ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АВТОКЛАВНЫХ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ

СН 99-60

Москва — 1960

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АВТОКЛАВНЫХ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ

СН 99-60

Утверждены
Государственным комитетом Совета
Министров СССР
по делам строительства
18 мая 1960 г

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
Москва — 1960

Редактор инженер Л. Е. Темкин

Настоящие технические условия распространяются на проектирование армированных без предварительного напряжения конструкций из автоклавных ячеистых бетонов: пенобетона, пеносиликата, пенозолобетона, газобетона, газосиликата и газозолобетона.

Данные, включенные в технические условия, в основном базируются на результатах экспериментального изучения применяющихся элементов армированных конструкций из ячеистых бетонов. Однако, учитывая, что такие конструкции, особенно крупноразмерные, применяются сравнительно недавно и некоторые специфические свойства их находятся еще в стадии изучения, в технических условиях сделан ряд ограничений, которые по мере накопления опыта применения таких конструкций и, главным образом, исследовательских данных, будут устраняться, а область применения настоящих технических условий сможет быть расширена. Так, настоящие технические условия не распространяются на проектирование предварительно напряженных конструкций из ячеистых бетонов, а также на проектирование двухслойных конструкций.

Технические условия разработаны НИИ бетона и железобетона Академии строительства и архитектуры СССР (канд. техн. наук В. В. Макаричев, инж. К. М. Милейковская) при участии Гипротиса Главстройпроекта при Госстрое СССР.

При составлении технических условий были также использованы работы ЦНИИ строительных конструкций Академии строительства и архитектуры СССР, б. ЦНИПС, Института строительства и архитектуры Академии наук Латвийской ССР, Горьковского инженерно-строительного института имени В. П. Чкалова, Ленинградского Промстройпроекта, Гипротиса и других организаций.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ВНЕШНИЕ СИЛЫ

$M^н$ и M —нормативный и расчетный изгибающие моменты;
$M_{тр}$ —расчетный момент появления трещин;
N —расчетная нормальная сила;
Q —расчетная поперечная сила;
$g^н$ —длительно действующая нормативная нагрузка;
$p^н$ —кратковременно действующая нормативная нагрузка.

ВНУТРЕННИЕ СИЛЫ И НАПРЯЖЕНИЯ

$N_а$ —расчетное усилие в растянутой арматуре;
$N_{ан}$ — расчетное усилие, воспринимаемое анкерными поперечными стержнями (см. п. 30);
$Q_б$ —сопротивление сжатой зоны бетона действию поперечной силы (см. п. 32);
q_x —расчетное усилие в поперечных стержнях приходящееся на единицу длины элемента (см. п. 33);
$M_{б.т}$ —изгибающий момент, воспринимаемый бетонным сечением элемента при появлении в нем трещин (без учета арматуры) (см. п. 39).

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ

R —марка ячеистого бетона (см. п. 5);
$R^н_{пр}$ и $R_{пр}$ —нормативное и расчетное сопротивления ячеистого бетона осевому сжатию (призменная прочность) (см. табл. 3 и 4);
$R^н_и$ и $R_и$ —нормативное и расчетное сопротивления ячеистого бетона сжатию при изгибе (см. табл. 3 и 4);
$R^н_р$ и $R_р$ —нормативное и расчетное сопротивления ячеистого бетона осевому растяжению (см. табл. 3 и 4);
$R^н_{сц}$ и $R_{сц}$ —нормативное и расчетное сцепления бетона с арматурой (см. табл. 3 и 4);
$R_а$ и $R'_а$ —расчетные сопротивления продольной арматуры растяжению (см. табл. 7) и сжатию;
$R_х$ —расчетное сопротивление поперечной арматуры (см. табл. 8);
$E_а$ и $E_б$ —расчетные модули упругости арматуры и бетона (см. пп. 10 и 14);
n —отношение модулей упругости $\left(n=\frac{E_а}{E_б}\right)$.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

b —ширина прямоугольного поперечного сечения элемента;

h —полная высота поперечного сечения элемента;

h_0 —расчетная (рабочая) высота поперечного сечения элемента

$$(h_0=h-a;\ h_0^1=h-a^1);$$

a и a' —расстояние от центра тяжести соответственно растянутой и сжатой арматуры до ближайшей растянутой или сжатой грани бетона;

$a_т$ —расстояние от оси опоры до начала наиболее опасного косого сечения (см. п. 29);

a_x —расстояние между поперечными стержнями, измеряемое вдоль элемента (шаг поперечных стержней) (см. п. 34);

x и $x_{ср}$ —высота и средняя высота сжатой зоны бетона;

ξ —относительная высота сжатой зоны бетона $\left(\xi=\frac{x}{h_0}\right)$;

z —плечо внутренней пары сил (расстояние от центра тяжести сечения продольной растянутой арматуры F_a до центра тяжести сжатой зоны бетона);

z_x —плечо внутренней пары сил при расчете хомутов (расстояние от плоскости поперечных стержней F_x до центра тяжести сжатой зоны бетона в рассматриваемом наклонном сечении);

F_a —площадь сечения продольной рабочей арматуры: в изгибаемых элементах — растянутой; во внецентренно сжатых элементах — у грани элемента, наиболее удаленной от силы N; в центрально сжатых элементах — полная;

F'_a —площадь сечения продольной рабочей арматуры: в изгибаемых элементах — сжатой; во внецентренно сжатых элементах — у грани элемента, ближайшей к силе N;

F_x —площадь сечения всех поперечных стержней (хомутов), расположенных в одной плоскости, нормальной к оси элемента, на участке рассматриваемого наклонного сечения (в пределах длины проекции этого сечения c_M);

f_x —площадь сечения поперечных стержней, приходящаяся на погонную единицу длины элемента $\left(f_x=\frac{F_x}{a_x}\right)$;

F —полная расчетная площадь сечения элемента;

$F_{см}$ —площадь смятия;

S_0 —статический момент площади всего сечения бетона (за вычетом защитного слоя) относительно центра тяжести растянутой арматуры (см. п. 23);

$S_б$ —статический момент площади сжатой зоны бетона относительно центра тяжести растянутой арматуры (см. п. 23);

J_i —приведенный к бетону момент инерции всего поперечного сечения элемента с учетом арматуры (см. п. 40);

c —проекция длины наклонного сечения на ось элемента при расчете наклонного сечения по поперечной силе Q (см. п. 33);

c_M —то же, при расчете наклонного сечения по моменту M (см. п. 29).

ЖЕСТКОСТЬ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ И ПРОГИБОВ

$B_{кр}$ —жесткость изгибаемых элементов при кратковременном действии нагрузки (см. п. 38);

B —то же, при длительном приложении нагрузки (см. п. 44);

$W_а$ —условный упруго-пластический момент сопротивления сечения, равный моменту усилия растянутой арматуры относительно центра тяжести сжатой зоны бетона, деленному на напряжение в крайнем волокне растянутой арматуры (см. пп. 38 и 42);

$\psi_а$ —коэффициент, учитывающий работу растянутого бетона между трещинами (см. пп. 38 и 39);

$W_{тр}$ —коэффициент для подсчета момента появления трещин и при расчете жесткости (см. п. 29), определяемый по графикам 2 и 3 приложения 1;

i —коэффициент для определения приведенного момента инерции с учетом арматуры J_i при расчете прогибов (см. п. 40). определяемый по графикам 4 и 5 приложения 1;

C —коэффициент для подсчета жесткости после появления трещин (см. п. 43), определяемый по графикам 6 и 7 приложения 1;

Θ —коэффициент снижения жесткости, учитывающий длительное действие нагрузки (см. п. 44).

Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства	Строительные нормы Технические условия проектирования армированных конструкций из автоклавных ячеистых бетонов	СН 99-60

I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1. Настоящие технические условия распространяются на проектирование изгибаемых, сжатых и внецентренно-сжатых элементов армированных (без предварительного напряжения) конструкций из следующих видов автоклавных ячеистых бетонов: пенобетона, пеносиликата, пенозолобетона, газобетона, газосиликата и газозолобетона.

Примечание. Технические условия не распространяются на двухслойные конструкции, состоящие из ячеистого и обычного бетона.

2. Армированные конструкции из автоклавных ячеистых бетонов должны проектироваться с учетом общих указаний раздела I «Норм и технических условий проектирования бетонных и железобетонных конструкций» (НиТУ 123-55), относящихся к обычным железобетонным конструкциям. При этом особое внимание должно быть обращено на соблюдение требований: по учету условий эксплуатации конструкций; по экономному расходованию стали, леса и цемента; по максимальной унификации и стандартизации конструкций, их элементов, соединений и арматуры; по использованию технических решений, отвечающих современным методам изготовления, транспортирования и монтажа конструкций.

Внесены Академией строительства и архитектуры СССР	Утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 18 мая 1960 г.	Срок введения 1 октября 1960 г.

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций из ячеистых бетонов должен производиться, согласно требованиям глав СНиП II-В.3 — «Строительная теплотехника» (2-е исправленное издание, 1958 г.) и II-В. 4—«Нормы проектирования ограждающих конструкций» (2-е исправленное издание, 1958 г.).

Примечание. Теплофизические характеристики конструкций из газосиликата, пенозолобетона и газозолобетона допускается принимать как для пеносиликата по данным главы II—В.3 СНиП.

3. Армированные конструкции из ячеистых бетонов допускается применять при следующих температурно-влажностных режимах воздуха помещений:

а) в покрытиях зданий—конструкции из пенобетона и газобетона — при режимах, указанных в табл. 1, а конструкции из пеносиликата, газосиликата, пенозолобетона и газозолобетона — при режимах, указанных в табл. 1, со снижением (путем вычитания) табличных значений наибольшей относительной влажности воздуха помещений на 5%, с тем, однако, чтобы она не превышала 70%;

Таблица 1

Температурно-влажностные режимы воздуха помещений зданий, при которых допускается применение в покрытиях армированных конструкций из пенобетона и газобетона

Температура воздуха в помещении в град.	Наибольшая относительная влажность воздуха помещений в % при расчетных температурах наружного воздуха в град.			
	--40 и ниже	—30	—20	—10 и выше
10	50	65	70	80
12	50	65	70	80
15	45	65	70	75
18	45	60	70	75
20	45	50	65	75
22	45	50	65	75

Примечания. 1. Указанные в табл. 1 температуры и влажности воздуха в помещении принимаются по соответствующим расчетным значениям для отопительного периода.

2. Для промежуточных расчетных температур наружного воздуха и промежуточных температур помещений наибольшие значения относительной влажности определяются интерполяцией.

3. При наличии окрасочной пароизоляции допускается повышение (путем суммирования) относительной влажности в помещении против указанной в табл. 1 на 10%, но не более чем до 80% для конструкций из пенобетона и газобетона и не более чем до 70% для конструкций из пеносиликата, газосиликата, пенозолобетона и газозолобетона.

б) в наружных стенах и чердачных перекрытиях зданий — в помещениях с относительной влажностью воздуха более (путем суммирования) на 15% значений, определенных, согласно указаниям п.3 «а», но с тем, однако, чтобы она не превышала 80% для конструкций из пенобетона и газобетона и 70% для конструкций из пеносиликата, газосиликата, пенозолобетона и газозолобетона;

в) во внутренних стенах и междуэтажных перекрытиях — в помещениях с относительной влажностью воздуха не более 80% для конструкций из пенобетона и газобетона и не более 70% для конструкций из пеносиликата, газосиликата, пенозолобетона и газозолобетона.

4. В целях предохранения армированных конструкций из ячеистых бетонов от увлажнения их атмосферными осадками, а также в целях предохранения арматуры от коррозии в ячеистых бетонах в проектах следует предусматривать защитные мероприятия в соответствии с указаниями, приведенными в приложении 2.

При наличии химически агрессивной воздушной среды применение армированных конструкций из ячеистых бетонов не допускается без специальных мер защиты их от коррозии.

II. МАТЕРИАЛЫ, НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

5. Для ячеистых бетонов, предусмотренных настоящими техническими условиями, устанавливаются следующие марки их по прочности (R): 35, 50, 75, 100 и 150.

Примечания. 1. За марку ячеистого бетона принимается предел прочности в *кг/см*² при сжатии образцов-кубов с ребром 100 *мм* в высушенном состоянии (высушивание производится при температуре около 105° до постоянного веса).

2. Предел прочности ячеистого бетона, определяемый согласно указаниям примечания 1, по испытанием образцов-кубов, отличных по размерам от 100 *мм*, принимается с умножением полученных результатов на следующие коэффициенты:

при	размере	ребра	кубов	50 *мм*	на 0,8
»	»	»	»	70 »	» 0,9
»	»	»	»	150 »	» 1,1
»	»	»	»	200 »	» 1,2

3. Предел прочности ячеистого бетона во влажном состоянии принимается равным прочности его в воздушно-сухом состоянии согласно указаниям примечаний 1 и 2, умноженный на коэффициент:

при влажности	8%	(естественно-влажное состояние)			0,85
»	»	10%	(повышенная влажность)		0,82
»	»	12%	»	»	0,78
»	»	15%	»	»	0,75
»	более	15%	»	»	0,7

6. Объемный вес ячеистого бетона в высушенном (согласно указаниям примечания 1 к п. 5) состоянии в зависимости от его марки по прочности должен быть не более приведенного в табл. 2.

Таблица 2

Максимальный объемный вес ячеистого бетона в высушенном состоянии

Максимальный объемный вес ячеистого бетона в высушенном состоянии в *кг/м³* при его марке				
35	50	75	100	150
600	700	850	1 000	1 200

Примечания. 1. Для теплотехнических расчетов ограждающих конструкций объемный вес ячеистого бетона можно принимать уточненным для данного конкретного вида бетона и принятой технологии его изготовления.

Коэффициенты теплопроводности и другие теплофизические характеристики ячеистого бетона принимаются в соответствии с уточненным объемным весом по данным главы II-В.3 СНиП «Строительная теплотехника» (2-е, исправленное издание, 1958 г.) с учетом примечания к п. 2 настоящих технических условий.

2. Зависимость максимального объемного веса ячеистого бетона от его марки приведена на графике 1 приложения 1.

7. Нормативные сопротивления ячеистого бетона при средней его влажности около 8% (с учетом понижающего коэффициента 0,85) в зависимости от марки принимаются по табл. 3.

8. Расчетные сопротивления ячеистого бетона равны нормативным сопротивлениям, умноженным на коэффициенты однородности.

