

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского  
федерального университета

Дата подписания: 12.09.2023 09:48:23

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**  
**курсового проекта**  
**по дисциплине**

**«ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ**  
**КОНСТРУКЦИИ»**

Направление подготовки 08.03.01 Строительство

Направленность (профиль) Городское строительство и хозяйство

Пятигорск, 2021г.

## Содержание

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 1Введение                                         | 4  |
| 2Цель, задачи и реализуемые компетенции           | 8  |
| 3Формулировка задания                             | 9  |
| 4Структура работы                                 | 9  |
| 5Общие требования к написанию и оформлению работы | 10 |
| 6Последовательность выполнения задания            | 16 |
| 7Критерии оценивания работы                       | 32 |
| 8Порядок защиты работы                            | 33 |
| 9Список рекомендуемой литературы                  | 33 |
| 10Приложения                                      | 34 |

## 1 Введение

Многоэтажными бывают не только жилые дома, но также здания производственного, административно-бытового и общественного назначения. Подобные здания чаще всего выполняют каркасными из сборного железобетона. Конструкция данных видов зданий состоит из следующих частей:

Каркас - это пространственный остов, несущий вертикальные и горизонтальные нагрузки и собираемый из отдельных элементов: колонн, ригелей, панелей перекрытий и связей жесткости.

Панели (плиты) перекрытий - непосредственно воспринимают нагрузки на каждом этаже от веса пола, оборудования и людей. Эти нагрузки, вместе с собственным весом панелей, передаются на ригели; последние опираются своими концами на выступы (консоли) колонн. Причем колонна каждого этажа воспринимает нагрузку от колонн вышележащих этажей. Следовательно, самые нагруженные — колонны первого этажа, их устанавливают на фундаменты, через которые и передается на основание (грунт) вся нагрузка от здания.

Кроме вертикальных на здание действуют и горизонтальные нагрузки: ветровое давление, от торможения внутрицехового транспорта, а также случайные воздействия, не всегда поддающиеся учету. Совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок может привести к потере общей устойчивости здания, если не обеспечить пространственную жесткость, т. е. жесткость в трех плоскостях: двух вертикальных и горизонтальной. Сделать это можно двумя способами:

Первый- создать жесткие узлы сопряжения ригелей с колоннами, которые в отличие от шарнирных способны воспринимать не только продольные и поперечные силы, но и изгибающие моменты. Такие каркасы называют рамными.

Второй - соединить часть колонн специальными связями жесткости, сохранив шарнирное опирание ригелей на консоли колонн. Роль таких связей могут выполнять межкомнатные железобетонные перегородки - их называют диафрагмами жесткости. Подобный тип каркасов получил название связевого (рисунок 1).

В обоих случаях горизонтальными связями являются панели перекрытий которые образуют жесткие диски либо за счет приварки их к ригелям, либо за счет плотно замоноличенных продольных и поперечных швов между конструкциями. У каждой системы есть своя область применения. Например, рамные каркасы более трудоемки и материалоемки,

но зато этажные пространства в них не перегораживаются диафрагмами, поэтому они предпочтительны для производственных зданий. Связевые каркасы применяют там, где по соображениям планировки перегородки не являются помехой: учреждения, школы, больницы, некоторые промышленные предприятия. В таких зданиях нагрузки на перекрытия сравнительно небольшие, поэтому и конструкции здесь более легкие — в них можно применять так называемые «скрытые консоли колонн, не выступающие за габариты ригелей, что увеличивает объем помещений и улучшает их интерьер.

