горизонтального, вертикального или наклонного формирования при условии, что изделие не имеет элементов, выступающих над поверхностью, примыкающей к рабочему органу, в том числе монтажных петель, закладных деталей и т.п.

2. БЕТОННЫЕ СМЕСИ, АРМАТУРНЫЕ КАРКАСЫ И ФОРМЫ

2.1. Бетонная смесь и входящие в ее состав компоненты должны удовлетворять требованиям ГОСТ на материалы для соответствующих видов бетона на тяжелых и легких заполнителях.

2.2. Основным параметром при назначении состава смеси является водоцементное отношение и удобоукладываемость (ГОСТ 10181-81) – жесткость (Ж, с) или осадки конуса (ОК, см).

2.3. Водоцементное отношение назначается из условия обеспечения заданной прочности бетона при отклонении до $\pm 5\%$.

2.4. Удобоукладываемость бетонной смеси следует назначать с учетом момента ее использования в деле и исходя из условия обеспечения заданного качества в диапазоне жесткости $Ж = 8-25$ с, а для густоармированных конструкций сечением до 20 мм – от $ОК = 3$ см до $Ж = 10$ с при отклонениях: по жесткости до -20% , по осадке конуса до $+30\%$.

2.5. Бетонная смесь, поступающая на пост формирования, должна обладать требуемой удобоукладываемостью, сохранять исходную однородность и температуру не ниже $t = 5$ °С.

2.6. Арматурные элементы и закладные детали должны соответствовать рабочим чертежам изделий, а максимально укрупненные сетки и

каркасы – отвечать требованиям ГОСТ 10922-75, СН-393-78 и других нормативов на изготовление сварных каркасов, действующих на данном предприятии.

Примечание: Не допускается применять арматуру со следами смазки, с отслаивающейся ржавчиной, налипшим раствором и прочими загрязнениями.

2.7. Арматура с целью обеспечения ее проектного положения и заданной толщины защитного слоя бетона должна быть оснащена фиксаторами.

Во избежание возможных деформаций и смещения арматурного каркаса, а также смещения закладных деталей в направлении движения формовочного устройства, должны быть предусмотрены мероприятия по их креплению к форме.

2.8. Формы, матрицы и стенды должны соответствовать ГОСТ 18886-73, а также стандартам на формы для конкретных видов изделий и обеспечивать размеры изделия в пределах отклонений, допускаемых ГОСТ 13015-75 и рабочими чертежами на изделие.

2.9. Высота поперечных бортов формы (относительно направления движения вибропротяжного устройства) должна быть на 2-4 мм ниже высоты ее продольных бортов.

2.10. Высота опалубочных деталей (вкладышей, проеомообразователей и т.п.), которые крепятся к поддону или бортам формы, должна быть на 5 мм ниже уровня продольных бортов.

2.11. Высоту продольных бортов формы, в том случае, если вибропротяжное устройство не соприкасается с ней в процессе формования, следует принимать: максимальную – равную минимальной толщине изделия (с учетом минусового допуска), минимальную – на 3-5 мм меньше.

2.12. К формам, предназначенным для изготовления изделий с последующей механизированной отделкой поверхности, предъявляются дополнительные требования:

высота поперечных бортов, а также все детали, крепящиеся к поддону или бортам форм, должны быть на 2-4 мм меньше высоты продольных бортов;

для защиты верхней поверхности борта, по которому перемещается рабочий орган отделочного устройства, от износа должны быть предусмотрены металлические полосы толщиной 8 мм и шириной не менее 40 мм.

2.13. Формы на пост формования должны поступать в готовом виде, т.е. должны быть тщательно очищены и смазаны, а также оснащены согласно рабочим чертежам соответствующими закладными деталями и надежно закрепленным в проектном положении арматурным каркасам.

2.14. Стенды и матрицы, предназначенные для изготовления пространственных конструкций, должны обладать достаточной массой и жесткостью либо, во избежание передачи вибрации на свежесформованную часть изделия и оплывание смеси, их следует выполнять из отдельных виброизолированных секций.

2.15. Прежде, чем приступить к формованию, особое внимание следует обратить на надежность крепления закладных деталей, распределительных коробок и трубок электропроводки с целью исключения их смещения в процессе формования. При этом способы крепления деталей, а также операция по их установке, фиксации и освобождению должны выполняться с минимальными затратами труда и времени.

3. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ВИБРОПРОТЯЖНЫХ УСТРОЙСТВ

3.1. Выбор схемы вибропротяжного устройства зависит от: технологии и положения изделия при формовании (горизонтальное, вертикальное или наклонное), формы изделий (плоские, пространственные или объемные, в том числе трубчатые).

3.2. Вибропротяжное устройство может быть выполнено стационарным, когда относительно него в процессе формования перемещаются формы, или в виде самоходного агрегата, перемещающегося относительно неподвижных форм или вдоль стенда.

3.3. В состав вибропротяжных устройств, предназначенных для горизонтального формования плоских или ребристых изделий, как правило, входит (рис. I):

вибронасадок, который, в свою очередь, состоит из приемного бункера, вплотную примыкающей к нему (или составляющей с ним одно целое) виброформирующей плиты и затвора;

стабилизатор или заглаживающие брусья, вплотную примыкающие к задней кромке виброформирующей плиты;

бункер-питатель.

3.4. Вибронасадок предназначен для приема поступающей из бункера-питателя смеси, ее предварительного уплотнения в вибробункере, распределения и затем окончательного уплотнения в изделии под виброформирующей плитой.

Вибронасадок может быть подвешен на упругих опорах, фиксирующих его положение относительно верхней поверхности формируемого изделия и исключающих передачу вибрации на раму машины, либо может опираться непосредственно на верхнюю поверхность бортов формы. Первая схема более предпочтительна, поскольку позволяет исключить виброударную нагрузку на борта формы и обеспечивает меньший уровень шума.

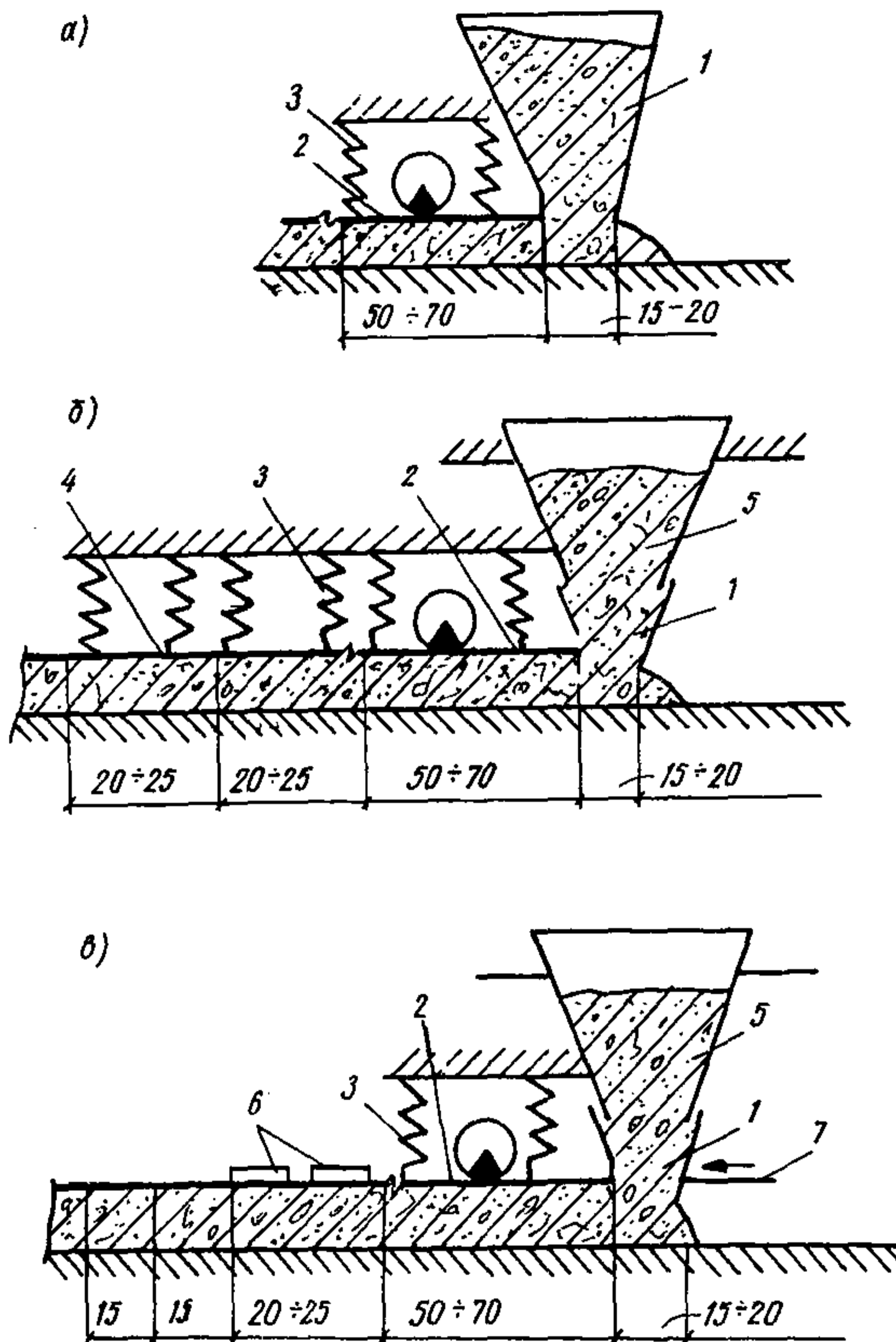


Рис. I. Схемы вибропротяжных устройств
 а - без стабилизатора; б - со стабилизатором; в - с заглаживающими устройствами

1 - вибробункер;
 2 - виброформирующая плита; 3 - пружины;
 4 - стабилизатор;
 5 - бункер-питатель;
 6 - заглаживающие устройства; 7 - шибер

3.5. Виброформирующая плита, предназначена для окончательного уплотнения смеси, должна быть равна ширине изделия и может быть выполнена: для случая использования вибровала с вынесенным электродвигателем - сплошной, для случая использования встроенного электродвигателя - сборной, т.е. состоящей из отдельных секций, каждая из которых крепится к раме с помощью индивидуальных упругих (резиновых) опор, а между секциями устанавливаются упругие герметизирующие прокладки.