Коэффициенты однородности принимаются равными:

при расчете на сжатие и сцепление 0,45
» » » » на растяжение 0,25

Примечания. 1. Коэффициент однородности определяется в соответствии с ГОСТ 6901-54 по кубам, изготовленным в формах или по образцам, выпиленным из изделий.

2. При систематическом получении коэффициентов однородности при сжатии более 0,45 разрешается повышать его для данного завода в соответствии с фактическими данными, но не более чем до 0,5.

Таблица 3

Нормативные сопротивления ячеистого бетона в естественно-влажном состоянии

Вид напряженного состояния	Обозначения	Нормативные сопротивления ячеистого бетона в *кг/см²* при марке ячеистого бетона				
		35	50	75	100	150
Сжатие осевое (призменная прочность)	$R^{н}_{пр}$	20	28	43	57	85
Сжатие при изгибе	$R^{н}_{и}$	25	35	54	71	106
Растяжение осевое	$R^{н}_{р}$	3,5	5	6	8	12
Сцепление ячеистого бетона с арматурой:						
круглой (гладкой)	$R^{н}_{сц}$	6	8	13	16	25
периодического профиля	$R^{н}_{сц}$	6	8	16	24	38

Примечание. При повышенной влажности ячеистого бетона нормативные сопротивления его определяются по табл. 3 с учетом коэффициентов, приведенных в примечании 3 к п. 5; при этом расчетная влажность армированных конструкций из ячеистых бетонов и соответствующие ей нормативные сопротивления ячеистых бетонов принимаются:

а) **в стенах (наружных и внутренних) и перекрытиях зданий** для конструкций из пенобетона, газобетона, пеносиликата, газосиликата — расчетная влажность 8% и нормативные сопротивления бетона по табл. 3, а для конструкций из пенозолобетона и газозолобетона — расчетная влажность 12%, следовательно, нормативные сопротивления по табл. 3 с понижающим коэффициентом 0,92;

б) **в покрытиях зданий** для конструкций из любых видов ячеистых бетонов—расчетная влажность более 15%, следовательно, нормативные сопротивления по табл. 3 с понижающим коэффициентом 0,82.

9. Расчетные сопротивления ячеистого бетона при средней его влажности около 8% (с учетом понижающего коэффициента 0,85) в зависимости от марки принимаются по табл. 4.

10. Расчетные модули упругости ячеистых бетонов независимо от влажности их принимаются равными нормативным по табл. 5.

11. Для определения собственного веса армированных конструкций из ячеистого бетона при расчете прочности и жесткости их нормативный объемный вес принимается по табл. 6.

Таблица 4

Расчетные сопротивления ячеистого бетона в естественно-влажном состоянии

Вид напряженного состояния	Обозначения	Расчетные сопротивления ячеистого бетона в *кг/см²* при марке ячеистого бетона				
		35	50	75	100	150
Сжатие осевое (призменная прочность) . .	$R_{пр}$	9	13	19	26	38
Сжатие при изгибе .	$R_{и}$	11	16	24	32	48
Растяжение осевое .	$R_{р}$	0,9	1,3	1,5	2	3
Сцепление ячеистого бетона с арматурой:						
круглой (гладкой) .	$R_{сц}$	2,6	3,7	6	7	11
периодического профиля	$R_{сц}$	2,6	3,7	7	11	17

Примечание. При повышенной влажности ячеистого бетона расчетные сопротивления его принимаются по табл. 4 с учетом коэффициентов, приведенных в примечании 3 к п. 5; при этом расчетная влажность армированных конструкций из ячеистых бетонов и соответствующие ей расчетные сопротивления ячеистых бетонов принимаются:

а) **в стенах (наружных и внутренних) и перекрытиях зданий** для конструкций из пенобетона, газобетона, пеносиликата и газосиликата — расчетная влажность 8% и расчетные сопротивления по табл. 4, а для конструкций из пенозолобетона и газозолобетона — расчетная влажность 12%, следовательно, расчетные сопротивления принимаются по табл. 4 с понижающим коэффициентом 0,92;

б) **в покрытиях зданий** для конструкций из любых видов ячеистых бетонов— расчетная влажность более 15%, следовательно, расчетные сопротивления принимаются по табл. 4 с понижающим коэффициентом 0,82.

Таблица 5

Расчетные модули упругости ячеистых бетонов $E_б$

Марка ячеистого бетона	Модуль упругости ячеистого бетона $E_б$ в *кг/см²*
35	17 000
50	25 000
75	38 000
100	50 000
150	70 000

Примечание. Зависимость расчетного модуля упругости ячеистого бетона от его марки приведена на графике 1 приложения 1.

Таблица 6

Нормативный объемный вес армированного ячеистого бетона для определения собственного веса конструкций

Нормативный объемный вес армированного ячеистого бетона в $кг/м^3$ при его марке				
35	50	75	100	150
700	850	1 050	1 150	1 350

Примечание. Для теплотехнических расчетов ограждающих конструкций из ячеистых бетонов объемный вес и соответствующие ему теплофизические характеристики бетонов определяются согласно указаниям п. 2 и примечания к табл. 2.

12. Для армирования конструкций из ячеистого бетона могут применяться следующие виды сталей:

а) сталь горячекатаная круглая (гладкая) марки Ст.3 (ГОСТ 380-60 и ГОСТ 2590-57);

б) сталь горячекатаная периодического профиля марки Ст.5 (ГОСТ 5781-58);

в) сталь горячекатаная низколегированная периодического профиля марки 25Г2С (ГОСТ 7314-55) и 35ГС (ЧМТУ 223-59);

г) сталь горячекатаная периодического профиля марок Ст.5, 25Г2С и 35ГС (см. пп. «б» и «в»), упрочненная вытяжкой;

д) сталь холодносплющенная периодического профиля марки Ст.3 (ГОСТ 6234-52);

е) проволока стальная низкоуглеродистая холоднотянутая круглая (ГОСТ 6727-53), а также сварные сетки заводского изготовления (ГОСТ 8478-57) из низкоуглеродистой холоднотянутой проволоки (ГОСТ 6727-53) или низколегированной катанки периодического профиля (ГОСТ 7314-55).

Для продольной растянутой арматуры рекомендуется применять стали, перечисленные в пп. «б» — «е». Сталь круглая (гладкая) марки Ст.3 рекомендуется для сжатой продольной и поперечной арматуры (где прочность ее используется не полностью), а также для устройства подъемных петель и в качестве поперечных распределительных или анкерующих стержней в сетках и каркасах.

Примечания. 1. При соответствующем обосновании допускается применять для армирования конструкций из автоклавных ячеистых бетонов другие виды прочной арматурной стали с ограничением для

нее расчетного сопротивления согласно указаниям примечания 1 к табл. 7.

2. Диаметр стержней арматуры конструкций из ячеистых бетонов не должен превышать 20 *мм*.

13. Расчетные сопротивления арматуры при расчете армированных конструкций из ячеистых бетонов на прочность принимается:

а) продольной растянутой ($R_а$)—по табл. 7 настоящих технических условий.

б) сжатой $R'_а = 1\,700$ *кг/см*^{2} независимо от вида и марки стали;

в) поперечной (R_x) независимо от вида и марки стали по табл. 8.

Таблица 7

Расчетные сопротивления продольной растянутой арматуры ($R_а$) в ячеистом бетоне

Вид арматуры	Расчетное сопротивление $R_а$ в *кг/см*^{2}
Сталь горячекатаная круглая гладкая марки Ст.3	2 100
Сталь холодносплющенная периодического профиля марки Ст.3	2 400
Сталь горячекатаная периодического профиля марки Ст.5	2 700
Сталь горячекатаная низколегированная марок 25Г2С и 35ГС	3 400
Сталь горячекатаная периодического профиля марки Ст.5, упрочненная вытяжкой:	
до удлинения 5,5% без контроля напряжений	3 250
до напряжения 4 500 *кг/см*^{2}, но при удлинении не более 5,5%	3 700
Сталь горячекатаная низколегированная периодического профиля марок 25Г2С и 35ГС упрочненная вытяжкой до удлинения 3,5%, без контроля напряжений или до напряжений 5 500 *кг/см*^{2}, но при удлинении не более 3,5%	4 000
Проволока стальная низкоуглеродистая холоднотянутая:	
диаметром до 5,5 *мм* включительно	3 150
» более 5,5 *мм*	2 500

Примечания. 1. Расчетные сопротивления продольной растянутой арматуры из твердых сталей, не предусмотренных в табл. 7, если применение их для армирования конструкций из автоклавных ячеистых бетонов соответствующим образом обосновано, принимаются: для круг-

ных (гладких) стержней—не выше чем для низкоуглеродистой холоднотянутой проволоки, а для стержней периодического профиля—не выше, чем для стали марок 25Г2С и 35ГС, подвергнутой упрочнению вытяжкой.

2. Снижение расчетных сопротивлений продольной растянутой арматуры по соображениям жесткости не рекомендуется; при недостаточной жесткости элементов целесообразно применять арматуру с более низким расчетным сопротивлением или увеличить размеры сечения элементов, руководствуясь указаниями по расчету жесткости, приведенными в настоящих технических условиях.

3. При использовании для расчета армированных элементов конструкций из ячеистых бетонов формул из НиТУ 123-55 следует иметь в виду, что принятые в этих формулах выражения $m_a R_a$ соответствуют значениям расчетного сопротивления арматуры R_a по табл. 7

Таблица 8

Расчетные сопротивления поперечной арматуры (R_x) в ячеистом бетоне

Расчетные сопротивления поперечной арматуры R_x в *кг/см²* при марке ячеистого бетона				
35	50	75	100	150
350	550	700	900	1 500

Примечание. При пользовании для расчета формулами из НиТУ 123-55 следует учитывать примечание 3 к табл. 7.

14. Расчетные модули упругости арматуры (E_a) принимаются равными нормативным, а именно:

для арматуры из горячекатаной стали марок Ст.3 и Ст.5—2 100 000 *кг/см²*;

для арматуры из горячекатаной стали марок 25Г2С и 35ГС — 2 000 000 *кг/см²*;

для холодносплющенной арматуры и арматуры из холоднотянутой низкоуглеродистой проволоки — 1 900 000 *кг/см²*.

III. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

15. Элементы армированных конструкций из ячеистого бетона рассчитываются в соответствии с указаниями глав II-Б.1 и II-Б.3 СНиП.

Расчет по несущей способности (на прочность, с учетом в необходимых случаях продольного изгиба, производится

для всех элементов конструкций, а расчет по деформации — только для изгибаемых.

Армированные конструкции из ячеистого бетона по раскрытию трещин не рассчитываются.

16. Расчет элементов армированных конструкций из ячеистого бетона по несущей способности производится на воздействия расчетных нагрузок по расчетным сопротивлениям бетона и стали, а расчет по деформациям — на воздействия нормативных нагрузок по расчетному модулю упругости.

17. Расчет элементов армированных конструкций из ячеистого бетона по несущей способности и деформациям производится с учетом пластических деформаций бетона и арматуры, а также наличия трещин в растянутой зоне бетона.

18. Элементы конструкций из ячеистого бетона должны быть рассчитаны, помимо эксплуатационных нагрузок, также на усилия, возникающие при распалубливании, транспортировании и монтаже. Коэффициенты перегрузки при этом принимаются как при дополнительном сочетании нагрузок, а собственный вес элемента вводится в расчет с коэффициентом динамичности 1,5.

IV. РАСЧЕТ НА ЦЕНТРАЛЬНОЕ И ВНЕЦЕНТРЕННОЕ СЖАТИЕ

19. Расчет на центральное и внецентренное сжатие элементов армированных конструкций из ячеистого бетона производится по формулам для расчета обычных железобетонных конструкций по НиТУ 123-55 (соответственно для центрально-сжатых по пп. 65, 67 и 68 и для внецентренно сжатых по пп. 96—98 и 102—105), принимая расчетные сопротивления арматуры по табл. 7 и 8 настоящих технических условий.

Примечание. Если в сжатых или во внецентренно сжатых элементах арматура по расчету не требуется, то производится дополнительная проверка этих элементов без учета арматуры, т. е. как бетонных неармированных элементов по НиТУ 123-55 (соответственно для центрально сжатых по пп. 56—58 и для внецентренно сжатых по пп. 60—63).

20. Помимо расчета общей несущей способности центрально- или внецентренно сжатого элемента, должен производиться расчет прочности его концов.

При отсутствии специального усиления концов и без стыкования арматуры опирающихся друг на друга элементов разрешается определять прочность концов элементов по формулам НиТУ 123-55 для расчета неармированных сечений (соответственно для центрально сжатых—по п. 56 и для внецентренно сжатых по пп. 60—62) без учета продольного изгиба со снижением несущей способности на 20%.

21. Расчет на смятие под опорами балок, прогонов, плит и т. п. производится по формуле

$$N = 0{,}8\,\psi_{см} F_{см} R_{пр}, \qquad (1)$$

где $\psi_{см}$ — коэффициент, зависящий от соотношения размеров площади смятия $F_{см}$ и полной расчетной площади сечения F, определяемый по формуле

$$\psi_{см} = \sqrt[3]{\frac{F}{F_{см}}}. \qquad (1а)$$

Если центр тяжести площади смятия $F_{см}$ не совпадает с центром тяжести всей расчетной площади сечения F, то в расчет [в формуле (1 а)] вводится только та часть площади F, которая является симметричной относительно центра тяжести площади смятия $F_{см}$.

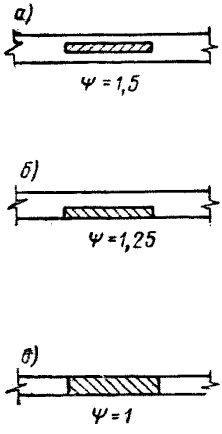


Рис. 1. Данные для определения коэффициента $\psi_{см}$ при расчете на местное смятие

Максимальная величина коэффициента $\psi_{см}$ в формуле (1) принимается следующей:

если площадь сечения занимает часть длины и часть ширины сечения и расположена не у его края (рис. 1-а), то максимальная величина $\psi_{см} = 1{,}5$;

если площадь смятия занимает часть длины и часть ширины сечения и расположена у его края (рис. 1-б), то максимальная величина $\psi_{см} = 1{,}25$;

если площадь смятия размещена у края сечения по всей его длине или ширине (рис. 1-в) $\psi_{см} = 1$.

V. РАСЧЕТ НА ИЗГИБ

22. Расчет изгибаемых элементов армированных конструкций из ячеистого бетона по несущей способности (по прочности) производится на изгиб по сечениям, нормальным к оси элемента, и по наклонным сечениям у опор (расчет на скалывание, см. раздел VI).