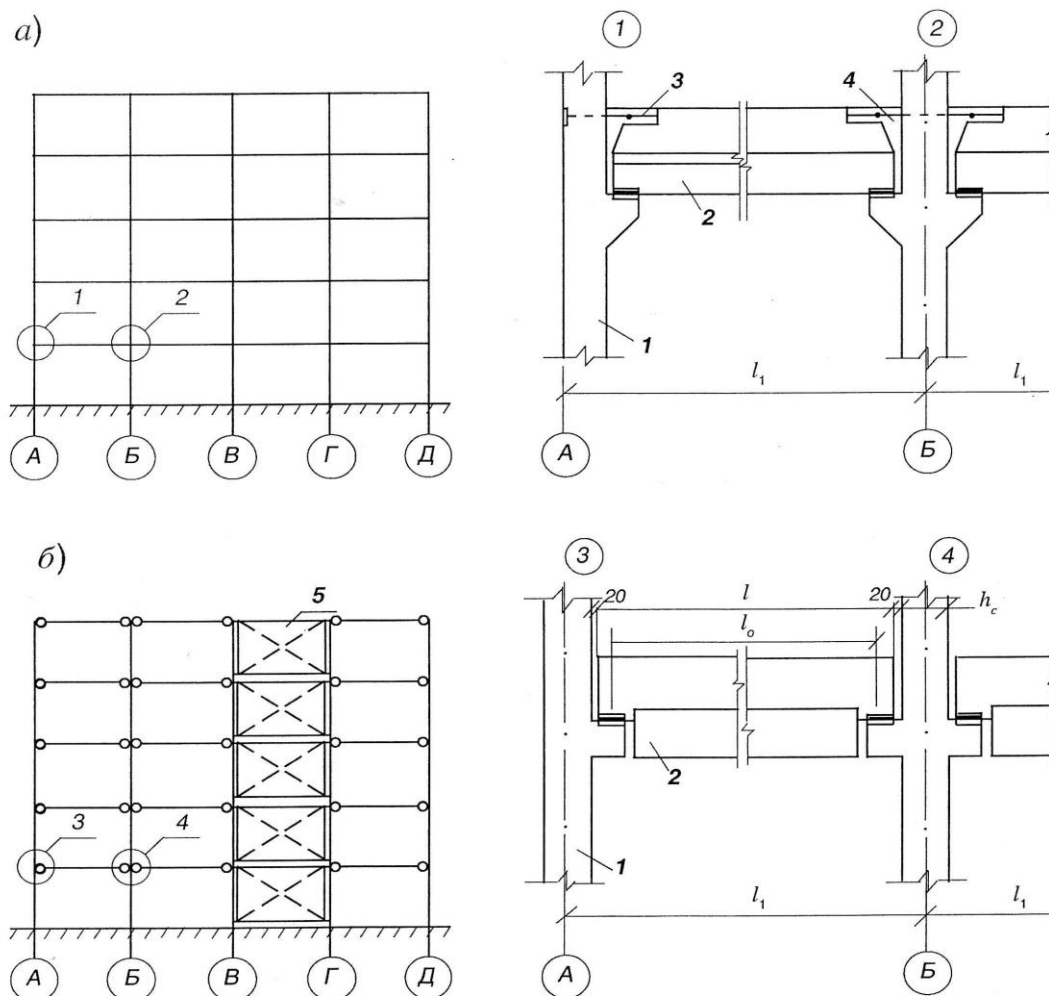


Рисунок 1 – Схемы рамного (а) и связевого (б) каркаса

Целью работы – расчет и конструирование железобетонных конструкций

Основные буквенные обозначения.

$L_0$  – расчетный пролет;

$R_{bn}$  – нормативное сопротивление бетона при осевом сжатии;

$R_{btн}$  – нормативное сопротивление бетона при осевом растяжении;

$R_b$  – расчетное сопротивление бетона на осевое сжатие (предельное состояние 1 группы);  
 $R_{bt}$  – расчетное сопротивление бетона на осевое растяжение (предельное состояние 1 группы);  
 $R_{b\ ser}$  – расчетное сопротивление бетона на осевое сжатие (предельное состояние 2 группы);  
 $R_{bt\ ser}$  – расчетное сопротивление бетона на осевое растяжение (предельное состояние 2 группы);  
 $R_{bp}$  – передаточная прочность бетона;  
 $E_b$  – начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении;  
 $R_s$  – расчетное сопротивление арматуры продольной на растяжение;  
 $R_{sn}$  – нормативное сопротивление арматуры  
 $R_{sw}$  – расчетное сопротивление арматуры поперечной  
 $E_s$  – начальный модуль упругости арматуры;  
 $Q, M$  – усилия от расчетных нагрузок;  
 $M_n, Q_n$  – усилия от нормативных нагрузок;  
 $M_{n,l}, Q_{n,l}$  – усилия от постоянной и длительной нагрузок;  
 $M_{crc}$  – момент, воспринимаемый сечением при образовании трещин в стадии изготовления;  
 $M_{fp}$  – момент от внецентренного обжатия, вызывающий появление трещин;  
 $\gamma_{b2}$  – коэффициент надежности по нагрузке;  
 $\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению;  
 $q$  – расчетная нагрузка;  
 $q_n$  – нормативная полная нагрузка;  
 $q_{n,l}$  – нормативная постоянная и длительная нагрузка;  
 $h$  – фактическая высота;  
 $h_0$  – полезная высота сечения;  
 $h_f$  – высота сжатой зоны таврового сечения;  
 $D$  – диаметр пустот;  
 $d$  – диаметр напрягаемых стержней;  
 $h_f$  – расчетная толщина полок двутаврового сечения;  
 $b$  – расчетная ширина ребра таврового сечения;  
 $b_f$  – ширина полки таврового сечения;  
 $b_f$  – ширина нижней полки двутаврового сечения;  
 $x$  – высота сжатой зоны;  
 $z_1$  – плечо внутренней пары;  
 $\xi$  – относительная высота сжатой зоны ( $x / h_0$ );  
 $\xi_R$  – граничная высота сжатой зоны;  
 $\omega$  – характеристика сжатой зоны;  
 $\Delta\gamma_{sp}$  – отклонение натяжения;  
 $\gamma_{sp}$  – коэффициент точности натяжения арматуры;  
 $\gamma_{s6}$  – коэффициент условий работы, учитывающий работу напрягаемой арматуры выше условного предела текучести;  
 $n_p$  – число натягиваемых стержней в сечении;  
 $\eta$  – условный предел текучести;