Если виброформирующая плита и вибробункер выполнены отдельными, между ними, для предотвращения выдавливания бетонной смеси, устанавливается герметизирующая прокладка.

3.6. Стабилизатор представляет собой виброизолированную, подвешенную на упругих опорах к раме машины опалубку, и предназначен для ограничения верхней поверхности изделия и предохранения разжиженной смеси от выдавливания в зоне, расположенной непосредственно у задней кромки виброформирующей плиты, т.е. для калибровки изделия по высоте.

Для полного исключения вибрации смеси в зоне, примыкающей к выходной части стабилизатора, его рекомендуется выполнять из двух последовательных установленных секций.

В отдельных случаях роль стабилизатора могут выполнять два установленных друг за другом и вплотную к виброформирующей плите заглаживающих бруса, совершающих поперечные возвратно-поступательные движения относительно формы.

3.7. Бункер-питатель обеспечивает подачу смеси в вибробункер и наличие в нем заданного подпора. В том случае, если в конструкции вибробункера не предусмотрено специальное устройство для распределения смеси, питатель, независимо от своего типа (ленточный, барабанный и т.д.) должен обеспечить подачу смеси по всей ширине вибробункера.

3.8. Конструктивная схема вибропротяжных устройств для горизонтального формования пространственных конструкций в целом аналогична схеме, описание которой приведено в п.3.3 настоящей Рекомендаций, но имеет некоторые отличия:

при изготовлении изделий и конструкций с криволинейной по длине поверхностью (например, панелей-оболочек), для перемещения вибропротяжного устройства должно быть предусмотрено приспособление, повторяющее форму поверхности формируемого изделия;

при формировании пространственных конструкций с криволинейным поперечным сечением (складчатые покрытия, лотки оросительных систем и т.д.), форма виброформирующей плиты и стабилизатора должны соответствовать форме сечения конструкции (рис.2).

3.9. Для вертикального формования плоских и объемных элементов, используются, как правило, подвижные щиты, позволяющие осуществлять одно- и двухстороннее уплотнение (рис.3 и 4).

4. ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМОВАНИЯ

4.1. Бетонная смесь, поступающая на пост формирования, должна отвечать требованиям, перечисленным в пп. 2.1-2.5 настоящих Рекомендаций.

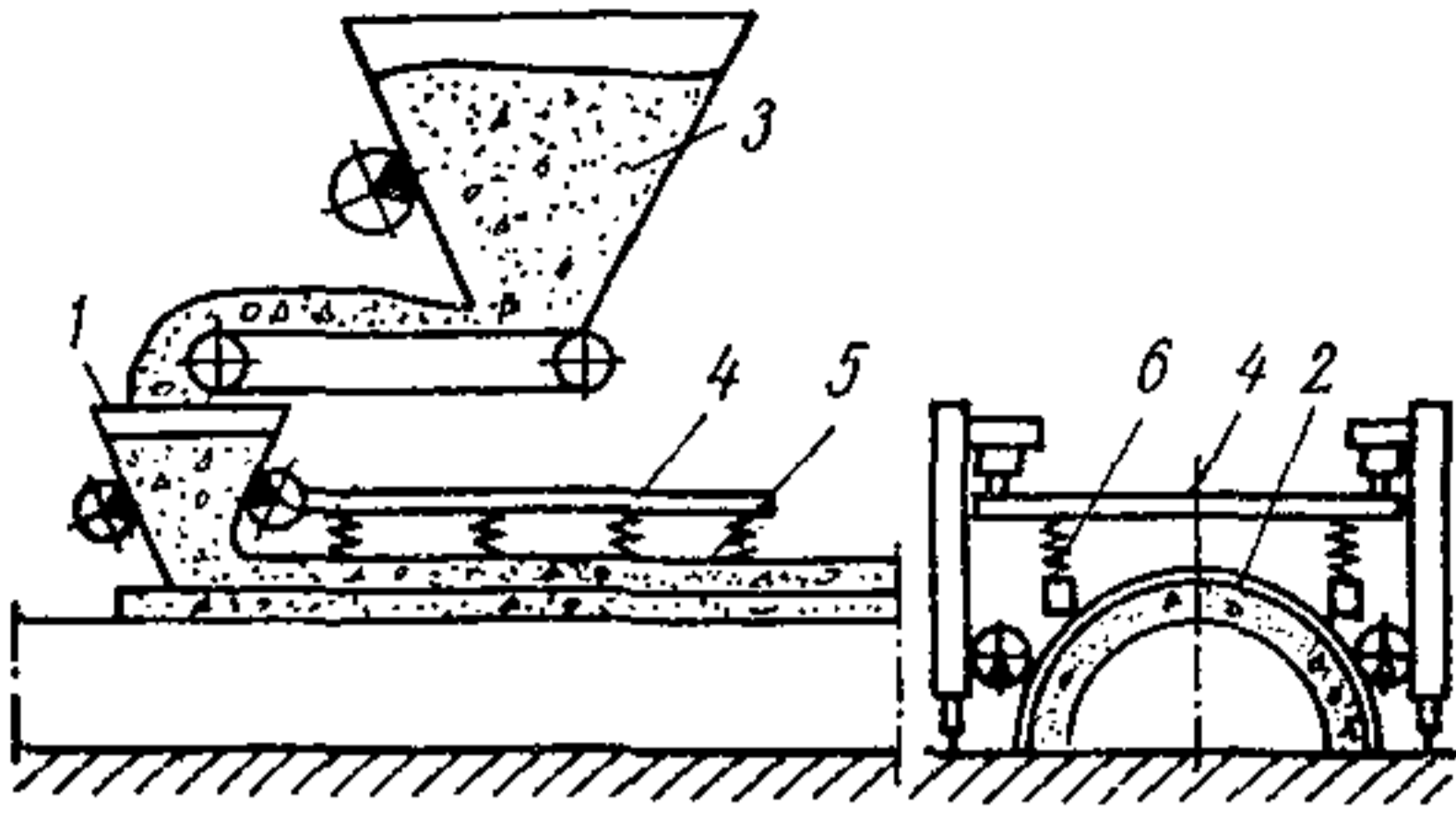


Рис.2. Схема вибропротяжного устройства для горизонтального формирования пространственных конструкций

1 - вибробункер; 2 - формирующая поверхность; 3 - бункер-питатель; 4 - рама; 5 - стабилизатор-опалубка; 6 - пружины