23. Расчет сечений, нормальных к оси изгибаемого элемента из ячеистого бетона (рис. 2), производится так же, как и расчет обычных железобетонных конструкций, по НиТУ 123-55 (в соответствии с пп. 72—76), но с уменьшением предельной высоты сжатой зоны (определяемой наибольшим процентом армирования, соответствующим разрушению элемента по сжатой зоне) так, чтобы удовлетворялось требование

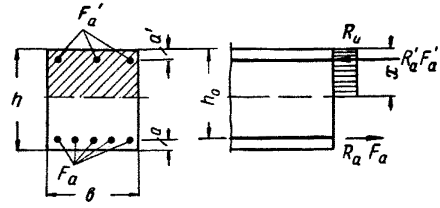


Рис. 2. Размеры и обозначения, принятые при расчете изгибаемых элементов прямоугольного сечения

$$S_б \leqslant 0{,}7S_0. \qquad (2)$$

24. Расчет на изгиб элементов из ячеистого бетона прямоугольного сечения (рис. 2) в соответствии с положениями, изложенными в п. 23 настоящих технических условий, производится по формулам

$$M = R_и bx\left(h_0 - \frac{x}{2}\right) + R_a' F_a' (h_0 - a'); \qquad (3)$$

$$R_a F_a = R_и bx + R_a' F_a'. \qquad (4)$$

При этом должно быть соблюдено вытекающее из формулы (2) условие

$$x \leqslant 0{,}45h_0 \text{ или } \xi \leqslant 0{,}45, \text{ а также}$$

$$x \geqslant 2a'. \qquad (5)$$

Наибольший процент одиночной растянутой арматуры из условия (5) равен

$$\mu_{макс} = 0{,}45\ \frac{R_и}{R_a}\ 100\%. \qquad (6)$$

Изгибаемые элементы прямоугольного сечения можно рассчитывать с помощью табл. 1 приложения 1 и приведенных в ней формул, заимствованных из НиТУ 123-55.

25. Расчет на изгиб элементов таврового сечения с полкой, расположенной у сжатой грани сечения, производится по формулам п. 75 НиТУ 123-55 с соблюдением условия (2) настоящих технических условий ($S_б \leqslant 0{,}7S_0$).

26. Изгибаемые элементы армированных конструкций из ячеистого бетона, работающие на изгиб в основном на эксплуатационные нагрузки, надлежит рассчитывать в соответствии с пп. 23—25 настоящих технических условий; элементы же, работающие на изгиб при распалубливании, транспортировании или монтаже (т. е. в монтажном состоянии), могут рассчитываться как бетонные, т. е. без арматуры.

Примечание. Неармированные элементы конструкций из ячеистого бетона могут рассчитываться на изгиб так же, как изгибаемые элементы из обычного бетона, по НиТУ 123-55 (п. 59), принимая расчетное сопротивление ячеистого бетона растяжению по табл. 4 настоящих технических условий.

VI. РАСЧЕТ ПО НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ (РАСЧЕТ НА СКАЛЫВАНИЕ)

27. Расчет армированных элементов ячеистого бетона по наклонным сечениям производится по изгибающему моменту и поперечной силе.

За расчетные значения момента M и поперечной силы Q в наклонном сечении принимаются соответственно наибольшие момент и поперечная сила от всех внешних сил, действующих по одну сторону от рассматриваемого наклонного сечения, относительно центра тяжести сжатой зоны в конце наклонного сечения.

При определении расчетных моментов и поперечных сил часть равномерно распределенной нагрузки, расположенная в пределах длины проекции наклонного сечения, уменьшающая величину момента и поперечной силы, не учитывается.

28. Расчет наклонных сечений по изгибающему моменту (рис. 3) производится по формуле

$$M = N_a z + \Sigma R_x F_x z_x, \qquad (7)$$

где M — расчетный момент внешних сил, действующих в рассматриваемом наклонном сечении, принимаемый согласно указаниям п. 27;

N_a — расчетное усилие в продольной растянутой арматуре в начале рассматриваемого наклонного сечения;

z — плечо внутренней пары сил в рассматриваемом косом сечении, равное расстоянию от центра тяжести растянутой арматуры до центра тяжести сжатой зоны бетона, причем центр тяжести сжатой зоны бетона разрешается принимать на уровне центра тяжести верхней сжатой арматуры (т. е. $z=h_0-a$); при отсутствии сжатой арматуры центр тяжести сжатой зоны бетона принимается на расстоянии 2 *см* от края сечения (т. е. $z=h_0-2$).

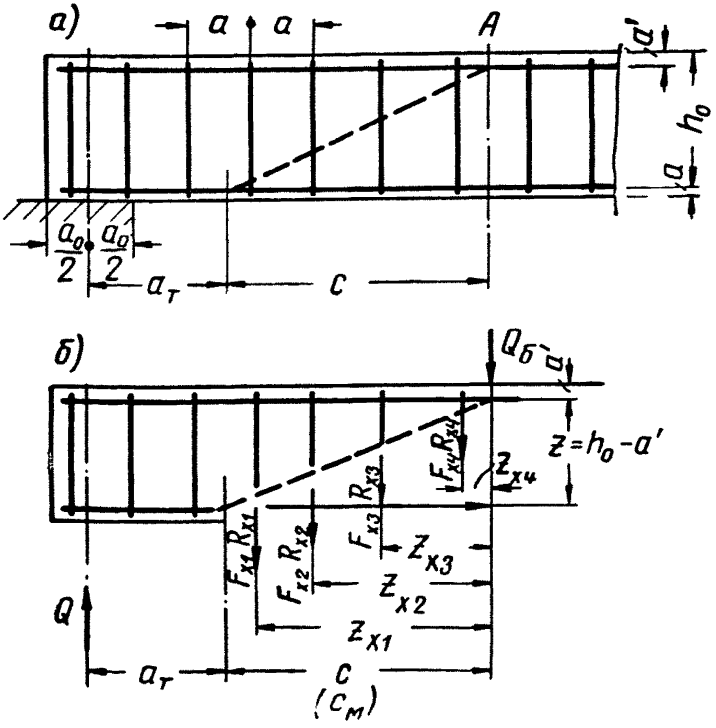


Рис. 3. К расчету изгибаемых элементов по косым сечениям

а — расположение косой трещины у свободной опоры; *б* — расчетная схема по косому сечению

29. Направление наиболее опасного наклонного сечения (по изгибающему моменту) определяется из следующих условий.

Начало наиболее опасного наклонного сечения принимается на расстоянии $a_т$ от оси опоры (рис. 3), вычисляемому по формуле

$$a_т = \frac{M_{тр}}{Q}, \tag{8}$$

где $M_{тр}$ — момент появления трещин, определяемый с учетом сжатой и растянутой арматуры.

Для прямоугольных сечений $M_{тр}$ вычисляется по формуле

$$M_{тр} = W_{тр} b h^2 R_р, \tag{9}$$

где $W_{тр}$ — коэффициент, принимаемый по графикам 2 и 3 приложения 1, в зависимости от характеристик армирования.

$$\sigma_2 = \frac{2F_а}{bh} \cdot \frac{E_а}{E_б} \text{ и } \frac{F'_а}{F_а}.$$

Конец наиболее опасного (по моменту) наклонного сечения определяется проекцией длины этого сечения на продольную ось элемента (величиной c_M), которая находится из следующего уравнения:

$$Q = \Sigma R_x F_x. \tag{10}$$

При поперечных стержнях, равномерно распределенных вдоль оси элемента, проекция длины наиболее опасного косого сечения на ось элемента определяется по формуле

$$c_M = \frac{Q}{R_x f_x}. \tag{11}$$

При равномерно распределенной нагрузке конец наиболее опасного косого сечения должен располагаться не далее $1/4$ пролета от оси опоры (т. е. $a_т + c_M \leqslant \frac{l}{4}$) с тем, чтобы момент внешних сил M в формуле (7) не превышал максимального изгибающего момента $\frac{gl^2}{8}$.

При сосредоточенной нагрузке конец наиболее опасного косого сечения должен располагаться так, чтобы момент внешних сил M в формуле (7) не превышал максимального изгибающего момента для данного элемента.

Примечание. При определении величины c_M из формул (10) и (11) внешняя нагрузка в пределах длины c_M в расчет не вводится.

30. Величина расчетного усилия $N_{ан}$, воспринимаемого анкерными поперечными стержнями, приваренными к каждому продольному стержню, в конструкциях плитного типа определяется [при расчете наклонных сечений по изги-

бающему моменту по формуле (7)] с учетом сцепления ячеистого бетона с арматурой по следующей формуле:

$$N_{ан} = 5n_а d_1^2 R_{пр} \sqrt[3]{\frac{E_а}{E_б}} + R_{сц} a_т u, \qquad (12)$$

где d_1 — диаметр анкерных поперечных стержней;

$n_а$ — количество анкерных поперечных стержней, принимаемое с учетом указаний п. 51;

u — периметр продольного стержня.

Примечания. 1. Количество расчетных анкерных поперечных стержней должно быть не более четырех; расстояние между продольными стержнями должно быть не менее 50 *мм*.

2. В конструкциях балочного типа, армированных вертикальными каркасами (когда поперечные анкерные стержни расположены вертикально), величина расчетного усилия, воспринимаемого анкерами, определяется по формуле (12) с введением коэффициента 0,6; при горизонтальном расположении анкеров в конструкциях балочного типа, когда под анкерами обеспечивается надлежащая толщина защитного слоя бетона, усилие, воспринимаемое анкерами, определяется по формуле (12) без снижения.

31. Для всех элементов прямоугольного и эквивалентного ему сечений должно соблюдаться условие

$$Q \leqslant 0{,}2bh_0R_и, \qquad (13)$$

причем если

$$Q \leqslant 0{,}8bh_0R_р, \qquad (14)$$

то расчет наклонных сечений на воздействие поперечной силы может не производиться и поперечная арматура не устанавливается или она назначается по конструктивным соображениям.

32. Расчет наклонных сечений, армированных поперечной арматурой (без отгибов), по поперечной силе производится по формуле

$$Q \leqslant \Sigma R_x F_x + Q_б, \qquad (15)$$

где $Q_б$ — сопротивление сжатой зоны бетона рассматриваемого наклонного сечения действию поперечной силы (т. е. проекция предельного усилия в бетоне сжатой зоны на нормаль к оси элемента прямоугольного и таврового сечений), принимаемое равным

$$Q_б = \frac{0{,}15bh_0^2 R_и}{c}, \qquad (16)$$

где c — проекция длины наклонного сечения на ось элемента (рис. 3).

33. При равномерно распределенных по длине элемента поперечных стержнях проекция длины невыгоднейшего наклонного сечения (по расчету по поперечной силе) определяется по формуле

$$c = \sqrt{\frac{0{,}15 b h_0^2 R_и}{q_x}}, \qquad (17)$$

где q_x — расчетное усилие в поперечных стержнях, приходящихся на единицу длины элемента, определяемое по формуле

$$q_x = R_x f_x = R_x \frac{F_x}{a_x}. \qquad (17а)$$

34. При равномерно распределенных по длине элемента поперечных стержнях с учетом формул (15) — (17) практический расчет поперечной арматуры производится по формулам (18) и (19) :

$$q_x = \frac{Q^2}{0{,}6 b h_0^2 R_и}. \qquad (18)$$

Площадь сечения одного поперечного стержня (одной ветви его) f_{x1} определяется по формуле

$$f_{x1} = \frac{q_x a_x}{R_x n_x}, \qquad (19)$$

где n_x — количество поперечных стержней, расположенных в одной поперечной плоскости, нормальной к продольной оси элемента (количество ветвей поперечных стержней).

35. Если поперечная арматура требуется по расчету, максимальное расстояние между поперечными стержнями $a_{макс}$. определяется по формуле

$$a_{макс} = \frac{0{,}1 b h_0^2 R_и}{Q}. \qquad (20)$$

Примечание. Расстояние между поперечными стержнями также должно удовлетворять требованиям п. 53 настоящих технических условий.

VII. РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ

36. Прогибы изгибаемых элементов армированных конструкций из ячеистых бетонов при длительном воздействии нагрузок не должны превышать величин, приведенных в п. 46 НиТУ 123-55.

Величины прогибов определяются от нормативных нагрузок.

37. При расчете прогибов надлежит сначала определить величину момента при появлении трещин $M_{тр}$, который вычисляется с учетом работы сжатой и растянутой арматур по формуле (9); при этом если окажется, что $M_{тр} > M^{н}$, то жесткость и прогиб элемента определяются до появления в нем трещин, а при $M_{тр} \leqslant M^{н}$ жесткость и прогиб элемента определяются после появления в нем трещин.

38. Жесткость изгибаемых элементов армированных конструкций из ячеистых бетонов при кратковременном действии нагрузки ($B_{кр}$) определяется до появления в нем трещин по формуле (21), а после появления трещин — по формуле (22):

$$B_{кр} = E_{б} J_{i}; \tag{21}$$

$$B_{кр} = \frac{E_{а}}{\psi_{а}} W_{а} (h_{0} - x_{ср}). \tag{22}$$

39. Значения коэффициента $\psi_{а}$, учитывающего работу растянутого бетона между трещинами, при кратковременном действии нагрузки определяются по формуле

$$\psi_{а} = 1 - 0{,}7 \frac{M_{б.т}}{M^{н}}, \tag{23}$$

где $M^{н}$ — действующий изгибающий нормативный момент от нормативной нагрузки, при которой определяется жесткость и прогиб элемента;

$M_{б.т}$ — изгибающий момент, воспринимаемый бетонным сечением при появлении трещин (без учета арматуры).