$\mu$  – коэффициент армирования ( $A_s/bh_0$ );  
 $\mu_{\min}$  – минимальный коэффициент армирования;  
 $A_s$  – площадь сечения растянутой арматуры;  
 $A_{\text{red}}$  – площадь приведенного сечения;  
 $A_b$  – площадь полки двутаврового сечения;  
 $W_{\text{red}}$  – момент сопротивления сечения (по нижней зоне) в стадии эксплуатации;  
 $W_{\text{red}}^{\lambda}$  – момент сопротивления сечения (по верхней зоне) в стадии изготовления;  
 $W_{\text{pl}}^{\lambda}$  – упругопластический момент сопротивления в стадии изготовления;  
 $W_{\text{pl}}$  – упругопластический момент сопротивления в стадии эксплуатации;  
 $P_1$  – усилие в арматуре к началу обжатия бетона;  
 $P_2$  – усилие в арматуре с учетом всех потерь;  
 $S_{\text{red}}$  – статический момент приведенного сечения;  
 $I_{\text{red}}$  – момент инерции приведенного сечения;  
 $I_b$  – момент инерции бетона;  
 $y_0$  – расстояние от нижней грани до центра тяжести приведенного сечения;  
 $r$  – расстояние от наиболее удаленной точки растянутой (верхней) зоны до центра тяжести;  
 $\varphi_f$  – коэффициент, учитывающий влияние полки в сжатой зоне;  
 $\varphi_n$  – коэффициент, учитывающий влияние продольных сил;  
 $\varphi_{b1}$  – коэффициент зависимости определяется по формуле  $\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b$ , где  $\beta = 0,01$  для тяжелого бетона,  $\beta = 0,02$  для легкого;  
 $\varphi_{b2}$  – коэффициент, учитывающий вид бетона;  
 $\varphi_{w1}$  – коэффициент, учитывающий влияние поперечной арматуры, нормальной к продольной оси элемент;  
 $e_{\text{op}}$  – эксцентриситет усилия обжатия  $P_1$  относительно центра тяжести сечения;  
 $r$  – отклонение величины контролируемого напряжения  
 $\sigma_{bp}$  – напряжение в бетоне при обжатии на уровне арматуры;  
 $\sigma_s$  – приращение напряжений в растянутой арматуре от действия полной нагрузки;  
 $\sigma_{sp}$  – предварительное натяжение арматуры;  
 $\sigma_1$  – потери от релаксации напряжений в арматуре при электротермическом способе натяжения;  
 $\sigma_2$  – потери от температурного перепада между натянутой арматурой и упорами;  
 $\sigma_3, \sigma_5$  – потери от деформации анкеров;  
 $\sigma_6$  – потери от быстроснатекающей ползучести;  
 $\sigma_8$  – потери от усадки бетона;  
 $\sigma_9$  – потери от ползучести бетона;  
 $a'_{\text{crc1}}$  – ширина непродолжительного раскрытия трещин;  
 $a'_{\text{crc1}}$  – ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия полной нагрузки;

$a'_{cr2}$  - ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия постоянной и длительной нагрузок;

$a_{cr2}$  - ширина раскрытия трещин от продолжительного действия постоянной и длительной нагрузок;

$N_{tot}$  – суммарная продольная сила;

$\Psi_s$  – коэффициент, характеризующий неравномерность деформации растянутой арматуры на участке между трещинами;

$\Psi_b$  – коэффициент, характеризующий неравномерность деформации бетона на участке между трещинами;

$(1/r)_4$  - кривизна в середине пролета при длительном действии нагрузок;

$(1/r)_3$  - кривизна, обусловленная выгибом панели от усадки и ползучести бетона в следствии обжатия;

$(1/r)$  - полная кривизна;

$f$  — прогиб;

$Q_b$  - прочность сжатого бетона на срез;

$Q_{sw}$  – прочность поперечной арматуры, пересекающей наклонную трещину;

$Q_{max}$  – опорная реакция;

$c$  – проекция расстояния от грани опоры до конца трещины (пролет среза);

$c_0$  - проекция опасной наклонной трещины;

$k_f$  – катет шва;

$l_w$  - длина одного шва;

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции» предназначены для студентов заочной формы обучения.

## **2 Цель, задачи и реализуемые компетенции**

Цель:

- формирование набора профессиональных и общенаучных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

- дать будущему бакалавру необходимые знания в области: материалов для железобетонных и каменных конструкций зданий и инженерных сооружений различного назначения; общих принципов расчета и конструирования элементов зданий; установления оптимальных областей применения конструкций с обеспечением их необходимой долговечности и надежности.

Задачи:

- изучение физико-механических свойств бетона, стальной арматуры, железобетона и каменной кладки;
- изучение основ сопротивления элементов действию статических и динамических нагрузок;
- обзор основных сведений о каменных и армокаменных конструкциях.

### Реализуемые компетенции:

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                      |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3   | Способность проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения |

### 3 Формулировка задания

Выполнить расчет железобетонной плиты перекрытия по двум группам предельных состояний: по прочности (несущей способности) и непригодности к нормальной эксплуатации (прогиб, трещины)

### 4 Структура работы

В состав курсового проекта входит:

- титульный лист;
- задание на выполнение курсового проекта;
- отзыв;
- содержание курсового проекта;
- введение;
- основная часть.
- заключение (выводы);
- список использованных источников;
- приложение.