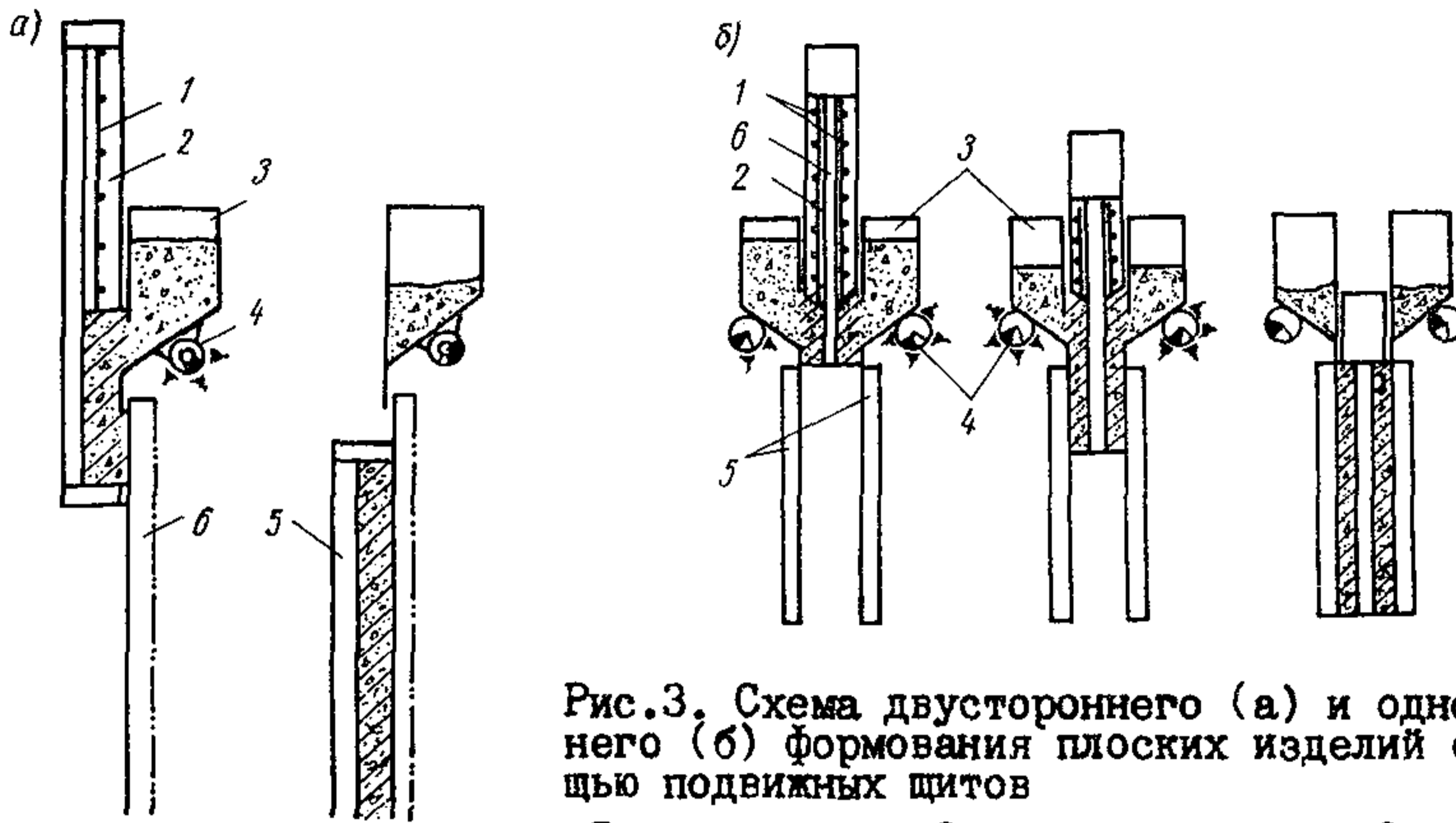


Рис.3. Схема двустороннего (а) и одностороннего (б) формирования плоских изделий с помощью подвижных щитов

1 - арматура; 2 - бортооснастка; 3 - вибробункер; 4 - вибровозбудитель; 5 - щит; 6 - форма

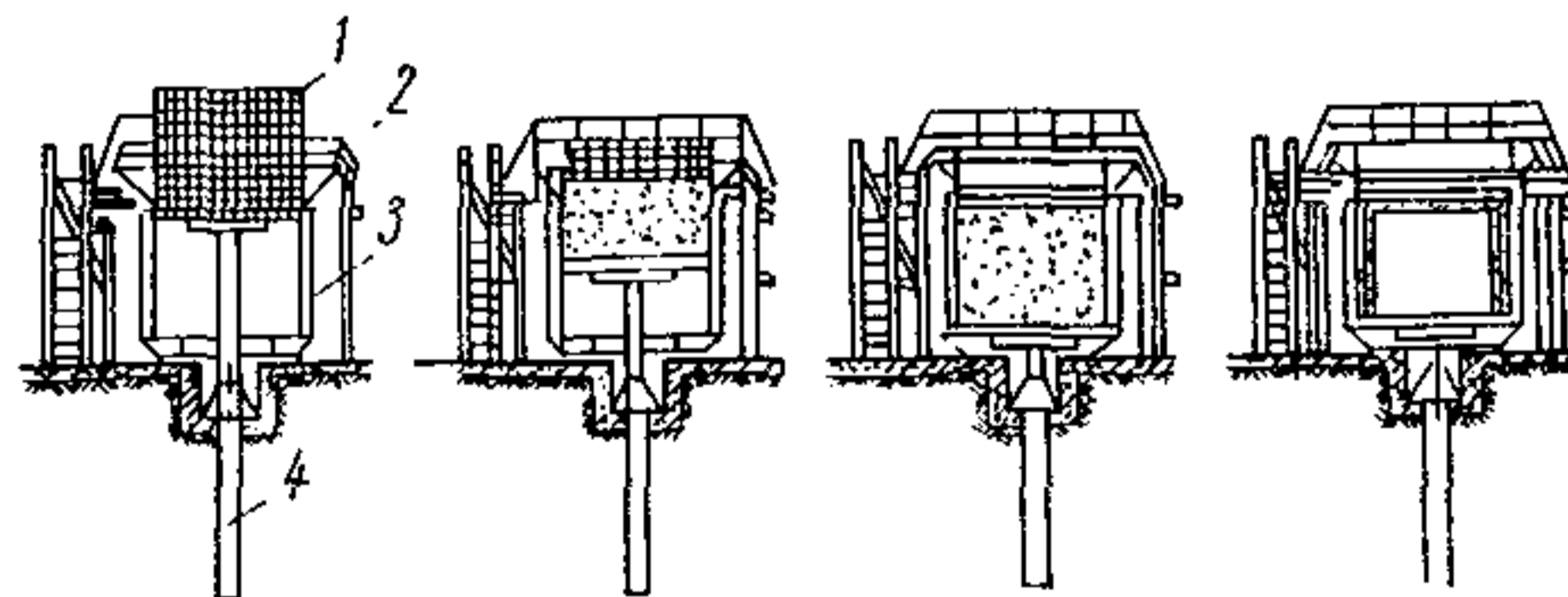


Рис.4. Схема формирования объемных блоков

1 - сердечник с арматурой; 2 - вибробункер; 3 - наружная оснастка; 4 - подъемник

4.2. Подвижность или жесткость смеси следует назначать с учетом параметров формовочного оборудования, толщины и характера армирования изделия и исходя из требований экономичности и обеспечения качества изделий, в том числе равномерного уплотнения по всему объему с коэффициентом уплотнения $K_v \geq 0,96$, отсутствия каверн, расслоений и формовочных трещин (см. гл. 5).

4.3. С целью повышения производительности формовочного поста и исключения необходимости применения затворов вибробункеров формование предпочтительнее производить либо при непрерывном перемещении следующих вплотную друг за другом форм, либо непрерывной полосой на стендах.

4.4. Перед началом работ следует убедиться в правильности оснащения формы и соблюдении величины зазора между верхней поверхностью продольных бортов и виброформирующей поверхностью вибронасадка (см. п. 2. II настоящих Рекомендаций).

4.5. Независимо от принятой технологии за 25–40 с до начала формования необходимо одновременно с включением вибровозбудителей начать подачу смеси в вибробункер.

4.6. В том случае, если арматурный каркас не обладает достаточной жесткостью в направлении формования и (или) при его недостаточной фиксации необходимо предусмотреть мероприятия в виде козырьков или шиберов, мешающие появлению валика бетонной смеси перед вибробункером и снижающие возможность сдвига и деформаций арматурного каркаса с выгибом вверх относительно поддона.

4.7. Высота слоя смеси в вибробункере в процессе формования должна быть постоянной и не менее 50 см.

5. ВЫБОР И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФОРМОВАНИЯ И НАГРУЗОК НА ОБОРУДОВАНИЕ

5.1. Выбор оптимальных режимов вибрирования (амплитуды и частоты смещения), статического давления, скорости формования, а также расчет нагрузок, действующих на оборудование, следует производить в зависимости от вида применяемой смеси, характера армирования и размеров формируемого изделия с учетом требований, предъявляемых к его качеству.

5.2. Рекомендуемые профили и характерные размеры вибропротяжных устройств для горизонтального формования плоских и пространственных элементов приведены на рис. 1 и 2.

При формировании пространственных конструкций криволинейного поперечного сечения для ускорения и обеспечения более равномерного поступления смеси под формующую плиту последняя должна иметь наклон к горизонту не более 45° (рис.5). При этом в вибробункере необходимо предусмотреть установку вибраторов, виброножей, вибродиафрагм, виброрешеток и тому подобных устройств, конструкция и размеры которых устанавливаются опытным путем.