Для прямоугольных сечений значение $M_{б.т}$ определяется по формуле

$$M_{б.т} = 0{,}292 bh^{2} R_{р}^{н}. \tag{24}$$

40. Приведенный момент инерции J_{i}, необходимый для вычисления прогибов изгибаемых элементов прямоугольного сечения, можно определить по формуле

$$J_{i} = \frac{bh^{3}}{12} i, \tag{25}$$

где i — коэффициент, определяемый по графикам 4 и 5 приложения 1, в зависимости от характеристик армирования

$$\alpha_{1} = \frac{F_{а}}{bh} \cdot \frac{E_{а}}{E_{б}} \text{ и } \frac{F'_{а}}{F_{а}}.$$

41. Значение $x_{ср}$ для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной или двойной арматурой, входящее в формулу (22), определяется по формуле

$$x_{ср} = (-A + \sqrt{A^2 + \alpha + \alpha'\delta'})\, h_0, \qquad (26)$$

где $\alpha = \frac{1{,}5F_а}{bh_0} \cdot \frac{E_а}{E_б}$;

$$\alpha' = \frac{1{,}5F'_а}{bh_0} \cdot \frac{E_а}{E_б};$$

$$A = \frac{\alpha + \alpha'}{2};$$

$$\delta' = \frac{a'}{h_0}.$$

42. Значение условного упруго-пластического момента сопротивления $W_а$ для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной и двойной арматурой, входящего в формулу (22), определяется по формуле

$$W_а = F_а(h_0 - 0{,}5x_{ср}) + F'_а \cdot \frac{x_{ср} - a'}{h_0 - x_{ср}}\,(0{,}5x_{ср} - a'). \qquad (27)$$

43. Величину жесткости ($B_{кр}$) для практических расчетов изгибаемых элементов прямоугольного сечения с учетом уравнений (26) и (27) можно определять по формуле

$$B_{кр} = \frac{E_а}{\psi_а} F_а C h_0^2, \qquad (28)$$

где C — коэффициент, принимаемый по графикам 6 и 7 приложения 1, в зависимости от характеристик армирования

$$\alpha = \frac{1{,}5F_а}{bh_0} \cdot \frac{E_а}{E_б} \text{ и } \frac{F'_а}{F_а}.$$

44. Жесткость изгибаемых элементов при длительном действии нагрузок определяется по формуле

$$B = B_{кр}\,\frac{g^н + p^н}{g^н\Theta + p^н}, \qquad (29)$$

где Θ — коэффициент снижения жесткости, учитывающий длительное действие нагрузки, принимаемый для тавровых сечений с полкой, расположенной в сжатой зоне, $\Theta = 1{,}35$ и для прямоугольных сечений $\Theta = 1{,}5$. Отнесение нагрузки к длительно и кратковременно действующей производится по указаниям, приведенным в п. 112 НиТУ 123-55.

45. В случае, если найденные по расчету прогибы превосходят предельные величины, установленные в п. 36, менее чем на 30%, запроектированные конструкции допускаются к применению в опытном порядке с обязательной последующей экспериментальной проверкой их в соответствии с требованиями ГОСТ 8829-58 и «Указаниями по испытанию опытных железобетонных конструкций», АСиА СССР (Госстройиздат, 1959 г.).

Если в результате этой проверки окажется, что фактические прогибы не превосходят предельные величины, то конструкция считается экспериментально обоснованной. Если же фактические прогибы так же, как и расчетные, превосходят предельные, следует увеличить высоту сечения элементов или изменить армирование на сталь более низкой марки, предусмотрев, таким образом, некоторое увеличение площади сечения рабочей арматуры. Принятие того или иного решения должно быть соответствующим образом обоснованно.

VIII. ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ

46. Толщина защитного слоя ячеистого бетона для рабочей арматуры принимается не менее 20 *мм*.

Для конструкций, расположенных внутри помещений жилых и гражданских зданий, в помещениях с нормальным температурно-влажностным режимом при объемном весе ячеистого бетона более 1 000 *кг/м*^{3} допускается принимать толщину защитного слоя, равной 15 *мм*.

Примечание. Требование настоящего пункта не распространяется на торцы изгибаемых элементов, где концы продольных рабочих стрежней арматуры должны отстоять от торцовых поверхностей элемента конструкции не более чем на 5 *мм*.

47. Армирование конструкций из ячеистого бетона должно выполняться только сварными сетками и каркасами. Вязаная арматура допускается лишь в виде отдельных стержней, устанавливаемых для работы на местные усилия (например, в углах проемов и т. п.).

Устройство крюков на концах рабочих стержней не рекомендуется.

48. Минимальный процент армирования конструкций из ячеистого бетона не нормируется.

Максимальный процент армирования центрально- и внецентренно сжатых элементов принимается 2% от полной площади поперечного сечения элемента, а для изгибаемых элементов устанавливается по формуле (6) настоящих технических условий.

Максимальный диаметр стержней рабочей арматуры, применяемых в конструкциях из ячеистого бетона, устанавливается 20 *мм*.

49. Стыки арматуры выполняются контактной или дуговой электросваркой как для обычных железобетонных конструкций.

Устройство стыков рабочей арматуры внахлестку без сварки, а также обрыв стержней рабочей арматуры в пролете изгибаемых элементов и по высоте внецентренно сжатых (по второму случаю) элементов не допускается.

Стыкование внахлестку без сварки допускается для сварных сеток не в основном рабочем направлении (например, в поперечном направлении для балочных ребристых или плоских плит).

50. Количество стержней рабочей арматуры в плитах должно быть не менее трех на 1 *пог. м* ширины плиты.

51. Концы стержней рабочей арматуры на крайних свободных опорах изгибаемых элементов должны быть заанкерены при помощи приваренных к ним поперечных стержней. Количество и диаметр анкерующих поперечных стержней определяются расчетом в соответствии с требованиями, изложенными в пп. 28—30 настоящих технических условий.

Найденное по расчету количество анкерующих поперечных стержней должно быть размещено на участке от торца элемента до начала наиболее опасной косой трещины [см. п. 29 и формулу (8)]. При этом расстояние между поперечными стержнями, а также расстояние от начала опасной косой трещины до ближайшего расчетного анкерного (поперечного) стержня должно быть не менее 50 *мм* (рис. 4, *а* и *б*).

В пределах опорного участка изгибаемых элементов (за гранью опоры) должно быть расположено не менее двух поперечных стержней (рис. 4).

Длина опорного участка балок и плит должна быть не менее одной сотой их длины и не менее 4 *см*.

При невозможности выполнить требования настоящего пункта, а также для повышения степени заделки концов растянутых рабочих стержней (если это требуется по расчету) они должны быть снабжены специальными анкерами, устанавливаемыми из расчета на смятие бетона под анкерами.

52. При наличии в изгибаемых, а также в центрально- и внецентренно сжатых элементах сжатой арматуры, уста-

навливаемой по расчету, должны быть тщательно выполнены все указания по заделке и предохранению этой арматуры от выпучивания в соответствии с указаниями пп. 143, 161 и 166 НиТУ 123-55.

53. При конструировании арматурных каркасов и сеток надлежит руководствоваться, кроме настоящих технических условий и НиТУ 123-55, также «Инструкцией по применению сварных каркасов и сварных сеток в железобетонных конструкциях» (И 122-56/МСПМХП) и Инструкцией по конструированию элементов железобетонных конструкций» (СН 15-57).

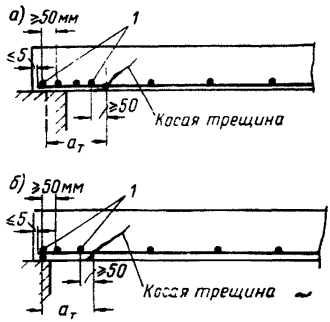


Рис. 4. Примеры анкеровки растянутых стержней арматуры на опорах плит из ячеистого бетона

а — вариант, когда два или большее число расчетных анкерующих стержней, располагающиеся в пределах опорного участка, привариваются с одной стороны рабочих стержней; *б* — вариант, когда эти стержни привариваются с двух сторон рабочих стержней *1*—расчетные анкерующие стержни

54. Подъемные (монтажные) петли должны выполняться из горячекатаной круглой (гладкой) стали марки Ст.3, не подвергнутой механическому упрочнению.

Петли заделываются в элементы из ячеистого бетона не менее чем на 30 диаметров стержня, из которого выполняются петли. Если размеры элемента не позволяют обеспечить такую заделку, то петли припариваются или привязываются к основному арматурному каркасу, а несущая способность таких петель должна проверяться путем испытания их.

55. Изготовление сварных сеток и каркасов должно осуществляться в соответствии с «Указаниями по технологии электросварки арматуры железобетонных конструкций (ВСН 38-57/МСПМХП — МСЭС), а качество изготовляемых сварных арматурных изделий — требованиям «Технических условий на сварную арматуру для железобетонных конструкций» (ТУ 73-56/МСПМХП).

56. Расстояния между температурно-усадочными швами в армированных конструкциях из автоклавного ячеистого бетона принимаются: в каркасных зданиях — такими же, как в несущем каркасе; в бескаркасных зданиях— не более 60 *м*.

ТАБЛИЦЫ И ГРАФИКИ

Таблица 1

ТАБЛИЦА

для расчета прямоугольных сечений (заимствована из НиТУ 123-55)

ξ	r_0	γ_0	A_0	ξ	r_0	γ_0	A_0
				0,23	2,22	0,885	0,203
0,01	10	0,995	0,01	0,24	2,18	0,88	0,211
0,02	7,12	0,99	0,02	0,25	2,14	0,875	0,219
0,03	5,82	0,985	0,03	0,26	2,1	0,87	0,226
0,04	5,05	0,98	0,039	0,27	2,07	0,865	0,234
0,05	4,53	0,975	0,048	0,28	2.04	0,86	0,241
0,06	4,15	0,97	0,058	0,29	2,01	0,855	0,248
0,07	3,85	0,965	0,067	0,3	1,98	0,85	0.255
0,08	3,61	0,96	0,077	0,31	1,95	0,845	0,262
0,09	3,41	0,955	0,085	0,32	1,93	0,84	0,269
0,1	3,24	0,95	0,095	0,33	1,9	0,835	0,275
0,11	3,11	0,945	0,104	0,34	1,88	0,83	0,282
0,12	2,98	0,94	0,113	0,35	1,86	0,825	0,289
0,13	2,88	0,935	0,121	0.36	1,84	0,82	0,295
0.14	2,77	0,93	0,13	0,37	1,82	0,815	0,301
0,15	2,68	0,925	0,139	0,38	1,8	0,81	0,309
0,16	2,61	0,92	0,147	0,39	1,78	0,805	0.314
0,17	2,53	0,915	0,155	0,4	1,77	0,8	0,32
0,18	2,47	0,91	0,164	0,41	1,75	0,795	0,326
0,19	2,41	0,905	0,172	0,42	1,74	0,79	0,332
0,2	2,36	0,9	0,18	0,43	1,72	0,785	0,337
0,21	2,31	0,985	0,188	0,44	1,71	0,780	0,343
0,22	2,26	0,89	0,196	0,45	1,69	0,775	0,349

Размерность: M в *кгсм*; b и h_0 в *см*; $R_и$ в *кг/см²*; $F_а$ в *см²*.

$$M = A_0 b h_0^2 R_и; \quad h_0 = r_0 \sqrt{\frac{M}{b R_и}};$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{F_а R_а}{b h_0 R_и}; \; F_а = \frac{M}{\gamma\, h_0 R_а} = \xi b h_0 \frac{R_и}{R_а}.$$

Примечание. Величина $R_а$ —расчетное сопротивление растянутой продольной арматуры, принимаемое по табл. 7 настоящих технических условий.

Таблица 2

Площадь поперечных сечений и вес стержней арматуры

Диаметр в *мм*	Площадь поперечного сечения в *см²* при числе стержней										Вес в *кг/м*	Диаметр в *мм*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
3	0.071	0,14	0.21	0.28	0.35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,71	0,055	3
3,5	0,096	0.19	0.29	0,38	0,48	0,58	0 67	0,77	0,86	0,96	0,075	3,5
4	0,186	0,25	0,38	0,5	0,63	0,76	0.88	1,01	1,13	1,26	0,098	4
4.5	0.159	0,32	0,48	0.64	0.8	0.95	1,11	1.27	1,43	1,59	0.125	4,5
5	0.196	0.39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1.77	1,96	0,154	5
5,5	0,238	0.48	0,71	0,95	1,19	1,43	1,66	1,9	2,14	2,38	0,178	5,5
6	0,283	0,57	0,85	1,13	1,42	1,7	1,98	2,26	2.55	2,83	0.222	6
7	0.385	0,77	1,15	1.54	1,92	2,31	2,69	3.08	3.46	3,85	0,302	7
8	0,503	1,01	1.51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53	5,03	0,395	8
9	0,636	1,27	1,91	2,54	3.18	3,82	4,45	5,09	5,72	6,36	0,499	9
10	0,785	1.57	2.36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	0,617	10
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	0,888	12
14	1,539	3,08	4 62	6,16	7,69	9,23	10.77	12,31	13,85	15,39	1,208	14
16	2,011	4,02	6,03	8.04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,1	20,11	1,578	16
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,72	15.27	17,81	20,36	22,9	25,45	1,998	18
20	3,142	6,28	9,41	12,56	15,71	18,25	21,99	25,14	28,28	31,42	2,466	20

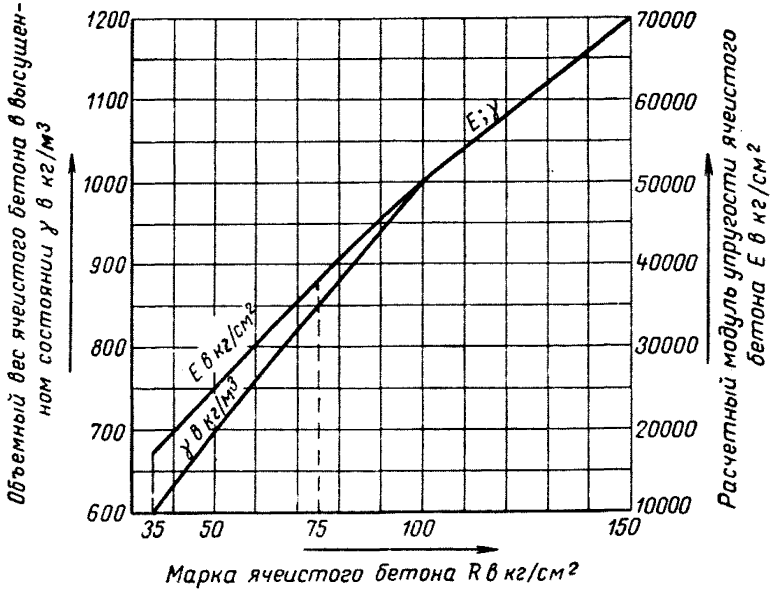


График 1. Зависимость максимального объемного веса автоклавного ячеистого бетона в высушенном состоянии γ и расчетного модуля упругости его E от марки бетона R