### 5 Общие требования к написанию и оформлению работы

#### Общие требования к оформлению работы

ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

По ГОСТ 7.32-2001 текст печатается на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта - черный. Размер шрифта (кегель) - кегль 14. Тип шрифта - Times New Roman.

Размеры полей: правое - 15 мм, верхнее и нижнее - 20 мм, левое - 30 мм.

Страницы работы нумеруются арабскими цифрами (нумерация сквозная по всему тексту). Номер страницы ставится в центре нижней части листа без точки. Титульный лист включается в общую нумерацию, номер на нем не ставится.

#### Оформление заголовков

По ГОСТ 7.32-2001 главы основной части работы не являются структурными элементами - таким элементом (наряду содержанием, введением, заключением, списком использованных источников, приложением и др.) является только вся основная часть в целом. По ГОСТ 7.32-2001 заголовки структурных элементов работы располагают в середине строки без точки в конце и печатают заглавными буквами без подчеркивания. Каждый структурный элемент следует начинать с новой страницы.

Главы обычно нумеруют, хотя, если их рассматривать в качестве структурных элементов работы, то указаний стандартов на этот счет никаких нет. То есть можно и не нумеровать.

Главы могут делиться на параграфы, которые в свою очередь могут делиться на пункты и подпункты (и более мелкие разделы).

Номер параграфа состоит из номеров главы и параграфа в главе, разделенных точкой. В конце номера точка не ставится. Аналогичным образом нумеруются и пункты в параграфе (например: 2.4.2 Анализ результатов). В принципе, допускается наличие в главе всего одного параграфа, а в параграфе - одного пункта. В этом случае параграф и пункт все равно нумеруются. Заголовки параграфов, пунктов и подпунктов следует печатать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Размер абзацного отступа, как и расстояния между заголовками, ГОСТ 7.32-2001 никак не регулирует, но можно ориентироваться на ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», по которому абзацный отступ равен 1,25см.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 3 или 4 интервалам (15 мм). Если диплом напечатан интервалом 1,5, то это значит, что расстояние между заголовком и текстом равно одной пустой строке.

### **Оформление содержания**

По ГОСТ 7.32-2001 заголовок СОДЕРЖАНИЕ пишется заглавными буквами посередине строки.

Содержание включает введение, наименование всех глав, параграфов, пунктов, заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы работы.

По ГОСТ 2.105-95 наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

### **Оформление рисунков**

По ГОСТ 7.32-2001 на все рисунки в тексте должны быть даны ссылки. Рисунки должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Рисунки нумеруются арабскими цифрами, при этом нумерация сквозная, но допускается нумеровать и в пределах раздела (главы). В последнем случае номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой (например: Рисунок 1.1). Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Слово «Рисунок» пишется полностью. Подпись должна выглядеть так: Рисунок 2 - Структура фирмы. Точка в конце названия не ставится.

Если в работе есть приложения, то рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением впереди обозначения приложения (например: Рисунок А.3).

### **Оформление таблиц**

По ГОСТ 7.32-2001 на все таблицы в тексте должны быть ссылки. Таблица должна располагаться непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. Все таблицы нумеруются (нумерация сквозная, либо в пределах раздела - в последнем случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой (например: Таблица 1.2). Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением впереди обозначения приложения (например: Таблица В.2). Слово «Таблица» пишется полностью. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире (например: Таблица 3 - Доходы фирмы). Точка в конце названия не ставится.

При переносе таблицы на следующую страницу название помещают только над первой частью, при этом нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую первую часть таблицы, не проводят. Над другими частями также слева пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы (например: Продолжение таблицы 1).

Таблицу с большим количеством столбцов допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и столбцы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае - боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером столбцов и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами столбцы и(или) строки первой части таблицы.

Заголовки столбцов и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки столбцов - со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они

имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков столбцов и строк точки не ставят. Разделять заголовки и подзаголовки боковых столбцов диагональными линиями не допускается.

Заголовки столбцов, как правило, записывают параллельно строкам таблицы, но при необходимости допускается их перпендикулярное расположение.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Но головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

### **Оформление примечаний**

По ГОСТ 7.32-2001 примечания размещают сразу после текста, рисунка или в таблице, к которым они относятся. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и идет текст примечания. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без точки.

Примечание - \_\_\_\_\_

или:

Примечания

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

3 \_\_\_\_\_

Примечания можно оформить в виде сноски. Знак сноски ставят непосредственно после того слова, числа, символа, предложения, к которому дается пояснение. Знак сноски выполняют надстрочно арабскими цифрами со скобкой. Допускается вместо цифр выполнять сноски звездочками «\*». Применять более трех звездочек на странице не допускается. Сноску располагают в конце страницы с абзацного отступа, отделяя от текста короткой горизонтальной линией слева.

### **Оформление формул и уравнений**

По ГОСТ 7.32-2001 формулы и уравнения следует выделять из текста в отдельную строку. Над и под каждой формулой или уравнением нужно оставить по пустой строке. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (х), деления (:), или других математических знаков, причем этот знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «х».

Если нужны пояснения к символам и коэффициентам, то они приводятся сразу под формулой в той же последовательности, в которой они идут в формуле.