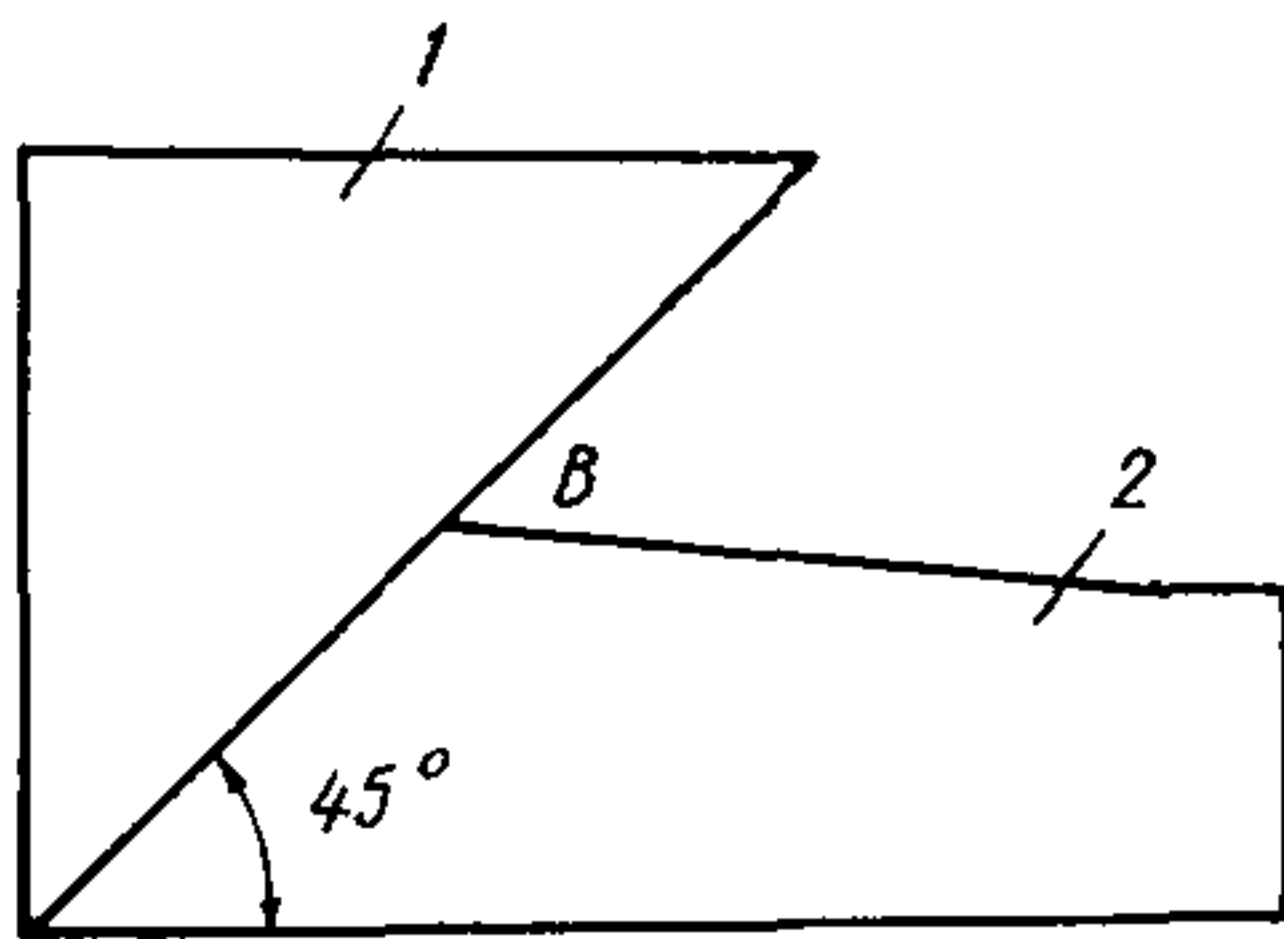


Рис.5. Примыкание вибробункера (1) к формующей поверхности (2)

зависимостью

$$K_M = 10A [G_B + (0,2 - 0,25) G_D] \quad (1)$$

где A – амплитуда колебаний виброоргана, см; G_B и G_D – масса соответственно вибрирующих частей виброоргана и вибрируемой бетонной смеси, кг.

5.5. Массу вибрирующих частей рабочего органа G_B , кг, рекомендуется принимать равной

$$G_B \approx (0,02 - 0,045) \cdot S \quad (2)$$

где S – площадь виброформующей поверхности, см^2 ; при этом меньшие значения соответствуют случаю использования электромеханических вибраторов со встроенным электродвигателем.

5.6. Массу вибрируемой бетонной смеси G_D , кг, следует принимать равной сумме масс смеси, находящейся в вибробункере $G_{BБ}$ и под виброформующей поверхностью $G_{BП}$

$$G_D = G_{BБ} + G_{BП} = (h_B \cdot t \cdot b_{пр} + h_D \cdot a \cdot l) \cdot 2,4^{-3} \quad (3)$$

где b – приведенная длина полости вибробункера; a – длина вибро-

5.3. Частоту колебаний виброоргана рекомендуется принимать в пределах $n = 3000-6000$ кол/мин.

Наиболее предпочтительным является применение высокочастотных режимов, что позволяет применять более экономичные жесткие смеси, обеспечивает повышение производительности труда, сокращение расхода цемента и снижение энергозатрат при увеличении оборачиваемости парка форм.

5.4. Статический момент вибро-возбудителя K_M , Нсм, определяется

формирующей плиты, см; l - ширина изделия, см; h_{δ} - толщина уплотненной смеси в изделии.

5.7. Статическое давление на смесь $P_{ст}$, МПа, в процессе формирования определяется величиной гидростатического подпора смеси в вибробункере

$$P_{ст} \approx 2,4 \cdot 10^{-4} h_{\delta} \quad , \quad (4)$$

где h_{δ} - высота смеси в вибробункере, см.

5.8. Предельная толщина уплотненной смеси в изделии h_{δ} зависит от заданных значений статического давления $P_{ст}$, МПа, и жесткости смеси J , с (по ГОСТ 10181-81), а также частоты колебаний n виброоргана, кол/мин, и определяется по формуле

$$h_{\delta} \leq 23,4 + 1,91 \cdot 10^3 P_{ст} - 1,83J - 7,2 \cdot 10^{-3} n - 8 \cdot 10^4 \cdot P_{ст}^2 + 5,8 \cdot 10^{-2} \cdot J^2 + 6 \cdot 10^{-7} \cdot n^2 - 42,5 P_{ст} J + 0,347 \cdot P_{ст} \cdot n \quad . \quad (5)$$

5.9. Пористость* уплотненной смеси Π (в относительных единицах) рекомендуется определять по формуле

$$\Pi = \frac{I}{10^4} - \left[(102 - 2,4J) + \frac{60 (185 + 17J) (0,1 + P_{ст})}{\varepsilon n} \right] \quad , \quad (6)$$

где ε - показатель относительной деформации уплотненной смеси, равный $\frac{A}{h_{\delta}}$.

5.10. Модуль упругости виброуплотняемой бетонной смеси E_{δ} МПа, равен

$$E_{\delta} = \frac{(0,1 + P_{ст})^2}{0,11} \quad (7)$$

5.11. Скорость распространения колебаний в смеси C , см/с, определяют по формуле

$$C \approx 10^3 \sqrt{4,1 E_{\delta}} \quad , \quad (8)$$

где E_{δ} - модуль упругости бетонной смеси, МПа.

5.12. Коэффициент затухания колебаний в смеси η , см⁻¹, определяют по формуле

$$\eta = -1,44 \cdot 10^{-2} + 7,0 \cdot 10^{-5} J + (6,35 \cdot 10^{-5} + 3,3 \cdot 10^{-6} J) \cdot 0,1047 \cdot n \quad . \quad (9)$$

* Примечание. Методику определения пористости см. в "Руководстве по технологии формирования железобетонных изделий". М., 1977.