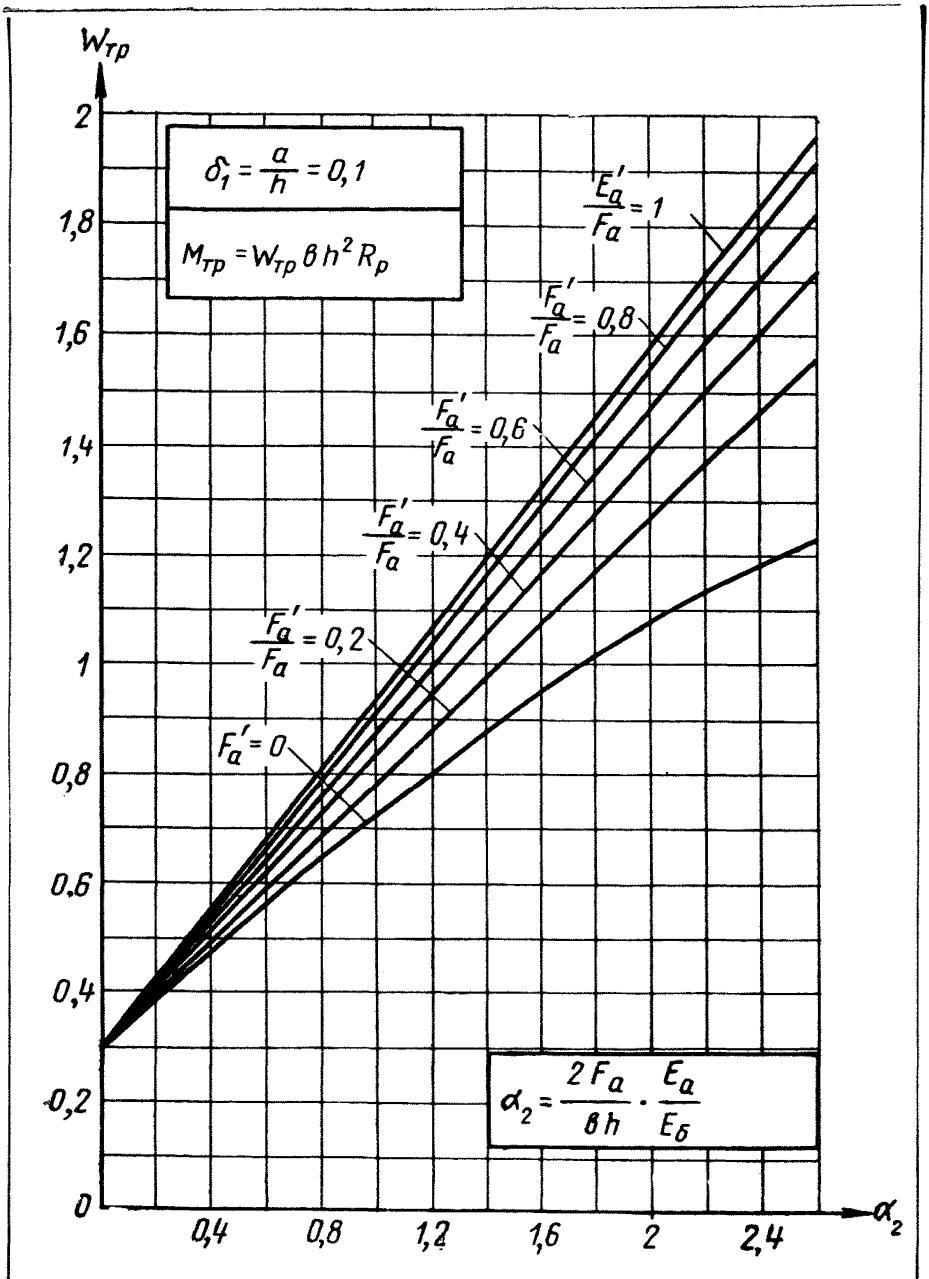


График 2. Значения коэффициента $W_{тр}$ для определения момента появления трещин в изгибаемых элементах прямоугольного сечения при $\delta_1 = 0,1$

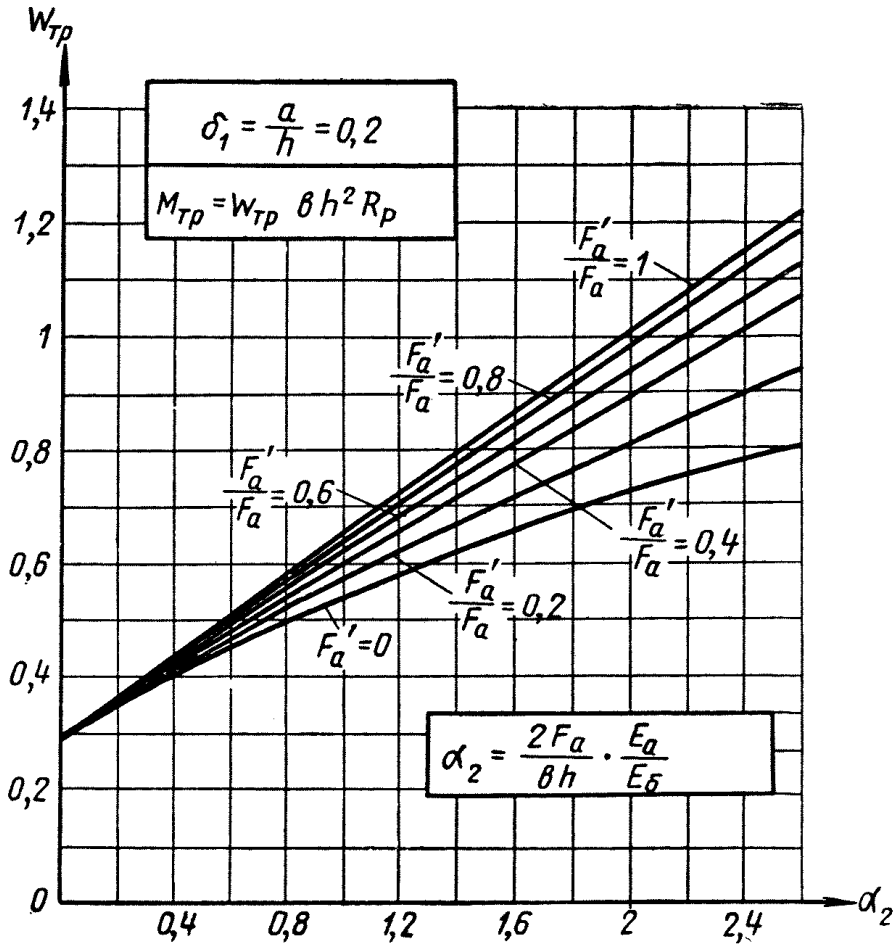


График 3. Значения коэффициента $W_{тр}$ для определения момента появления трещин в изгибаемых элементах прямоугольного сечения при $\delta_1 = 0,2$

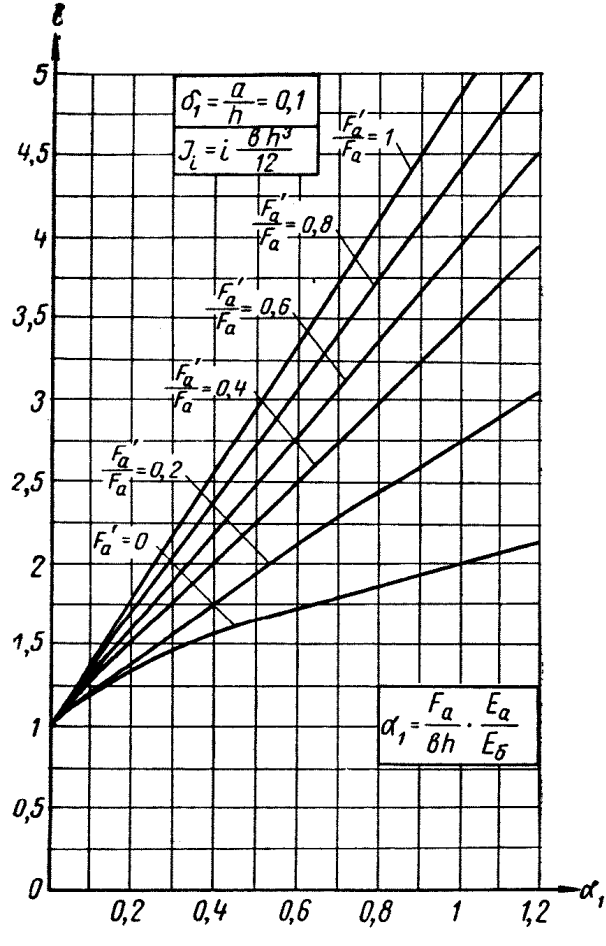


График 4. Значения коэффициента i для вычисления приведенного момента инерции J_i и расчета жесткости изгибаемых элементов прямоугольного сечения при $\delta_1=0{,}1$

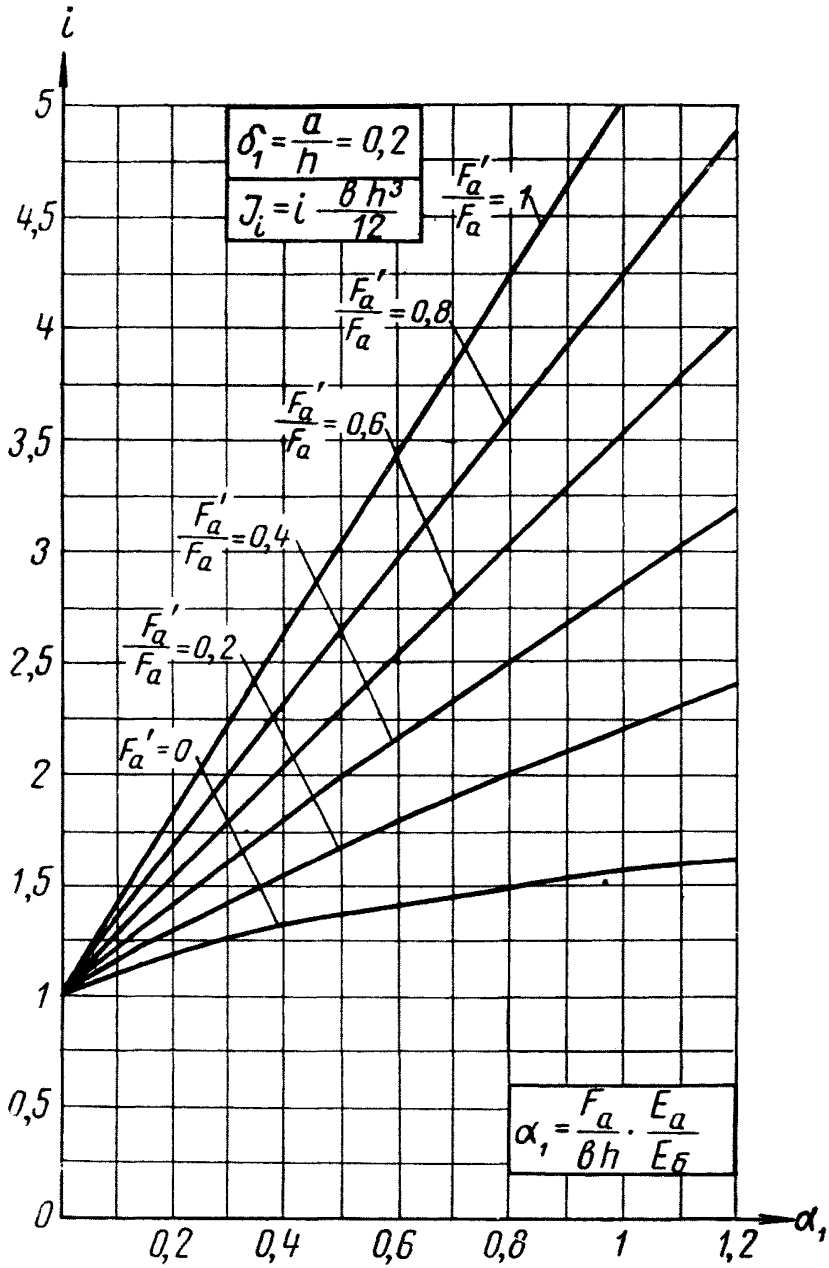


График 5. Значения коэффициента i для вычисления приведенного момента инерции J_i и расчета жесткости изгибаемых элементов прямоугольного сечения при $\delta_1=0{,}2$

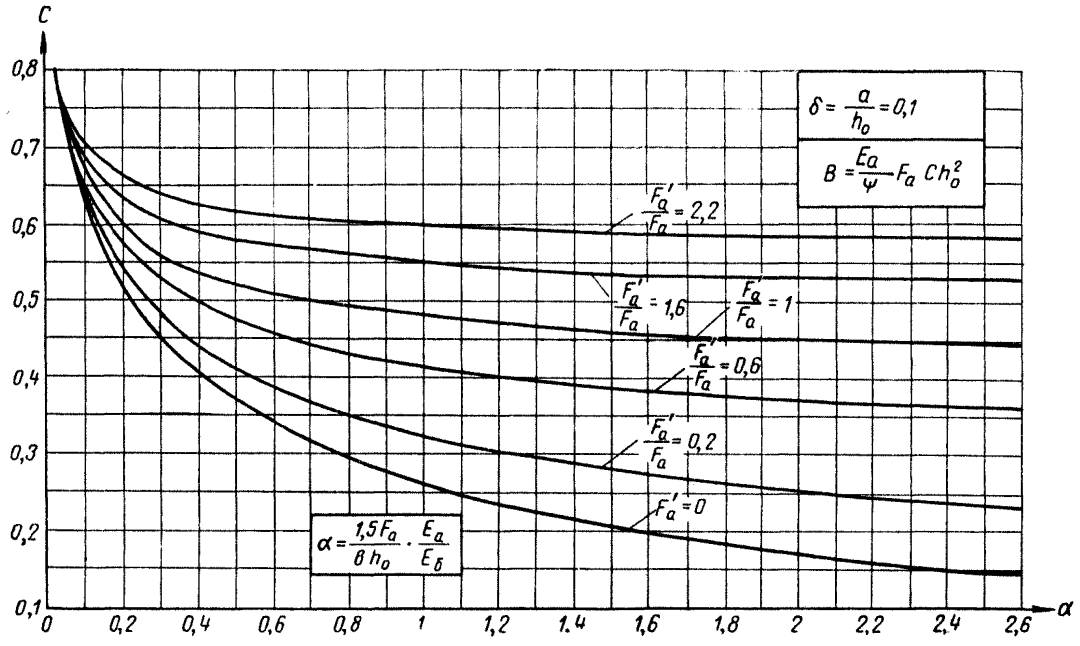


График 6. Значения коэффициента C для расчета жесткости изгибаемых элементов прямоугольного сечения при $\delta = 0,1$