Все формулы нумеруются. Обычно нумерация сквозная. Номер проставляется арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

$$A = a:b \quad (1)$$

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой, например: (1.4).

Формулы в приложениях имеют отдельную нумерацию в пределах каждого приложения с добавлением впереди обозначения приложения, например: (В.2).

Допускается выполнение формул и уравнений рукописным способом черными чернилами.

### **Оформление перечислений**

По ГОСТ 7.32-2001 перед каждым перечислением следует ставить дефис или, при необходимости ссылки в тексте на одно из перечислений, строчную букву (за исключением ё, з, й, о, ч, ь, ы, ъ).

Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа.

- а) \_\_\_\_\_
- б) \_\_\_\_\_
  - 1) \_\_\_\_\_
  - 2) \_\_\_\_\_
- в) \_\_\_\_\_

### **Оформление приложений**

По ГОСТ 7.32-2001 в тексте работы на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его обозначения. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность (например: ПРИЛОЖЕНИЕ Б). Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами. Если в документе одно приложение, оно обозначается «ПРИЛОЖЕНИЕ А».

Текст каждого приложения может быть разделен на разделы, подразделы и т.д., которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Нумерация страниц приложений и основного текста должна быть сквозная.

### **Оформление списка литературы**

По ГОСТ 7.32-2001 список литературы должен называться «Список использованных источников». По ГОСТ 7.32-2001 сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа. Однако в таком контексте указанный список подразумевает не собственно список литературы, а список ссылок. Список же ссылок регламентируется специальным ГОСТом - ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления», который особо разграничивает список ссылок и список литературы.

### **Структура списка литературы**

Принято источники в списке литературы располагать в алфавитном порядке (относительно заголовка соответствующей источнику библиографической записи). При этом независимо от алфавитного порядка впереди обычно идут нормативные акты. Исходя из этого, можно считать устоявшимся правилом следующий порядок расположения источников:

- нормативные акты;
- книги;
- печатная периодика;
- источники на электронных носителях локального доступа;
- источники на электронных носителях удаленного доступа (т.е. интернет-источники).

В каждом разделе сначала идут источники на русском языке, а потом - на иностранных языках (так же в алфавитном порядке).

Нормативные акты располагаются в следующем порядке:

- международные акты, ратифицированные Россией, причем сначала идут документы ООН;
- Конституция России;
- кодексы;
- федеральные законы;
- указы Президента России;
- постановления Правительства России;
- приказы, письма и пр. указания отдельных федеральных министерств и ведомств;
- законы субъектов России;

- распоряжения губернаторов;
- распоряжения областных (республиканских) правительств;
- судебная практика (т.е. постановления Верховного и прочих судов России);
- законодательные акты, утратившие силу.

Федеральные законы следует записывать в формате:

Федеральный закон от [дата] № [номер] «[название]» // [официальный источник публикации, год, номер, статья]

Законы располагаются не по алфавиту, а по дате принятия (подписания Президентом России) - впереди более старые.

Если при написании работы использовался законодательный сборник или издание отдельного закона, в список литературы все равно следует записать закон (приказ и т.п.) с указанием официального источника публикации. Для федеральных актов такими источниками являются: «Собрание законодательства Российской Федерации», «Российская газета», «Собрание актов Президента и Правительства Российской Федерации» и др.

## 6 Последовательность выполнения задания

### Расчет и конструирование круглопустотной плиты (ПРИМЕР)

*Исходные данные:*

1) геометрические параметры: номинальная длина плиты  $L=6,28$  м, номинальная ширина плиты  $B=2,2$  м, ширина ригеля  $b=0,25$  м, размер полки ригеля  $a=0$ ;

2) нагрузочные параметры: временная нормативная нагрузка  $V_n=500$  кгс/м<sup>2</sup>, в том числе длительная  $V_{n1}=350$  кгс/м<sup>2</sup>, кратковременная  $V_{n2}=150$  кгс/м<sup>2</sup>;

3) конструктивно-технологические условия: плиту армировать с предварительным напряжением, использовать бетон класса В25.

Для поперечного сечения плиты принять пустотную форму с круглыми пустотами (многопустотную).

Расчет плиты целесообразно производить в определенной последовательности.

*Расчет по предельным состояниям первой группы*

#### Расчетные пролет и нагрузки

При опирании плиты на ригель поверху ( $a=0$ ) расчетный пролет (рис.2)

$$l = L - b/2 = 6,28 - 0,25/2 = 6,155 = 6,2 \text{ м}$$

Подсчет нагрузок на 1 м<sup>2</sup> перекрытия удобно вести в табличной форме (табл. 4), где учтена нагрузка от конструкции пола (рис. 3).