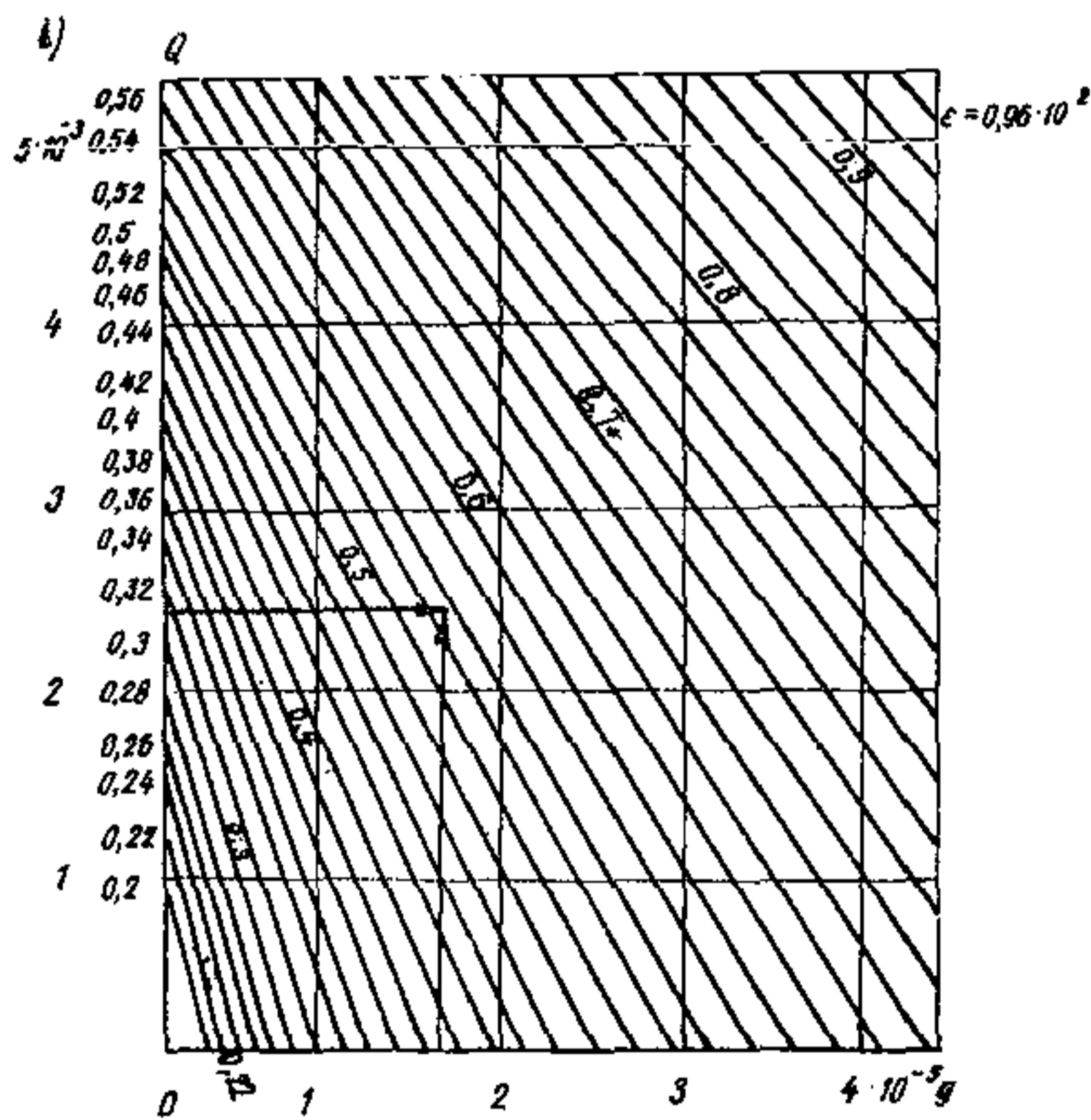
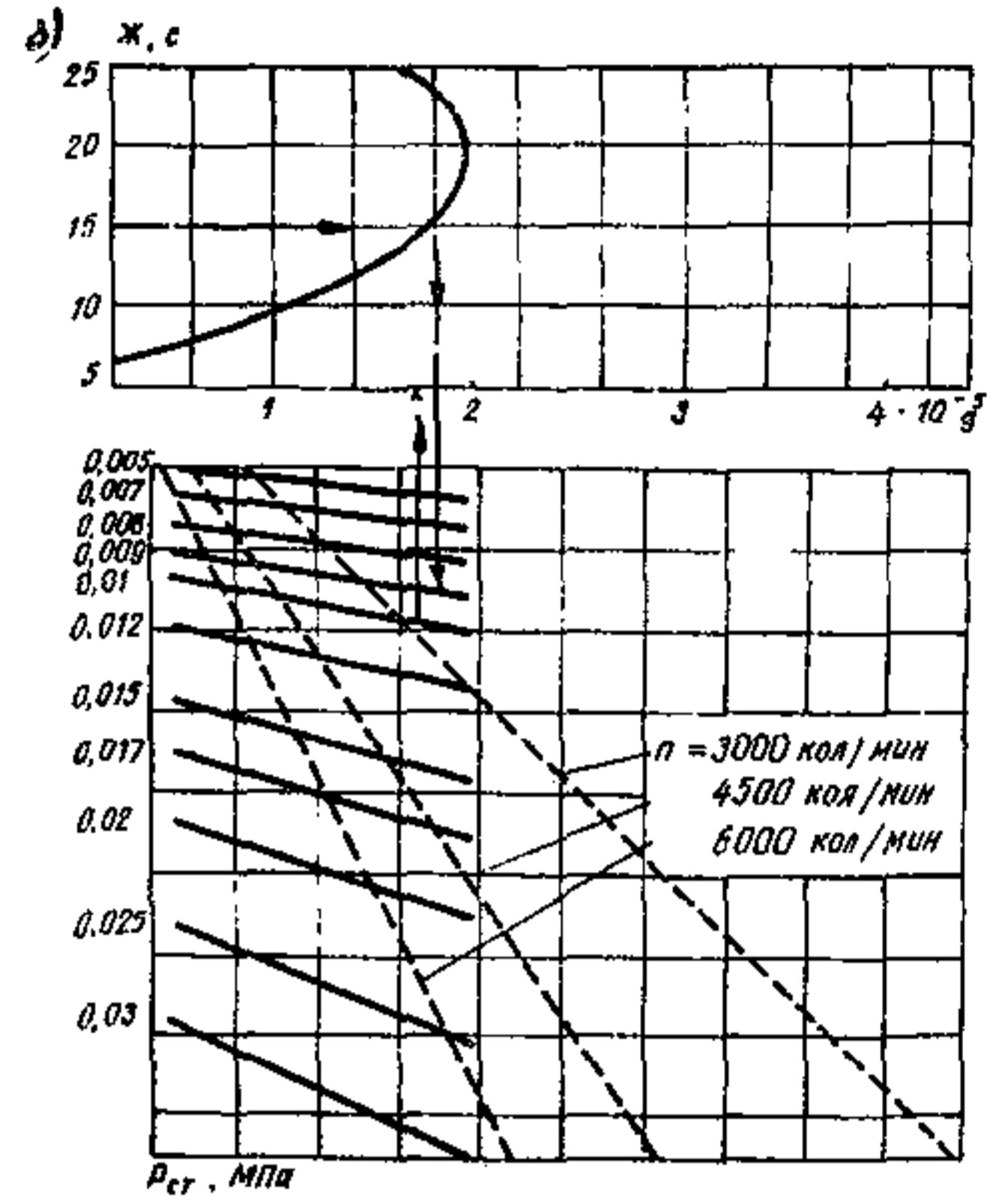
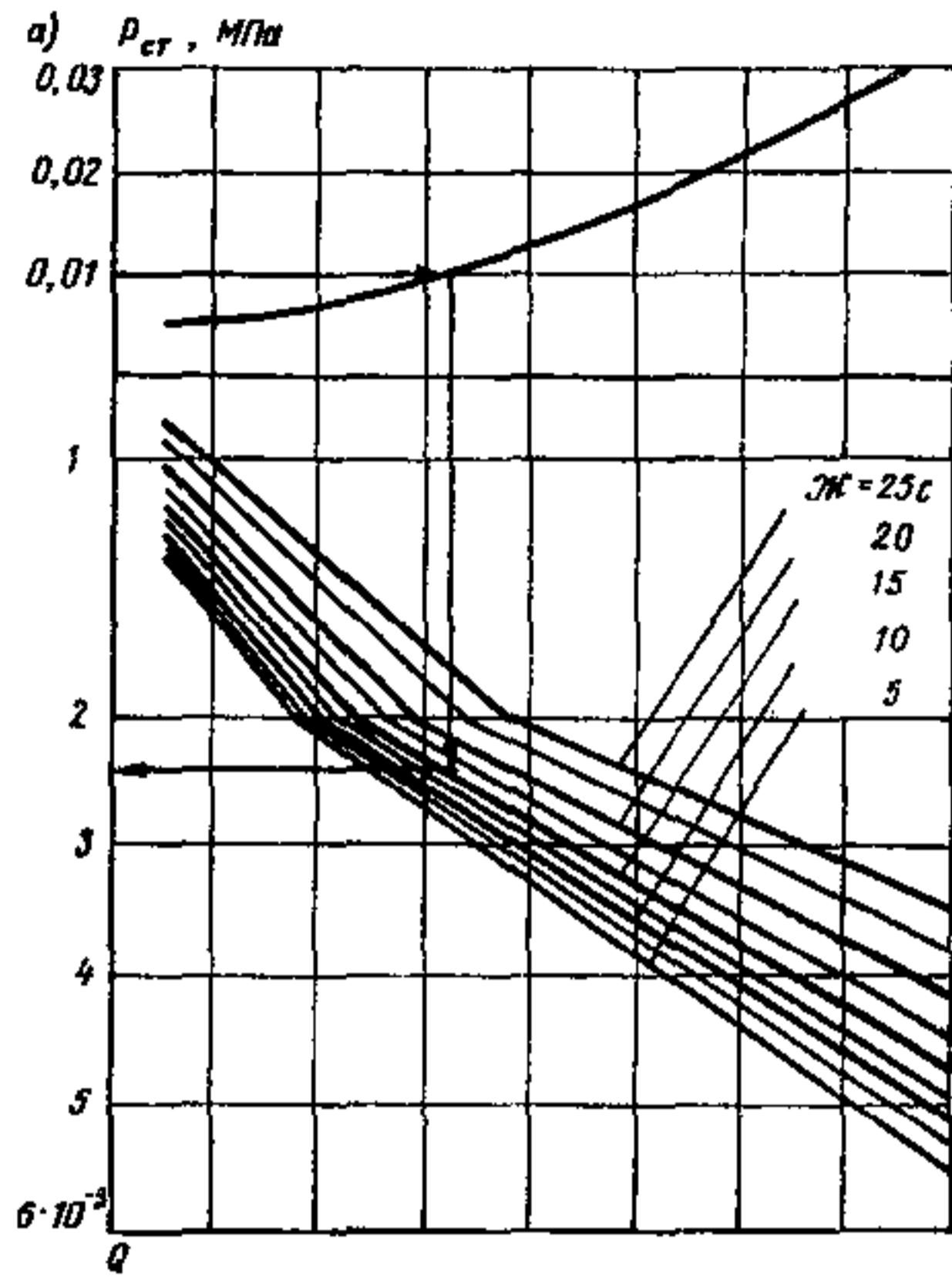


Рис.6. Номограммы для определения максимально допустимых деформаций смеси

а и б - определение соответственно Q и $ж$ по заданным значениям $P_{ст}$ и $ж$; в - определение ϵ по найденным значениям Q и $ж$

5.13. Относительные деформации смеси при вибрации не должны превышать предельных значений, из которых максимальные значения ε_{\max} находят по номограммам (рис. 6, а, б, в), а минимальные ε_{\min} — по формуле

$$\varepsilon_{\min} = \frac{(185+17\mathbb{Ж}) (0,1+P_{\text{ст}}) \cdot 60}{(300-2,4\mathbb{Ж}) \cdot n} \quad (10)$$