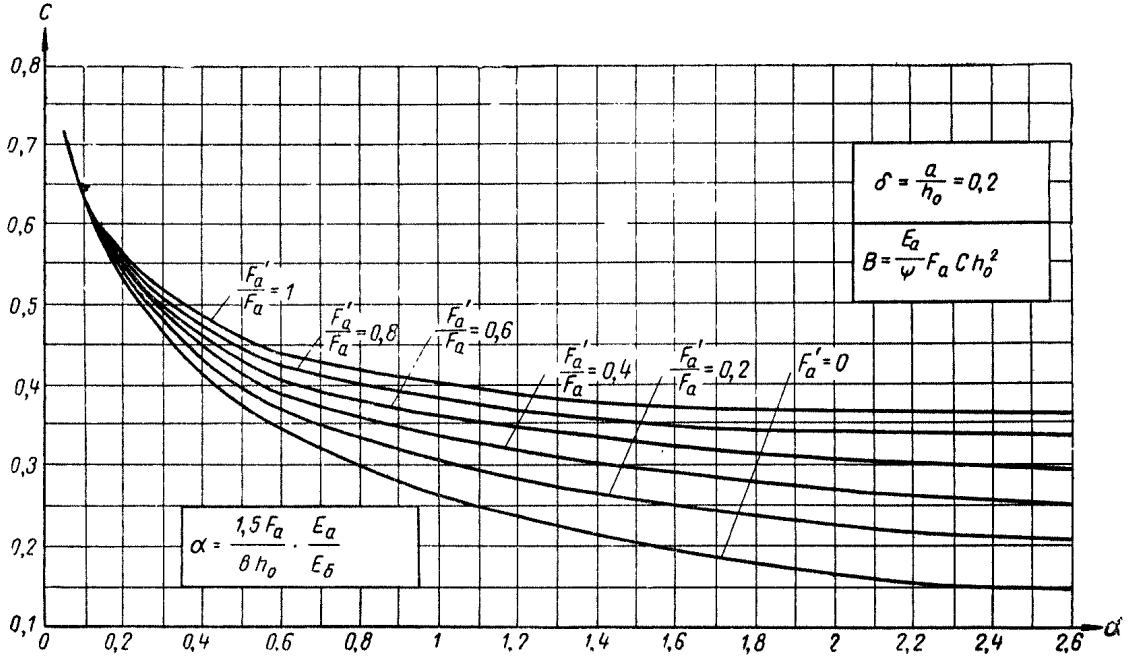


График 7. Значения коэффициента C для расчета жесткости изгибаемых элементов прямоугольного сечения при $\delta = 0,2$

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ АРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ ОТ УВЛАЖНЕНИЯ И ПО ЗАЩИТЕ АРМАТУРЫ ОТ КОРРОЗИИ

1. Мероприятия по защите конструкций от увлажнения

1. Для защиты армированных конструкций из ячеистых бетонов от воздействия атмосферных осадков хранение их рекомендуется в закрытых складах или под навесом.

2. Наружные поверхности элементов армированных конструкций из ячеистых бетонов, предназначенных для наружных стен зданий, при отсутствии фактурного слоя рекомендуется покрывать гидрофобно-декоративным составом; приготовление таких составов и нанесение их должны производиться в соответствии с указаниями специальных инструкций[1].

3. Верхняя поверхность элементов армированных конструкций из ячеистых бетонов, предназначенных для покрытий, до отгрузки этих элементов с завода должна быть защищена водозащитным слоем в целях предохранения их от увлажнения в процессе строительства.

4. Для водозашитного слоя (см. п. 3) рекомендуются следующие составы:

а) битум;

б) краска СЖ, представляющая собой суспензию железного сурика в сланцевой олифе С;

в) краска БСЖ, представляющая собой раствор битума в краске СЖ в отношениях 1 : 10;

г) краска БС, представляющая собой раствор битума в сланцевой олифе С в отношениях 1 : 5.

Битум наносится на поверхность изделий в горячем состоянии, а составы, указанные в пп. «б»—«г»,—в холодном состоянии.

Примечания. 1. Допускается применять и другие проверенные опытом составы для водозащитных покрытий.

2. Вместо олифы С допускается применение лака «кукерсоль».

2. Мероприятия по антикоррозийной защите арматуры в конструкциях из ячеистых бетонов

5. Арматура конструкций из ячеистых бетонов должна быть защищена от коррозии антикоррозийными покрытиями.

6. Рекомендуется применять следующие составы антикоррозийных покрытий:

---

[1] Например, «Указания по отделке наружных поверхностей изделий из ячеистого бетона цементными красками», НИИЖБ АСиА СССР, Госстройиздат, 1960.

а) цементно-водная смесь:

портландцемент	100 вес. ч.
казенновый клей	5 » »
нитрит натрия[1]	10 » »
вода	38—40 » »

б) цементно-битумная холодная мастика:

нефтяной битум БН-V	1 вес. ч.
портландцемент	4—6 » »
бензин (толуол)	1,5 » »

в) битумно-глинистая паста[2]:

нефтяной битум марок БН-III и БН-V в соотношении 1 : 1	1,5—2 вес. ч.
суглинок и глина (10—20%)	1 » »

7. Цементно-водная смесь приготовляется в растворомешалке, применяемой для производства ячеистой массы. Сначала перемешивают в течение 10 мин. расчетное количество цемента и 80% расчетного количества воды, затем добавляют распущенный в холодной воде казеиновый клей и нитрит натрия и вновь перемешивают в течение 10—20 мин., доливая воду до получения необходимой сметанообразной консистенции. Консистенция проверяется по толщине слоя, образуемого на арматурном стержне, после погружения его в мастику, встряхивания и высушивания; толщина слоя при измерении штангенциркулем должна быть не менее 0,5 *мм*.

Цементно-битумная мастика приготовляется с подогревом битума. Разбитый на куски (размерами не более 10 *см*) битум расплавляют в котле, затем охлаждают до 70—80° и в него вводят небольшими порциями, при тщательном перемешивании, растворитель. К полученному раствору, охлажденному до 25—15°, при тщательном перемешивании, добавляют цемент. Мастика правильной консистенции покрывает арматурный стержень сплошной однородной пленкой толщиной 0,3—0,4 *мм*, которая остается на стержне после встряхивания и просушки его.

Битумно-глинистая паста приготовляется путем перемешивания в смесителе кипящего глинистого раствора с нагретой до 150° смесью битумов марок БН-III и БН-V. Глинистый раствор готовится из местных покровных или лёссовидных суглинков с небольшой добавкой жирной глины (10—20%) и воды в количестве, необходимом для образования раствора сметанообразной консистенции, причем глина и суглинок не должны содержать включений в виде песка, гравия и гальки.

Если во время перемешивания глинистого раствора с горячим битумом паста заметно повышает свою вязкость, то в этом случае необходимо добавить воды до получения начальной (сметанообразной) консистенции. Перемешивание продолжается до образования пасты однородного стального цвета, в которой битумные капельки имеют диаметр порядка 0,01—0,05 *мм*. Перед употреблением паста должна разводиться водой до рабочей консистенции; паста правильной рабочей консистенции должна покрывать арматурный стержень сплошной

---

[1] Для изделий из газобетона, газосиликата и газозолобетона на алюминиевой пудре применяется смесь без нитрита натрия.

[2] «Временные указания на приготовление антикоррозийных битумно-глинистых паст и способ их нанесения на арматурные каркасы, предназначенные для армирования изделий из ячеистых бетонов». Министерство строительства электростанций СССР, Оргэнергострой, 1960 г.

однородной пленкой толщиной 0,3—0,5 *мм*, которая остается на стержне после встряхивания и просушки его при температуре 50—70°.

8. Нанесение защитных покрытий на арматурные сетки и каркасы можно производить следующими способами:

а) ванным — для мелких сеток и каркасов;

б) обрызгиванием — для крупных сеток и каркасов.

Оборудование для покрытия арматуры антикоррозийными составами проектируется применительно к местным условиям. При нанесении защитных покрытий ванным способом каркасы (сетки) после извлечения их из ванны необходимо встряхивать, чтобы удалить излишки состава. Составы, во избежание расслоения их в ванне, должны периодически (перед каждым погружением очередного каркаса) перемешиваться.

При применении цементно-водной смеси желательно сохранять ванну при возможно более низкой температуре, что способствует замедлению схватывания цемента и увеличивает срок использования защитного состава; при температуре в ванне 1—3° одним составом можно пользоваться до 5 суток, а при температуре 15—20°—до 2 суток.

9. Арматурные сетки и каркасы, покрытые антикоррозийным составом перед бетонированием, должны быть высушены. В случае применения цементно-водной смеси сушка должна продолжаться не более 2 час., чтобы предотвратить гидратацию и схватывание входящего в мастику цемента, в противном случае сцепление арматуры с ячеистым бетоном будет ненадежным.

Сушка каркасов, покрытых антикоррозийными составами, может быть естественной и ускоренной с подогревом воздуха:

а) при применении цементно-водной смеси, при температуре до 80°;

б) при применении цементно-битумной мастики, при температуре 40—50°;

в) при применении битумно-глинистой пасты, при температуре 50—70°*.

10. При работе с защитными составами должны быть соблюдены меры предосторожности.

Приготовление и нанесение цементно-водной смеси с добавкой нитрита натрия должны производиться в резиновых рукавицах и защитных очках, так как длительное соприкосновение с раствором нитрата натрия раздражающе действует на кожу.

Установка, для нанесения на арматурные сетки и каркасы смесей с нитритом натрия способом обрызгивания, должна быть снабжена устройством, отсасывающим пыль, либо находиться в отдельном помещении и иметь дистанционное управление.

Примечание. Если по условиям работы трудно избежать временного соприкосновения с цементно-водной смесью, содержащей нитрит натрия, необходимо перед работой смазать руки чистым глицерином и протереть чистой сухой ветошью, после работы — вымыть руки в теплой воде с мылом и снова смазать руки глицерином или любой смягчающей кожу мазью.

При случайном попадании раствора на лицо нужно сразу же смыть его чистой водой.

---

*Естественная сушка каркасов, покрытых битумно-глинистой пастой, должна производиться при температуре не ниже 25—30°.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример 1

Требуется рассчитать армированную пенобетонную плиту длиной 3 *м* для покрытия производственного здания на нормативную снеговую нагрузку 210 *кг/м²*. Плита — из автоклавного пенобетона М-50 объемным весом 700 *кг/м³*. Арматура — из холоднотянутой низкоуглеродистой проволоки $d<5{,}5$ *мм*. Длина опорного участка плиты 8 *см*.

Исходя из теплотехнических требований, толщина плиты принимается равной 16 *см*.

Постоянная нормативная нагрузка:

собственный вес плиты, согласно таблицы 6,	$850 \cdot 0{,}16 = 136$ *кг/м²*
вес раствора заливки швов	10 »
» руберойдного ковра	16 »
Итого	$g^н = 162$ *кг/м²*

Полная нормативная нагрузка

$$q^н = g^н + p^н = 162 + 210 = 372 \text{ кг/м}^2.$$

Полная расчетная нагрузка

$$q = g^н \cdot 1{,}1 + p^н \cdot 1{,}4 = 162 \cdot 1{,}1 + 210 \cdot 1{,}4 = 472 \text{ кг/м}^2.$$

Нормативный момент

$$M^н = \frac{372 \cdot 2{,}92^2}{8} = 400 \text{ кгм}.$$

Расчетный момент и поперечная сила

$$M = \frac{472 \cdot 2{,}92^2}{8} = 500 \text{ кгм};$$

$$Q = \frac{472 \cdot 2{,}92}{2} = 690 \text{ кг}.$$

а) Расчет на изгиб

Согласно примечанию «б» к табл. 4 в плитах покрытий расчетная влажность более 15%, следовательно, расчетное сопротивление бетона сжатию при изгибе равно

$$R_и = 16 \cdot 0{,}82 = 13 \text{ кг/см}^2.$$

По табл. 7 $R_а = 3\,150$ *кг/см²*; $h_0 = 16 - 2 - 0{,}2 = 13{,}8$ *см*; $b = 100$ *см*.

Расчет производится по табл. 1 приложения 1.

Вычисляем

$$A_0 = \frac{M}{bh_0^2 R_и} = \frac{50\,000}{100 \cdot 13{,}8^2 \cdot 13} = 0{,}202;$$

по табл. 1 находим $\gamma_0 = 0{,}885$ и $\xi = 0{,}23$.

Определяем

$$F_а = \frac{M}{\gamma_0 h_0 R_а} = \frac{50\,000}{0{,}885 \cdot 13{,}8 \cdot 3\,150} = 1{,}3 \text{ см}^2.$$

Принимаем конструктивно $8 \varnothing 5$ *мм*, $F_а = 1{,}57$ *см*².

Требование п. 23 о соблюдении условия (2) или п. 24 и условия (5) для прямоугольного сечения соблюдается, так как $\xi = 0{,}23 < 0{,}45$.

б) Расчет на скалывание

Общая проверка производится по п. 31. Проверяем условие (13):

$$Q \leqslant 0{,}2 b h_0 R_и;$$

$$0{,}2 \cdot 100 \cdot 13{,}8 \cdot 13 = 3\,600 \text{ кг} > 690 \text{ кг}, = Q,$$

т. е. условие (13) соблюдено.

Проверяем условие (14):

$$Q < 0{,}8 b h_0 R_р;$$

по табл. 4 и примечанию «б»

$$R_р = 1{,}3 \cdot 0{,}82 = 1{,}07 \text{ кг/см}^2;$$

$$0{,}8 \cdot 100 \cdot 13{,}8 \cdot 1{,}07 = 1\,180 \text{ кг} > 690 \text{ кг} = Q,$$

т. е. условие (14) соблюдено, следовательно, поперечная арматура по расчету не требуется.