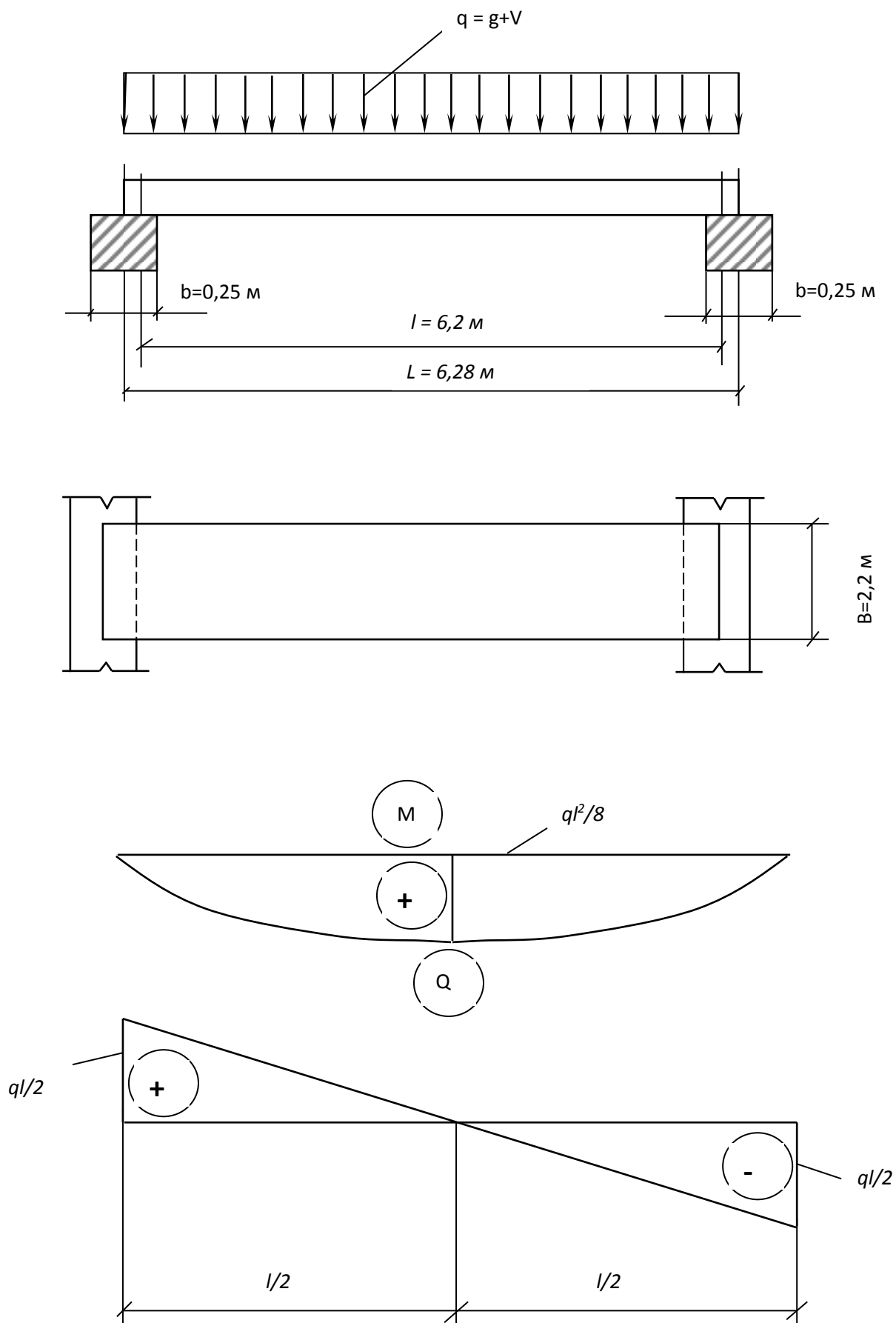


Рисунок 2 - Расчетная схема плиты и эпюры расчетных усилий (изгибающих моментов  $M$  и поперечных сил  $Q$ )

Таблица 1 - Нормативные и расчетные нагрузки на 1 м<sup>2</sup> перекрытия

| №<br>п/п | Нагрузка                                                                                      | Нормативная,<br>кгс/м <sup>2</sup> | Коэффициен<br>т<br>надежности<br>по нагрузке | Расчетная,<br>кгс/м <sup>2</sup> |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|
| 1        | 2                                                                                             | 3                                  | 4                                            | 5                                |
| 1        | ПОСТОЯННАЯ                                                                                    |                                    |                                              |                                  |
| 2        | - керамические плитки, $\delta = 13\text{мм}$<br>( $\rho = 1800\text{кг} / \text{м}^3$ )      | 24                                 | 1,1                                          | 26,4                             |
| 3        | - слой цементного раствора, $\delta = 20\text{мм}$<br>( $\rho = 2200\text{кг} / \text{м}^3$ ) | 44                                 | 1,3                                          | 57,2                             |
| 4        | - многопустотная плита                                                                        | 300                                | 1,1                                          | 330                              |
| 5        | ИТОГО                                                                                         | 368                                | -                                            | 414                              |
| 6        | ВРЕМЕННАЯ                                                                                     | 500                                | 1,2                                          | 600                              |
| 7        | В том числе:                                                                                  |                                    |                                              |                                  |
| 8        | - длительная                                                                                  | 350                                | 1,2                                          | 420                              |
| 9        | - кратковременная                                                                             | 150                                | 1,2                                          | 180                              |
| 10       | ПОЛНАЯ НАГРУЗКА                                                                               | 868                                | -                                            | 1014                             |
| 11       | В том числе:                                                                                  |                                    |                                              |                                  |
| 12       | - постоянная и длительная                                                                     | 718                                | -                                            | -                                |
| 13       | - кратковременная                                                                             | 150                                | -                                            | -                                |