5.14. Амплитуда колебаний рабочего органа должна удовлетворять

а) при $h_{\delta} \leq \frac{15 \text{ С}}{n}$ — условиям (II) и (I2):

$$A_{\max} = \varepsilon_{\max} \sqrt{\frac{\text{ch } 2\eta h_{\delta} - \cos 2 \frac{0,105n \cdot h_{\delta}}{c}}{2 \left[\eta^2 + \left(\frac{0,105n}{c} \right)^2 \right]}}; \quad (11)$$

$$A_{\min} = \frac{\varepsilon_{\min}}{\varepsilon_{\max}} \cdot A_{\max} \sqrt{\frac{2}{\text{ch}^2 \eta h_{\delta} + \cos 2 \frac{0,105n \cdot h_{\delta}}{c}}}; \quad (12)$$

б) при $h_{\delta} \leq \frac{30 \text{ С}}{n}$ — условиям (I3) и (I4):

$$A_{\max} = \varepsilon_{\max} \sqrt{\frac{\text{ch } 2\eta h_{\delta} - \cos 2 \frac{0,105n h_{\delta}}{c}}{\left[\eta^2 + \left(\frac{0,105n}{c} \right)^2 \right] (\text{ch}^2 \eta h_{\delta} + \cos 2 \frac{0,105n h_{\delta}}{c})}}; \quad (13)$$

$$A_{\min} = \varepsilon_{\min} \sqrt{\frac{\text{ch } 2\eta h_{\delta} - \cos 2 \frac{0,105 \cdot n \cdot h_{\delta}}{c}}{\left[\eta^2 + \left(\frac{0,105n}{c} \right)^2 \right] (\text{ch} \eta \frac{\pi c}{0,105n} - 1)}} \quad (14)$$

В формулах (II)–(I4):

С — см. формулу (8); η — см. формулу (9),

Примечание. При $h_{\delta} \leq \frac{30\text{С}}{n}$ значение A_{\max} следует определять по формулам (II) и (I3) и принимать по меньшему значению.

Для приближенных расчетов при $h \leq 15$ см амплитуду колебаний рабочего органа можно определять из условия

$$\varepsilon_{\min} h_{\delta} \leq A \leq \varepsilon_{\max} \cdot h_{\delta}$$

5.15. Вибровязкость бетонной смеси h_{δ} , П, определяют:

а) при $P_{\text{ст}} < 0,02$ — по формуле

$$\eta_{\text{в}} = \left(0,67 + \frac{0,482 \cdot 10^9}{\varepsilon n^3} \right) \mathbb{Ж} \cdot 10^3; \quad (16)$$

б) при $0,02 < P_{ст} \leq 0,03$ - по формуле

$$\eta_{\sigma} = \left(0,88 + \frac{13,15 \cdot 10^9}{\varepsilon n^3} \right) \cdot 10^3. \quad (17)$$

5.16. Максимальное тяговое усилие вибропротяжного устройства F_B , Н обусловленное сопротивлением смеси под виброформирующей поверхностью и соответствующее максимальной скорости формования, определяются по формуле

$$F_B \approx 3 \cdot 10^{-1} \left(\varepsilon \frac{d_{ai} h_{ai}}{2 t_i} \cdot 2,5 + 1 \right)^2 \cdot S, \quad (18)$$

где S - см. формулу (2); d_{ai} - диаметр стержней арматуры, расположенной в направлении, поперечном формованию, см; h_{ai} - расстояние либо от некой точки в сечении изделия, либо от плоскости подвижного поддона, либо от неподвижной виброформирующей поверхности, где скорость движения смеси относительно формы равна нулю, до арматурных стержней; t_i - расстояние между стержнями арматуры, см.

5.17. Тяговое усилие вибропротяжного устройства, обусловленное сопротивлением перемещению стабилизатора $F_{см}$, Н, равно

$$F_{см} \approx 3 \cdot S_{см}, \quad (19)$$

где $S_{см}$ - площадь стабилизатора, см².

5.18. Суммарное тяговое усилие F , Н, без учета механических сопротивлений равно

$$F = F_B + F_{см} \pm F_M, \quad (20)$$

где F_B и $F_{см}$ - см. формулы соответственно (18) и (19); F_M - величина, определяемая массой формы при ее вертикальном перемещении (например, при формовании подвижными щитами). При этом знак "плюс" соответствует перемещению формы вверх, знак "минус" - перемещению вниз.

5.19. Скорость вибропротяжного формования V_{ϕ} , м/мин, не должна быть более

$$V_{\phi} = 1,5 \cdot 10^4 \left(\varepsilon \frac{d_{ai} h_{ai}}{2 t_i} \cdot 2,5 + 1 \right) \frac{h_{\delta}}{\eta}, \quad (21)$$

где d_{ai} , h_{ai} и t_i - см. формулу (18); h_{δ} - см. формулу (16); η - см. формулу (3).

5.20. Величину динамического давления на виброорган P_d , МПа, рекомендуется определять по формуле

$$P_d \approx \frac{E_\delta A}{h_\delta}, \quad (22)$$

где E_δ - см. формулу (8); A - см. формулу (1); h_δ - см. формулу (3).

5.21. Мощность, потребляемая бетонной смесью при формовании N_2 , кВт, рекомендуется определять по формуле

$$N_2 = 0,125 \cdot 10^{-5} S \cdot A \cdot n, \quad (23)$$

где S - см. формулу (19); A - см. формулу (1) и n - см. п. 5.7 настоящих Рекомендаций.

5.22. Масса стабилизаторов G_{cm} , кг, при горизонтальном формовании определяют из условия

$$G_{cm} \geq \frac{9,15 \cdot P_d \cdot S_{cm} 10^8}{3 n^2}, \quad (24)$$

где P_d - см. формулу (22).

5.23. Во избежание передачи вибрации от виброоргана и стабилизаторов на раму машины жесткость упругих опор K , Н.см, рекомендуется назначать из условия

$$\frac{\rho_{cm} \cdot S}{\Delta} \leq \varepsilon K \leq \frac{10,95 \cdot n^2 G_n}{3-6} \cdot 10^{-6}, \quad (25)$$

где G_n - виброизолированная масса виброоргана, кг; Δ - допустимое отклонение толщины изделия, см.

6. ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РЕГЛАМЕНТ НА ФОРМОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

6.1. Компановка узлов вибрирующей части рабочего органа должна быть такой, чтобы расположение координат точки приложения равнодействующей активных и реактивных сил либо совпадали с центром масс системы, либо находились на некотором расстоянии от него с таким расчетом, чтобы амплитуда колебаний виброформирующей поверхности в направлении, перпендикулярном формируемому изделию, распределялась от значений, соответствующих максимально допустимым величинам относительных деформаций в заходной части, до минимальных, - соответствующих минимально допустимой величине относительной деформации в конечной части (см. пп. 5.3-5.7 и 5.12 настоящих Рекомендаций).

6.2. При разработке оборудования особое внимание следует обратить на обеспечение условий удобства обслуживания, монтажа и ремонта, а также на мероприятия по повышению долговечности подшипников вибровозбудителей, вибровалов, сварных и болтовых соединений. Срок службы вибровозбудителей должен составлять не менее 2000 ч календарного времени.

6.3. При использовании в качестве привода для вибровозбудителя отдельного электродвигателя, следует предусматривать меры по его виброизоляции.

6.4. В конструкции вибровозбудителя должна быть предусмотрена возможность регулирования величины статического момента в пределах $\pm 50\%$ номинала.

6.5. Для обеспечения надежности работы вибровозбудителя следует обеспечить надежную контровку болтовых соединений. Посадочные места вибровозбудителей должны быть выполнены таким образом, чтобы исключить возможность работы болтов на срез, а в случае применения соединительных валов посадка должна обеспечить надежность центровки каждого вибровозбудителя.

6.6. При использовании серийно выпускаемых вибраторов со встроенным электродвигателем, конструкцию вибрирующих элементов рабочего органа желательно принимать секционной, с установкой между секциями герметизирующих упругих прокладок.

6.7. С целью снижения уровня шума и во избежание появления изгибных колебаний металлической обшивки, а следовательно, повышения надежности виброузлов, их конструкция должна обладать достаточной жесткостью и минимальной массой. Полость, в которой помещаются вибровозбудители должна плотно закрываться, а ее внутренняя поверхность – покрыта звукопоглощающим материалом. Упругие опоры должны быть, как правило, выполнены из резиновых элементов.

6.8. Конструкция упругих опор должна позволять производить регулировку положения рабочего органа по высоте в пределах до 20 мм.

6.9. При изготовлении изделий широкой номенклатуры конструкция вибропротяжного устройства должна позволять производить регулировку по высоте и переналадку по ширине формуемого изделия.

При стендовой технологии формования в конструкции вибробункера должен быть предусмотрен затвор.

6.10. При формовании пространственных изделий с криволинейной поверхностью по длине рама вибропротяжного устройства должна опираться на рельсовый путь, кривизна которого должна соответствовать

кривизне изделия. При формировании изделий в положении "кривизной вверх" в направлении, поперечном перемещению машины, рабочий орган и стабилизирующая опалубка должны быть снабжены устройствами, предохраняющими от вытекания бетонной смеси (см. п.3.8 настоящих Рекомендаций).

6.11. Стабилизирующая опалубка должна быть выполнена в виде двух последовательно расположенных брусьев с поперечным сечением, соответствующим профилю формуемого изделия, и иметь надежную виброизоляцию относительно рамы машины.