в) Расчет наклонных сечений по моменту

Так как поперечная арматура отсутствует, то, согласно данным п. 29, момент в формуле (7) принимается равным максимальному моменту:

$$M = \frac{ql^2}{8} = 500 \text{ кгм}.$$

Расчетное усилие в продольной арматуре из формулы (7)

$$N_а = \frac{M}{z}.$$

В каждом из восьми стержней выдергивающее усилие равно

$$N_{а_1} = \frac{M}{(h_0 - a')\,n} = \frac{50\,000}{(13{,}8 - 2{,}2)\,8} = 540 \text{ кг}.$$

Это усилие воспринимается силами сцепления на участке $a_т$ и анкерными поперечными стержнями. Согласно п. 29, расстояние $a_т$ определяется по формуле (8)

$$a_т = \frac{M_{тр}}{Q},$$

в которой значение $M_{тр}$ вычисляется по формуле (9),

$$M_{тр} = W_{тр}\, bh^2 R_р.$$

Для $\delta_1 = \frac{a}{h} = \frac{2,2}{16} = 0,14$ определяем по графику 2 приложения 1 значение $W_{тр}$ в зависимости от коэффициента $\alpha_2 = \frac{2F_а}{bh} \cdot \frac{E_а}{E_б} = \frac{2 \cdot 1,57}{100 \cdot 16} \times$ $\times \frac{1\,900\,000}{25\,000} = 0,15$ и значения $F'_а = 0$; $W_{тр} = 0,35$.

$$M_{тр} = 0,35 \cdot 100 \cdot 16^2 \cdot 1,07 = 9\,600 \text{ кгсм};$$

$$a_т = \frac{9\,600}{690} = 13,9 \text{ см}.$$

По формуле (12) определяем усилие, воспринимаемое анкерными поперечными стержнями и силами сцепления каждого продольного стержня. Анкера принимаем в виде двух поперечных стержней диаметром 10 *мм* из стали марки Ст.3.

По табл. 4 и примечанию «б»

$$R_{сц} = 3,7 \cdot 0,82 = 3,04 \text{ кг/см}^2; \quad R_{пр} = 13 \cdot 0,82 = 10,7 \text{ кг/см}^2;$$

$$N_{ан} = 5 n_а\, d_1^2 R_{пр} \sqrt[3]{\frac{E_а}{E_б}} + R_{сц} \cdot a_т\, u =$$

$$= 5 \cdot 2 \cdot 1^2 \cdot 10,7 \sqrt[3]{\frac{1\,900\,000}{25\,000}} + 3,04 \cdot 13,9 \cdot 3,14 \cdot 0,5 =$$

$$= 455 + 66 = 521 \text{ кг} < 540 \text{ кг}.$$

Так как разница составляет всего 3,6%, то оставляем по 2 анкерных стержня.

Располагаем анкерные стержни в пределах опоры.

г) Расчет жесткости

В соответствии с указанием п. 37 и сделанными выше подсчетами (при $M_{тр} = 92$ *кгм* $< M^н = 400$ *кгм*) жесткость плиты определяется после появления трещин по формулам (22) и (27) или по упрощенной формуле (28).

$$\text{Для } \delta = \frac{a}{h_0} = \frac{2,2}{13,8} = 0,16; \quad F'_а = 0 \text{ и}$$

$$\alpha = \frac{1,5F_а}{bh_0} \cdot \frac{E_а}{E_б} = \frac{1,5 \cdot 1,57}{100 \cdot 13,8} \cdot \frac{1\,900\,000}{25\,000} = 0,13$$

определяем по графикам 6 и 7 приложения 1 значение $C = 0,58$.

По формуле (24) $M_{б.т} = 0,292 bh^2 R_р^н = 0,292 \cdot 100 \cdot 16^2 \cdot 5 \cdot 0,82 =$ $= 30\,600$ *кгсм*,

где $R_p^н = 5 \cdot 0{,}82$ (по табл. 3 и примечанию «б» к ней).

Нормативный момент $M^н = 400$ *кгм*.

По формуле (23)

$$\psi_а = 1 - 0{,}7 \frac{M_{б.т}}{M^н} = 1 - 0{,}7 \frac{30\,600}{40\,000} = 1 - 0{,}54 = 0{,}46.$$

По формуле (28)

$$B_{кр} = \frac{E_а}{\psi_а} F_а C h_0^2 = \frac{1\,900\,000}{0{,}46} 1{,}57 \cdot 0{,}58 \cdot 13{,}8^2 = 72 \cdot 10^7 = 72 \ тм^2.$$

По формуле (29)

$$B = B_{кр} \frac{g^н + p^н}{g^н \Theta + p^н}.$$

Согласно п. 112 НиТУ 123-55, снеговая нагрузка считается длительной; согласно п. 44 настоящих технических условий $\Theta = 1{,}5$; тогда

$$B = B_{кр} \frac{q^н}{q^н \Theta} = 72 \frac{372}{372 \cdot 1{,}5} = 48 \ тм^2 = 48 \cdot 10^7 кг/см^2.$$

Прогиб $f = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{B} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3.72 \cdot 292^4}{48 \cdot 10^7} = 0{,}73$ *см*;

$\frac{f}{l} = \frac{0{,}73}{292} = \frac{1}{400} < \frac{1}{200}$ (предельного прогиба, принятого по табл. 9 НиТУ 123-55).

Пример 2

Требуется рассчитать армированную пенобетонную плиту длиной 3,6 *м* для междуэтажного перекрытия жилого дома на временную нормативную нагрузку 150 *кг/м*². Собственный вес всего перекрытия равен 300 *кг/м*². Приведенный вес перегородок 150 *кг/м*².

Арматура — горячекатаная периодического профиля из стали марки Ст.5. Длина опорного участка 7 *см*. Пенобетон — автоклавный М-150 с максимальным объемным весом 1 200 *кг/м*³. Влажность плиты в период эксплуатации не более 8%.

Принимается толщина плиты 16 *см*.

$$h_0 = 16 - 2 - 0{,}5 = 13{,}5 \ см; \quad b = 100 \ см.$$

Полная нормативная нагрузка

$$q^н = 150 + 300 + 150 = 600 \ кг/м^2.$$

Полная расчетная нагрузка

$$q = 150 \cdot 1{,}4 + (300 + 150)\ 1{,}1 = 705 \ кг/м^2.$$

Нормативный момент

$$M^н = \frac{600 \cdot 3{,}53^2}{8} = 940 \ кгм.$$

Расчетный момент и поперечная сила:

$$M = \frac{705 \cdot 3,53^2}{8} = 1\,100 \text{ кгм};$$

$$Q = \frac{705 \cdot 3,53}{2} = 1\,250 \text{ кг}.$$

а) Расчет на изгиб

По табл. 4 $R_и = 48$ *кг/см²*; $R_р = 3$ *кг/см²*.

По табл. 7 $R_а = 2\,700$ *кг/см²*.

Расчет производится по табл. 1 приложения 1:

$$A_0 = \frac{M}{bh_0^2 R_и} = \frac{110\,000}{100 \cdot 13,5^2 \cdot 48} = 0,125;$$

$$\gamma_0 = 0,932; \quad \xi = 0,135;$$

$$F_а = \frac{M}{\gamma_0 h_0 R_а} = \frac{110\,000}{0,932 \cdot 13,5 \cdot 2\,700} = 3,23 \text{ см}^2.$$

Принимаем $4 \varnothing 10$ *см*; $F_а = 3,14$ *см²*. Требование п. 23 о соблюдении условия (2) или для прямоугольного сечения условия (5) выполняется, так как

$$\xi = 0,135 < 0,45.$$

б) Расчет на скалывание

Общая проверка производится по п. 31. Проверяем условие (13)

$$Q \leqslant 0,2bh_0R_и;$$

$$Q = 1\,250 \text{ кг};$$

$$0,2 \cdot 100 \cdot 13,5 \cdot 48 = 13\,000 \text{ кг} > 1\,250 \text{ кг}.$$

Условие (14)

$$Q < 0,8bh_0R_р;$$

$$0,8 \cdot 100 \cdot 13,5 \cdot 3 = 3\,240 \text{ кг} > 1\,250 \text{ кг},$$

т. е. условие (14) соблюдено. Следовательно, расчет наклонных сечений на поперечную силу не производится.

Расчет наклонных сечений по моменту производится по пп. 28—30.

Так как поперечная арматура отсутствует, то, согласно п. 29, момент внешних сил M в формуле (7) принимается равным максимальному моменту

$$M = \frac{ql^2}{8} = 1\,100 \text{ кгм}.$$

Расчетное усилие в продольной арматуре определяется из формулы (7)

$$N_а = \frac{M}{z};$$

при этом в каждом из четырех продольных стержней выдергивающее усилие равно

$$N_{a_1} = \frac{M}{(h_0 - a)\,4} = \frac{110\,000}{(13{,}5 - 2{,}5)\,4} = 2\,500 \text{ кг}.$$

По формуле (9) определяем

$$M_{тр} = W_{тр}\, bh^2 R_р .$$

Для $\delta_1 = \frac{a}{h} = \frac{2{,}5}{16} = 0{,}156$; $F'_а = 0$ и

$$\alpha_2 = \frac{2F_а}{bh} \cdot \frac{E_а}{E_б} = \frac{2 \cdot 3{,}14}{100 \cdot 16} \cdot \frac{2\,100\,000}{70\,000} = 0{,}12$$

определяем по графику 3 приложения 1 значение $W_{тр} = 0{,}32$.

$$M_{тр} = 0{,}32 \cdot 100 \cdot 16^2 \cdot 3 = 24\,600 \text{ кгсм}.$$

По формуле (8)

$$a_т = \frac{M_{тр}}{Q} = \frac{24\,600}{1\,250} = 19{,}7 \text{ см}.$$

Анкеруем продольную арматуру двумя поперечными стержнями из горячекатаной стали марки Ст.3, диаметром 12 *мм*. Усилие, воспринимаемое анкерами, и силой сцепления продольной арматуры с ячеистым бетоном определяем по формуле (12)

$$N_{ан} = 5 n_а\, d_1^2 R_{пр} \sqrt[3]{\frac{E_а}{E_б}} + R_{сц}\, a_т\, u.$$

По табл. 4 $R_{пр} = 38$ *кг/см²*; $R_{сц} = 17$ *кг/см²*.

$$N_{ан} = 5 \cdot 2 \cdot 1{,}2^2 \cdot 38 \sqrt[3]{\frac{2\,100\,000}{70\,000}} + 17 \cdot 19{,}7 \cdot 3{,}14 \cdot 1 =$$

$$= 1\,700 + 1\,050 = 2\,750 \text{ кг} > 2\,500 \text{ кг},$$

т. е. анкеровка продольных стержней достаточна.

Устанавливаем поперечные анкерные стержни через 50 *мм*, первый стержень — на расстоянии 15 *мм* от торца элемента.

в) Расчет жесткости

В соответствии с указанием п. 37 и сделанными выше подсчетами

$$M_{тр} = 246 \text{ кгм} < M^н = 940 \text{ кгм}.$$

Определяем жесткость плиты после появления в ней трещин по формулам (22) и (27) или по упрощенной формуле (28).

Для $\delta = \frac{a}{h_0} = \frac{2{,}5}{13{,}5} = 0{,}185$; $F'_а = 0$ и $\alpha = \frac{1{,}5F_а}{bh_0} \cdot \frac{E_а}{E_б} =$

$$= \frac{1{,}5 \cdot 3{,}14}{100 \cdot 13{,}5} \cdot \frac{2\,100\,000}{70\,000} = 0{,}105$$

определяем по графику 7 приложения 1 значение $C=0{,}6$.
По формуле (24)

$$M_{б.\,т} = 0{,}292bh^2.\ R_р^н = 0{,}292 \cdot 100 \cdot 16^2 \cdot 12 = 900\ кгм,$$

где по табл. 3 $R_р^н = 12\ кг/см^2$.
По формуле (23)

$$\psi_а = 1 - 0{,}7\ \frac{M_{б.\,т}}{M^н} = 1 - 0{,}7\ \frac{900}{940} = 1 - 0{,}67 = 0{,}33.$$

По формуле (28)

$$B_{кр} = \frac{E_а}{\psi_а}\ F_а C h_0^2 = \frac{2\,100\,000}{0{,}33}\ 3{,}14 \cdot 0{,}6 \cdot 13{,}5^2 = 218\ тм^2.$$

Временная нагрузка $p^н = 150\ кг/м^2$.
Постоянная нагрузка $g^н = 300 + 150 = 450\ кг/м^2$; $\theta = 1{,}5$.
По формуле (29)

$$B = B_{кр}\ \frac{g^н + p^н}{g^н \theta + p^н} = 218\ \frac{450 + 150}{450 \cdot 1{,}5 + 150} = 156\ тм^2 = 156 \cdot 10^7\ кгсм^2.$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{B} = \frac{5}{384} \cdot \frac{6 \cdot 353^4}{156 \cdot 10^7} = 0{,}78\ см;$$

$$\frac{f}{l} = \frac{0{,}78}{353} = \frac{1}{450} < \frac{1}{200}$$ (предельного прогиба, принятого по табл. 9 НиТУ 123-55).

Пример 3

Требуется рассчитать плоскую армированную плиту из ячеистого бетона длиной 6 *м* и шириной 1,5 *м* для покрытия производственного здания на нормативную снеговую нагрузку 150 *кг/м²*, а с учетом снеговых мешков — 150×1,4=210 *кг/м²*. Максимальный объемный вес ячеистого бетона М-50 700 *кг/м³*. Арматура — горячекатаная сталь периодического профиля марки 25Г2С. Толщина плиты, принятая из условия необходимости использования наличного парка форм, равна 24 *см*. Длина опорного участка 10 *см*.

Постоянная нормативная нагрузка:

собственный вес плиты, согласно табл. 6. . . .	850 · 0,24=204	*кг/м²*
вес раствора заливки швов	18	»
» руберойдного ковра	20	»
Итого	$g^н = 242$	*кг/м²*

Полная нормативная нагрузка

$$q^н = g^н + p^н = 242 + 210 = 452\ кг/м^2.$$

Полная расчетная нагрузка

$$q = g^н 1{,}1 + p^н 1{,}4 = 242 \cdot 1{,}1 + 210 \cdot 1{,}4 = 560\ кг/м^2.$$

Нормативный момент на 1 *м* ширины плиты

$$M^{н} = \frac{452 \cdot 5,9^2}{8} = 1\,960 \text{ кгм}.$$

Расчетный момент и поперечная сила на 1 *м* ширины плиты

$$M = \frac{560 \cdot 5,9^2}{8} = 2\,440 \text{ кгм};$$

$$Q = \frac{560 \cdot 5,9}{2} = 1\,650 \text{ кг}.$$

а) Расчет на изгиб

Согласно примечанию «б» к табл. 4, в плитах покрытий расчетная влажность более 15%; следовательно, расчетное сопротивление бетона сжатию при изгибе равно

$$R_{и} = 16 \cdot 0,82 = 13 \text{ кг/см}^2.$$

По табл. 7 $R_а = 3\,400$ *кг/см*²; $b = 100$ *см*; $h_0 = 24-2-0,5 = 21,5$ *см*.