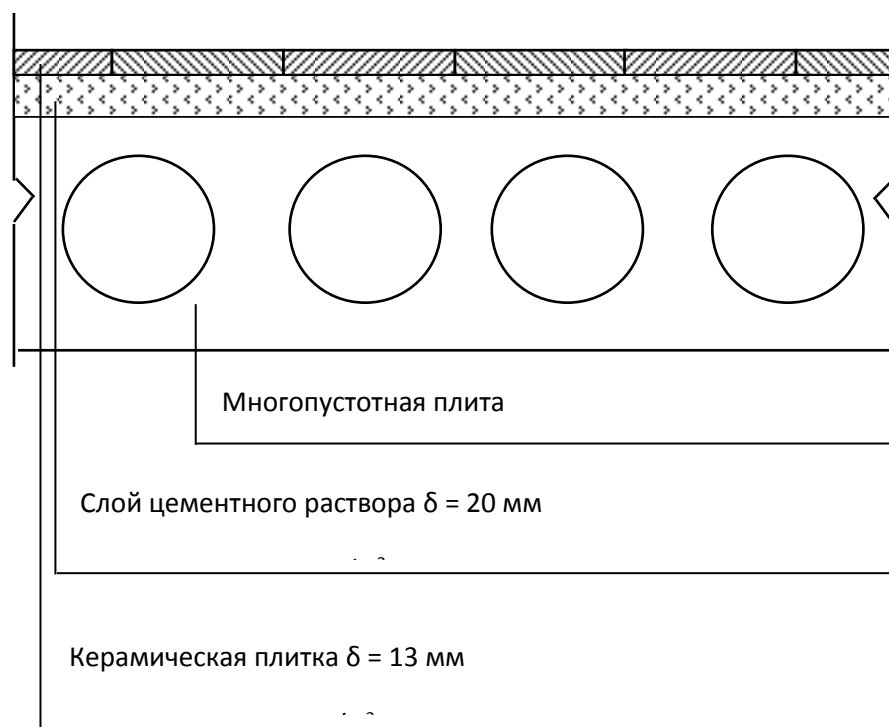


Рисунок 2 - Разрез конструкции пола

Расчетная нагрузка на 1 м пролета (длины) плиты при ее ширине 2,2 м с учетом коэффициента надежности по назначению здания  $\gamma_n = 0,95$  составляет:

$$g = 414 \cdot 2,2 \cdot 0,95 = 865 \text{ кгс/м} - \text{постоянная,}$$

$$q = g + V = 1014 \cdot 2,2 \cdot 0,95 = 2120 \text{ кгс/м} - \text{полная.}$$

Нормативная нагрузка на 1 м:

$$g_n = 368 \cdot 2,2 \cdot 0,95 = 770 \text{ кгс/м} - \text{постоянная,}$$

$$q_n = g_n + V_n = 868 \cdot 2,2 \cdot 0,95 = 1815 \text{ кгс/м} - \text{полная;}$$

$$g_n + V_{nl} = 718 \cdot 2,2 \cdot 0,95 = 1500 \text{ кгс/м} - \text{постоянная и длительная.}$$

#### **Усилия от расчетных и нормативных нагрузок.**

Усилия от нагрузок представляют собой изгибающие моменты  $M$  и поперечные силы  $Q$  (рис. 2).

От расчетной нагрузки:

$$M = ql^2/8 = 2120 \cdot 6,2^2/8 = 10186 = 10200 \text{ кгс*м;}$$

$$Q = ql/2 = 2120 \cdot 6,2/2 = 6572 = 6600 \text{ кгс.}$$

От нормативной полной нагрузки:

$$M = q_n l^2/8 = 1815 \cdot 6,2^2/8 = 8721 = 8730 \text{ кгс*м;}$$

$$Q = q_n l/2 = 1815 \cdot 6,2/2 = 5626 = 5630 \text{ кгс.}$$

От нормативной постоянной и длительной нагрузок:

$$M = (g_n + V_{nl}) l^2/8 = 1500 \cdot 6,2^2/8 = 7207 = 7210 \text{ кгс*м.}$$

#### **Определение размеров сечения плиты**

Высота сечения многопустотной (12 круглых пустот диаметром 14 см) предварительно напряженной плиты (рис. 4, а):