6.12. При разработке формовочных устройств следует стремиться к полной механизации и автоматизации процесса формирования, а также к максимальной унификации и стандартизации деталей машины.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПРОТЯЖНОГО УСТРОЙСТВА

Требуется определить основные технологические параметры виброоргана:

величину статического давления бетонной смеси $P_{ст}$, МПа;
 тяговое усилие виброоргана F_b , Н;
 динамическое давление виброоргана на смесь P_d , МПа;
 массу стабилизирующей опалубки $G_{см}$, кг, и виброоргана $G_{см}$, кг, при изготовлении плит толщиной 5 и 14 см, армированных металлическими каркасами из стержней соответственно диаметром $d_a = 0,5$ и 0,1 см, расположенных на расстоянии $t = 10$ и 20 см и $h = 2$ и 1,5 (12,5) см (см. п.5.15 настоящих Рекомендаций), формируемых с частотой колебаний виброоргана $n = 3000$ и 4500 кол/мин.

Последовательность расчета

1. По формуле (4) находим величину статического давления смеси в вибробункере при $h_b = 41$ см

$$P_{ст} = 2,4 \cdot 10^{-4} \cdot 41 = 0,010 \text{ МПа.}$$

2. По формуле (5) находим предельные значения толщины уплотненной смеси h_b , принимая $Ж = 5-30$ с (с интервалом 5 с) при $n = 3000$ и 4500 кол/мин и $P_{ст} = 0,010$ МПа и строим график (см.рис.7) в результате чего получим:

- а) для $h_b = 14$ см при $n = 3000$ кол/мин $Ж = 8$ с;
 при $n = 4500$ кол/мин $Ж = 13$ с;
- б) $h_b = 5$ см - соответственно $Ж = 22-29$ с.

3. По формулам (II)-(I4) находим предельные значения амплитуды колебаний виброоргана A , мм, необходимые для получения изделий толщиной $h_b = 5$ и 14 см. При этом находим: $\epsilon_{мин}$ - по формуле (I0), $\epsilon_{макс}$ - по номограмме рис. 6,а,б,в; коэффициент затухания - по формуле (9) (при $E_b \approx 2,5$ МПа). В результате получаем (рис.7):

- а) для $h_b = 14$ см

при $n = 3000$ кол/мин и $Ж = 8$ с	-	$A = 0,55$ мм;
при $n = 4500$ кол/мин и $Ж = 13$ с	-	$A = 0,35$ мм;
- б) для $h_b = 5$ см

при $n = 3000$ кол/мин и $Ж = 22$ с	-	$A = 0,25$ мм;
при $n = 4500$ кол/мин и $Ж = 29$ с	-	$A = 0,2$ мм.

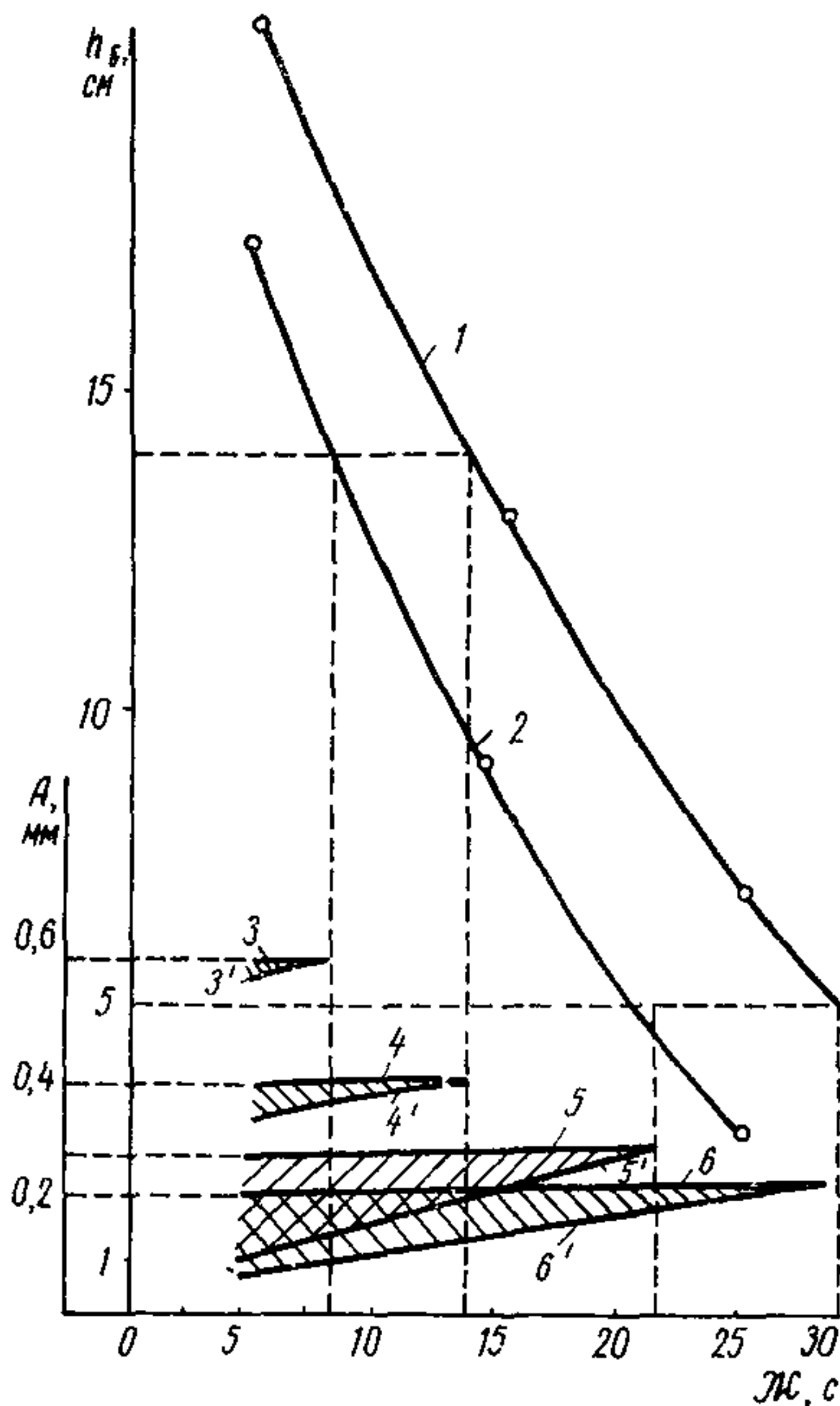


Рис.7. Зависимость толщины изделия и амплитуды колебаний виброоргана от жесткости смеси и частоты вибрирования при $P_{ст} = 0,01$ МПа
 1 - $n = 4500$ кол/мин;
 2 - $n = 3000$ кол/мин;
 3 и 3' ; 4 и 4' - максимальные и минимальные значения амплитуды колебаний виброоргана для $h_\delta = 14$ см при $n = 3000$ кол/мин (кривые 3 и 3') и при $n = 4500$ кол/мин (кривые 4 и 4'); 5 и 5'; 6 и 6' - то же, для $h_\delta = 5$ см ; $n = 3000$ кол/мин (кривые 5 и 5') и $n = 4500$ кол/мин (кривые 6 и 6')