Расчет производится по табл. 1 приложения 1:

$$A_0 = \frac{M}{bh_0^2 R_{и}} = \frac{244\,000}{100 \cdot 21,5^2 \cdot 13} = 0,405;$$

так как $A_0 > 0,349$, необходимо установить сжатую арматуру.

По табл. 1 $A_0 = 0,349$ соответствует $\gamma_0 = 0,775$.

Определяется момент, воспринимаемый бетоном сжатой зоны и соответствующим ему количеством растянутой арматуры:

$$M_1 = A_0 b h_0^2 R_{и} = 0,349 \cdot 100 \cdot 21,5^2 \cdot 13 = 210\,000 \text{ кгсм}.$$

Основная растянутая арматура

$$F_{a_1} = \frac{M_1}{\gamma_0 h_0 R_а} = \frac{210\,000}{0,775 \cdot 21,5 \cdot 3\,400} = 3,72 \text{ см}^2.$$

Дополнительный момент

$$\Delta M = M - M_1 = 2\,440 - 2\,100 = 340 \text{ кгм}.$$

Добавочное количество растянутой арматуры

$$\Delta F_а = \frac{\Delta M}{R_а (h_0 - a')} = \frac{34\,000}{3\,400 (21,5 - 2,5)} = 0,52 \text{ см}^2.$$

Итого растянутой арматуры требуется

$$F_а = F_{a_1} + \Delta F_а = 3,72 + 0,52 = 4,24 \text{ см}^2.$$

Принимаем $6 \varnothing 10$ *мм*; $F_а = 4,71$ *см*².

Расчетное сопротивление сжатой арматуры $R_а' = 1\,700$ *кг/см*² (см. п. 13—б).

Площадь сечения сжатой арматуры

$$F_а' = \frac{34\,000}{1\,700 (21,5-2,5)} = 1,05 \text{ см}^2.$$

Принимаем $2 \varnothing 10$ *мм* из стали марки Ст.3 $F'_а = 1{,}57$ *см*². На всю плиту шириной 1,5 *м* из условия прочности количество стержней арматуры приходится: растянутой $F_а$ $9 \varnothing 10$ *мм* и сжатой $F'_а$ $3 \varnothing 10$ *мм*.

б) Расчет жесткости

Определяется момент появления трещин по формуле (9).

Для $\delta_1 = \frac{a}{h} = \frac{2{,}5}{24} = 0{,}1$; $\frac{F'_а}{F_а} = \frac{1{,}57}{4{,}71} = 0{,}33$ и

$$\alpha_2 = \frac{2F_а}{bh} \cdot \frac{E_а}{E_б} = \frac{2 \cdot 4{,}71}{100 \cdot 24} \cdot \frac{2\,000\,000}{25\,000} = 0{,}314$$

определяем по графику 2 приложения 1 $W_{тр} = 0{,}45$.

По табл. 4 и примечанию «б»

$$R_р = 1{,}3 \cdot 0{,}82 = 1{,}07 \text{ кг/см}^2.$$

По формуле (9)

$$M_{тр} = W_{тр}\, bh^2 R_р = 0{,}45 \cdot 100 \cdot 24^2 \cdot 1{,}07 = 277 \text{ кгм} < 1\,960 \text{ кгм} = M^н;$$

следовательно, согласно указаниям п. 37, жесткость плиты определяется после появления в ней трещин.

Для $\delta = \frac{a}{h_0} = \frac{2{,}5}{21{,}5} = 0{,}12$; $\frac{F'_а}{F_а} = 0{,}33$ и

$$\alpha = \frac{1{,}5F_а}{bh_0} \cdot \frac{E_а}{E_б} = \frac{1{,}5 \cdot 4{,}71}{100 \cdot 21{,}5} \cdot \frac{2\,000\,000}{25\,000} = 0{,}26$$

определяем по графику 6 приложения 1 значение $C = 0{,}52$.

По формуле (24)

$M_{б.\,т} = 0{,}292bh^2 R^н_р = 0{,}292 \cdot 100 \cdot 24^2 \cdot 4{,}1 = 690$ *кгм*, где $R^н_р$ принимается по табл. 3

$$R^н_р = 5 \cdot 0{,}82 = 4{,}1 \text{ кг/см}^2.$$

По формуле (23)

$$\psi_а = 1 - 0{,}7\,\frac{M_{б.\,т}}{M^н} = 1 - 0{,}7\,\frac{690}{1\,960} = 1 - 0{,}25 = 0{,}75.$$

По формуле (28)

$$B_{кр} = \frac{E_а}{\psi} F_а C h_0^2 = \frac{2\,000\,000}{0{,}75} 4{,}71 \cdot 0{,}52 \cdot 21{,}5^2 = 300 \cdot 10^7 \text{ кг/см}^2 = 300 \text{ тм}^2.$$

Жесткость плиты с учетом длительного воздействия нагрузки, в том числе и снеговой (см. п. 112 НиТУ 123-55), определяется по формуле (29)

$$B = B_{кр}\,\frac{q^н}{q^н\,\Theta} = 300\,\frac{452}{452 \cdot 1{,}5} = 200 \text{ тм}^2.$$

Прогиб в плите от нормативной нагрузки

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,52 \cdot 590^4}{200 \cdot 10^7} = 3,6 \text{ см};$$

$\frac{f}{l} = \frac{3,6}{590} = \frac{1}{164} > \frac{1}{200}$ (предельного прогиба, принятого по табл. 9 НиТУ 123-55).

Для уменьшения прогиба увеличиваем площадь сечения растянутой арматуры (из расчета на 1 *м* ширины плиты) на 2 ∅ 10 *мм*; $F_а = 1,57$ *см*².

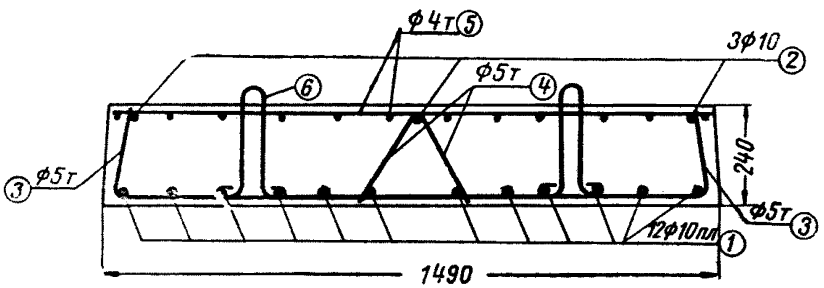
Полная площадь сечения растянутой арматуры

$$F_а = 4,71 + 1,57 = 6,28 \text{ см}^2;$$

Так как арматура недонапряжена, принимаем ее из Ст.5

$$\frac{F'_а}{F_а} = \frac{1,57}{6,28} = 0,25;$$

$$\alpha = \frac{1,5 \cdot 6,28}{100 \cdot 21,5} \cdot \frac{2\,100\,000}{25\,000} = 0,35$$



Армирование плиты покрытия

1 — продольная рабочая арматура из периодической стали марки Ст. 5; *2* — продольная сжатая арматура из круглой стали марки ст. 3; *3* и *4* — поперечная арматура из холоднотянутой низкоуглеродистой проволоки; *5* — монтажная сварная сетка из холоднотянутой низкоуглеродистой проволоки; *6* — подъемные петли из горячекатаной круглой стали марки Ст. 3

По графику 6 приложения 1

$$C = 0,46; \quad B_{кр} = \frac{2\,100\,000}{0,75} 6,28 \cdot 0,46 \cdot 21,5^2 = 374 \cdot 10^7 \text{ кгсм}^2;$$

$$B = \frac{374 \cdot 10^7}{1,5} = 249 \cdot 10^7 \text{ кгсм}^2;$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,52 \cdot 590^4}{249 \cdot 10^7} = 2,85 \text{см}; \quad \frac{f}{l} = \frac{2,85}{590} \approx \frac{1}{200}.$$

Таким образом, по условиям жесткости плиты устанавливается на всю ее ширину (b=1,5 *м*): 12∅ 10 из стали марки Ст. 5 в растянутой зоне; 3 ∅ 10 из Ст.3 в сжатой зоне.

Армирование плиты осуществляется сварными сетками по схеме, показанной на рисунке (стр. 49).

Согласно п. 166 НиТУ 123-55, сжатая арматура раскреплена от выпучивания поперечной арматурой диаметром 5 *мм* с шагом 200 *мм*.

в) Расчет на скалывание

Общая проверка производится по п. 31. Проверяем условие (13):

$$Q \leqslant 0{,}2bh_0R_и;$$

$$0{,}2\cdot 100\cdot 21{,}5\cdot 13 = 5\,600 \text{ кг} \quad 1\,650 \text{ кг} = Q,$$

т. е. условие (13) соблюдено.

Проверяем условие (14):

$$Q \leqslant 0{,}8bh_0R_р;$$

$$0{,}8\cdot 100\cdot 21{,}5\cdot 1{,}07 = 1\,840 > 1\,650 \text{ кг},$$

т. е. условие (14) соблюдено; следовательно, поперечная арматура по расчету не требуется.

Расчет наклонных сечений по моменту

Начало косых трещин определяется по п. 29.

Для

$$\delta_1 = \frac{a}{h} = \frac{2{,}5}{24} = 0{,}1; \qquad \frac{F'_а}{F_а} = 0{,}25 \quad и$$

$$\alpha_2 = \frac{2F_а}{bh}\cdot\frac{E_а}{E_б} = \frac{2\cdot 6{,}28}{100\cdot 24}\cdot\frac{2\,100\,000}{25\,000} = 0{,}44$$

определяем по графику 2 приложения 1 значение $W_{тр}$=0,5.

По формуле (9)

$$M_{тр} = W_{тр}\, bh^2R_р = 0{,}5\cdot 100\cdot 24^2\cdot 1{,}07 = 30\,800 \text{ кгсм}.$$

По формуле (8)

$$a_т = \frac{M_{тр}}{Q} = \frac{30\,800}{1\,650} = 19 \text{ см}.$$

Так как поперечная арматура в плите имеется, то ее надо учесть при определении положения наиболее опасного косого сечения.

Определяем усилие, воспринимаемое поперечными стержнями (см. рисунок). На всю ширину плиты (b=1,5 *м*) приходится четыре ряда поперечных стержней ∅ 5 *мм*; на 1 *пог. м* ширины приходится

$$f_{x1} = \frac{0{,}196\cdot 4}{1{,}5} = 0{,}522 \text{ см}^2;$$

при этом на 1 *пог. см* длины плиты приходится

$$f_x = \frac{0{,}522}{20} = 0{,}026 \text{ см}^2/\text{пог. см}.$$

По табл. 8 $R_x = 550$ *кг/см*². Конец наиболее опасного косого сечения определяется по формуле (11) расстоянием

$$C_M = \frac{Q}{R_x f_x} = \frac{1\,650}{550 \cdot 0{,}026} = 115 \text{ см}.$$

Согласно п. 29, расстояние $a_т + C_M$ должно быть не более $^1/_4$ пролета, т. е. $a_т + C_M \leqslant \frac{l}{4}$ с тем, чтобы момент внешних сил относительно центра тяжести сжатой зоны косого сечения (относительно конца трещины) был бы не более максимального момента $M = 2\,440$ *кгм*.

Следовательно,

$$C_M = \frac{l}{4} - a_т = \frac{590}{4} - 19 = 128 \text{ см} > 115 \text{ см}.$$

Следовательно, принимаем $C_M = 115$ *см*.

Из формулы (7)

$$N_a = \frac{M - \Sigma R_x F_x z_x}{z} = \frac{244\,000 - 550 \cdot 0{,}026 \frac{115^2}{2}}{21{,}5 - 2{,}5} =$$

$$= \frac{244\,000 - 94\,600}{19} = 7\,870 \text{ кг}.$$

В одном продольном стержне

$$N_{a_1} = \frac{7\,870}{8} = 985 \text{ кг}.$$

Для анкеровки продольной арматуры принимаем два поперечных стержня диаметром 14 *мм* и по формуле (12) определяем усилие, воспринимаемое анкерами и сцеплением с бетоном продольной рабочей арматуры. По табл. 4 и примечанию «б»

$$R_{пр} = 13 \cdot 0{,}82 = 10{,}7 \text{ кг/см}^2;$$

$$R_{сц} = 3{,}7 \cdot 0{,}82 = 3{,}05 \quad » \quad .$$

По формуле (12)

$$N_{ан} = 5 n_a d_1^2 R_{пр} \sqrt[3]{\frac{E_a}{E_б}} + R_{сц} a_т u =$$

$$= 5 \cdot 2 \cdot 1{,}4^2 \cdot 10{,}7 \sqrt[3]{\frac{2\,100\,000}{25\,000}} + 3{,}05 \cdot 19 \cdot 1 \cdot 3{,}14 =$$

$$= 905 + 182 = 1\,087 \text{ кг} > 985 \text{ кг}.$$

Следовательно, анкеровка обеспечивается двумя стержнями $d = 14$ *мм* один на опорном участке.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Основные принятые обозначения 3
I. Область применения 6
II. Материалы, нормативные и расчетные сопротивления 8
III. Основные расчетные положения 14
IV. Расчет на центральное и внецентренное сжатие . . . 15
V. Расчет на изгиб 17
VI. Расчет по наклонным сечениям (расчет на скалывание) 18
VII. Расчет жесткости 22
VIII. Основные указания по конструированию 25
Приложение 1. Таблицы и графики 28
Приложение 2. Мероприятия по защите армированных конструкций из ячеистых бетонов от увлажнения и по защите арматуры от коррозии . . 37
Приложение 3. Примеры расчета 40

Госстройиздат
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства Г. Д. Климова
Технический редактор П. Е. Рязанов

Сдано в набор 29/VI-1960 г. Подписано к печати 4/X-1960 г.
Т-12721 Бумага $84 \times 108^1/_{32} = 0{,}81$ бум. л. — 2,65 усл. печ. л. (3,11 уч.-изд. л.).
Тираж 8 000 экз. Изд. № VI-5405 Зак. № 494 Цена 1 р. 55 к.
С 1/I—1961 г. цена 16 коп.

Типография Госстройиздата № 4, г. Подольск, Рабочая ул., 17/2.

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
19	10 сверху	$z = h_0 - a$	$z = h_0 - a'$
27	16 снизу	припариваются	привариваются
28	3 колонка слева. 2 строка снизу	0,985	0,895
51	1 снизу	один на опорном	на опорном

Зак. 494