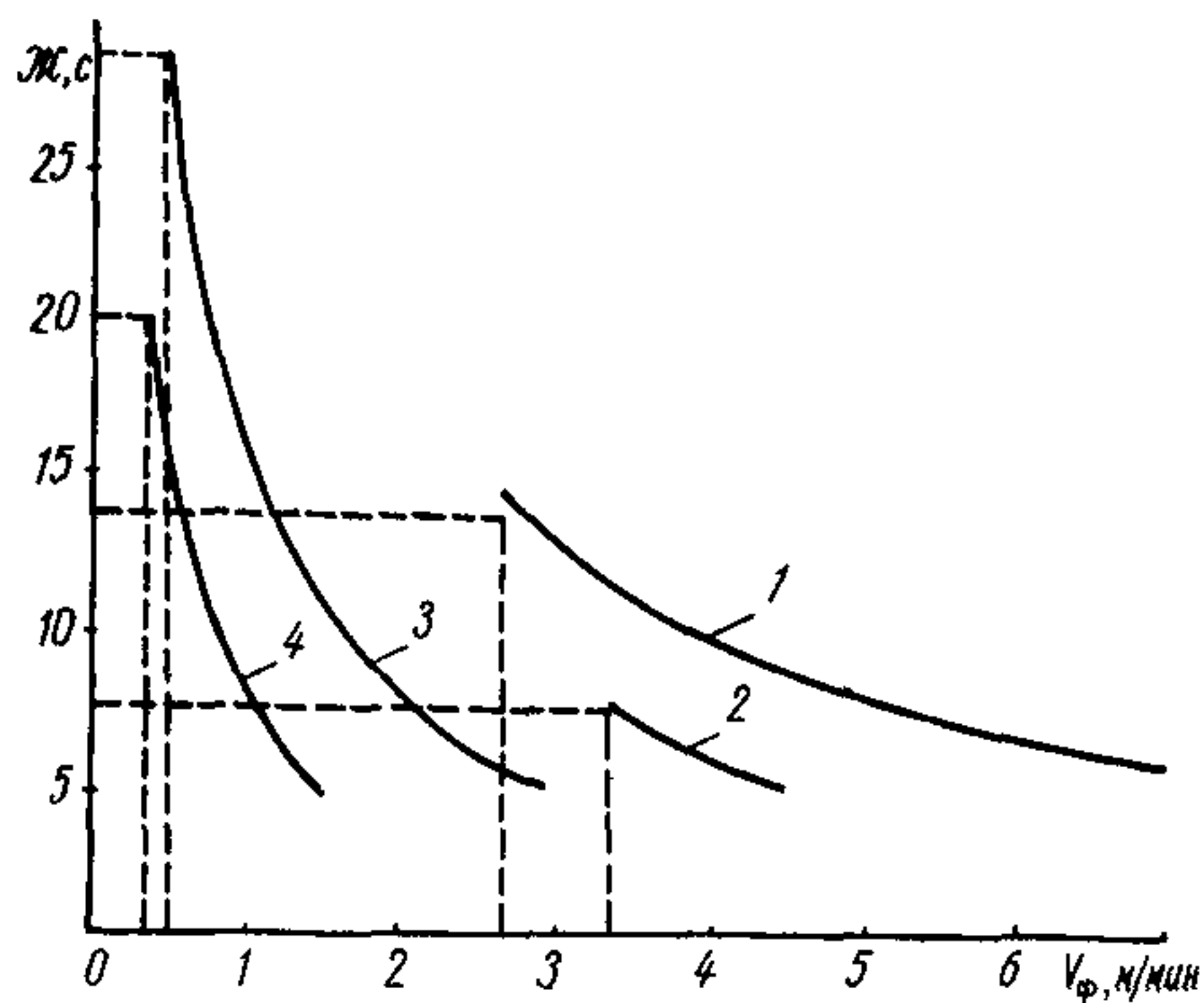


Рис.8. Скорость формования в зависимости от жесткости смеси и толщины изделия
 1 и 2 - $h_\delta = 14$ см соответственно $n = 4500$ и 3000 кол/мин; 3 и 4 - то же, $h_\delta = 5$ см

4. По формуле (21) находим скорость формования V_{ϕ} , м/мин, с учетом η_{δ} - см. формулу (16) и $\varepsilon_{мин}$ - см. формулу (10), а также значений J и $P_{ст}$ (см. рис.7 и п.2 расчета); результаты определения приведены на рис.8. откуда следует, что:

- а) для $h_{\delta} = 14$ см при $n = 3000$ кол/мин - $V_{\phi} = 2,7$ м/мин;
 при $n = 4500$ кол/мин - $V_{\phi} = 3,3$ м/мин
 б) для $h_{\delta} = 5$ см при $n = 3000$ кол/мин - $V_{\phi} = 0,35$ м/мин;
 при $n = 4500$ кол/мин - $V_{\phi} = 0,5$ м/мин

5. По формуле (18) определяем тяговое усилие вибропротяжного устройства F_{ρ} , Н, для предельных значений скорости формования. Получаем:

- а) при $h_{\delta} = 5$ см

$$F_{\rho} = 3 \cdot 10^{-1} \left(\frac{0,5 \cdot 2 \cdot 2,5}{2 \cdot 10} + 1 \right) 50 \cdot 300 = 5,062 \text{ Н};$$

- б) при $h_{\delta} = 14$ см

$$F_{\rho} = 3 \cdot 10^{-1} \left(\frac{0,1 \cdot 1,5}{2 \cdot 20} + \frac{0,1 \cdot 12,5}{2 \cdot 20} \right) 2,5 \cdot 11 \cdot 50 \cdot 300 = 5,332 \text{ Н},$$

где 50 и 300 - соответственно длина и ширина виброоргана.

6. Для определения по формуле (22) максимального динамического давления $P_{д}$, МПа, действующего на смесь в процессе ее виброуплотнения при $n = 3000$ и 4500 кол/мин, находим:

модуль упругости бетонной смеси E_{δ} , МПа, - по формуле (8);

амплитуду колебаний виброоргана - по рис.7.

Результаты расчета сведены в таблицу.

$n = 3000$ кол/мин		$n = 4500$ кол/мин	
A см	E_{δ} МПа	A см	E_{δ} МПа
<u>0,055</u>	<u>5,43</u>	<u>0,036</u>	<u>5,95</u>
0,025	3,47	0,02	3,32

* Перед чертой - для $h_{\delta} = 14$ см; после черты - для $h_{\delta} = 5$ см.

Подставляя данные таблицы в формулу (22), находим значение $P_{д}$, соответственно при $n = 3000$ и 4500 кол/мин:

- а) для $h_{\delta} = 5$ см

$$P_{д} = \frac{3,47 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}}{5} = 1,73 \cdot 10^{-2} \text{ МПа};$$

$$P_{\text{д}} = \frac{3.32.2.10^{-2}}{5} = 1,32.10^{-2} \text{ МПа};$$

б) для $h_{\delta} = 14 \text{ см}$

$$P_{\text{д}} = \frac{5,43.5,5.10^{-2}}{14} = 2,133.10^{-2} \text{ МПа};$$

$$P_{\text{д}} = \frac{5,96.3,5.10^{-2}}{14} = 1,49.10^{-2} \text{ МПа}.$$

8. По формуле (24) находим массу стабилизирующей опалубки $G_{\text{ст}}$, кг, соответственно при $n = 3000$ кол/мин и $n = 4500$ кол/мин (при длине стабилизатора 50 см и его площади, равной $S_{\text{ст}} = 50.300 = 1,5.10^4 \text{ см}^2$):

а) для $h_{\delta} = 5 \text{ см}$

$$G_{\text{ст}} \geq \frac{9,15.1,73.10^{-2}.1,5.10^4.10^8}{3.3000^2} = 870 \text{ кг};$$

$$G_{\text{ст}} \geq \frac{9,15.1,32.10^{-2}.1,5.10^4.10^8}{3.4500^2} = 200 \text{ кг};$$

б) для $h_{\delta} = 14 \text{ см}$

$$G_{\text{ст}} \geq \frac{9,15.1,33.10^{-2}.1,5.10^4.10^8}{3.3000^2} = 1000 \text{ кг};$$

$$G_{\text{ст}} \geq \frac{9,15.1,49.10^{-2}.1,5.10^4.10^8}{3.4500^2} = 300 \text{ кг}.$$

9. Определяем массу вибрирующих частей рабочего органа по формуле (2)

$$G_{\text{в}} = 0,03.15000 = 450 \text{ кг}.$$

10. Принимая общую массу бетонной смеси из условия п.5.6 настоящих Рекомендаций, по формуле (1) находим требуемые значения статических моментов вибровозбудителей K , кг.см,

$$G_{\text{в}} = (41.300.300 + h_{\delta}.50.300).2,4.10^{-3} \text{ кг}.$$

Тогда.

для $h_{\delta} = 5 \text{ см}$ $G_{\text{в}} = 1065 \text{ кг};$

для $h_{\delta} = 14 \text{ см}$ $G_{\text{в}} = 1389,6 \text{ кг}.$

Для полученных значений A , $P_{\text{ст}}$ и $G_{\text{в}}$ статические моменты вибровозбудителя будут равны соответственно при $n = 3000$ и 4500 кол/мин

а) для $h_f = 5$ см

$$K_M = 10 \cdot 0,025 (450 + 0,25 \cdot 1066) = 179 \text{ кг.см},$$

$$K_M = 10 \cdot 0,02 (450 + 0,25 \cdot 1066) = 143 \text{ кг.см};$$

б) для $h_f = 14$ см

$$K_M = 10 \cdot 0,055 (450 + 0,25 \cdot 1390) = 438 \text{ кг.см};$$

$$K_M = 10 \cdot 0,036 (450 + 0,25 \cdot 1390) = 268 \text{ кг.см}.$$

II. По формуле (23) определяем мощность N , кВт, потребляемую бетонной смесью

а) для $h_f = 5$ см

$$N = 0,125 \cdot 10^{-5} \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 0,025 \cdot 3000 = 1,413 \text{ кВт};$$

$$N = 0,125 \cdot 10^{-5} \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 0,02 \cdot 4500 = 1,695 \text{ кВт};$$

б) для $h_f = 14$ см

$$N = 0,125 \cdot 10^{-5} \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 0,055 \cdot 3000 = 3,108 \text{ кВт};$$

$$N = 0,125 \cdot 10^{-5} \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 0,035 \cdot 4500 = 2,967 \text{ кВт}.$$

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
I. Основные положения	4
2. Бетонные смеси, арматурные каркасы и формы	4
3. Принципиальные схемы вибропротяжных устройств	6
4. Технология формования	8
5. Выбор и расчет технологических параметров формования и нагрузок, действующих на оборудование	10
6. Техничко-эксплуатационный регламент на формовочное оборудование	16
Приложение. Пример расчета технологических параметров вибропротяжного устройства	19

Рекомендации по технологии вибропротяжного формования
железобетонных изделий

Отдел научно-технической информации НИИЖБ
Москва, 109389, 2-я Институтская ул., д.6

Редактор Т.В.Филиппова

Л - 92099	Подписано в печать 19/У-83	Заказ - 563
Формат 60x84/16	Печ.л. 1,5	Т - 200 экз. Цена 23 коп.

Типография ПЭМ ВНИИС Госстроя СССР
121471, Москва, Можайское шоссе, д.25.