$$h = l/30 = 6,2/30 = 0,206 = 0,210 \text{ м;}$$

$$h_0 = h - a = 21 - 3 = 18 \text{ см} - \text{рабочая высота сечения.}$$

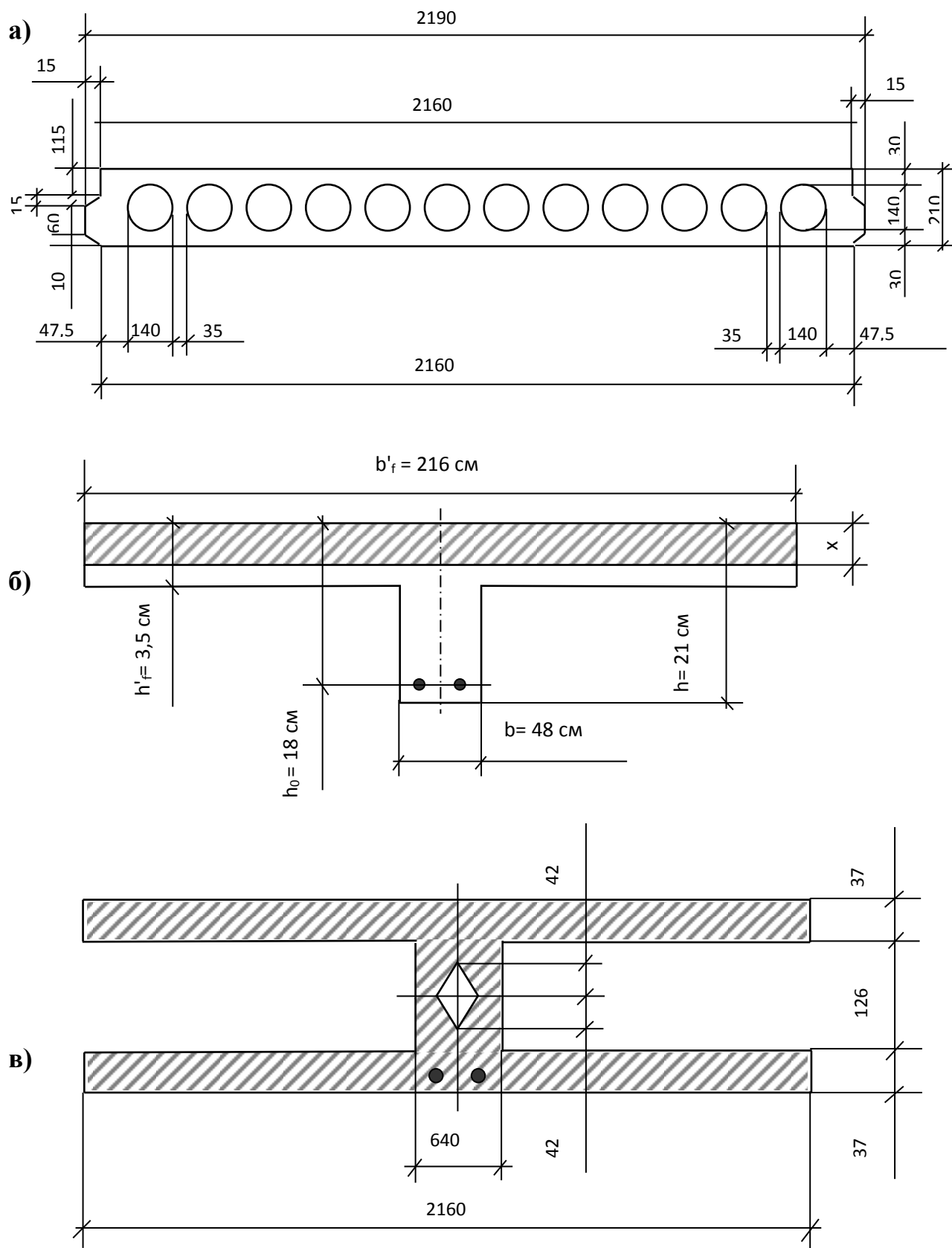


Рисунок 4 - Поперечные сечения многопустотной плиты: а – основные размеры; б – к расчету прочности; в – к расчету по образованию трещин

Остальные размеры поперечного сечения многопустотной плиты:

- толщина верхней и нижней полок  $(21-14)/2=3,5$  см;
- ширина ребер – средних 3,5 см, крайних – 4,75 см  
 $(4,75*2 + 3,5*11 + 14*12 = 216$  см (рис.4,а).

В расчетах по предельным состояниям первой группы расчетная толщина сжатой полки таврового сечения  $h'_f=3,5$  см (рис.4, б). Отношение  $h'_f/h=3,5/21=0,17 > 0,1$ , поэтому в расчет вводится вся ширина полки  $b'_f=216$  см, а расчетная ширина ребра  $b=216-14*12=48$  см.

### Характеристики прочности бетона и арматуры

Многопустотная предварительно напряженная плита армируется стержневой арматурой класса А-V с электротермическим напряжением на упоры форм. К трещиностойкости плиты предъявляются требования 3-й категории. Изделие подвергается тепловой обработке при атмосферном давлении.

Бетон тяжелый класса В25, соответствующий напрягаемой арматуре. Его призмная прочность нормативная:  $R_{bn} = R_{b,ser} = 185$  кгс/см<sup>2</sup>, расчетная:  $R_b=145$  кгс/см<sup>2</sup>; коэффициент условий работы бетона:  $\gamma_{b2} = 0,9$ ; нормативное сопротивление при растяжении:  $R_{btн} = R_{bt,ser} = 16$  кгс/см<sup>2</sup>, расчетное:  $R_{bt}=10,5$  кгс/см<sup>2</sup>; начальный модуль упругости бетона:  $E_b = 300000$  кгс/см<sup>2</sup>. Передаточная прочность бетона  $R_{bp}$  устанавливается так, чтобы при обжатии отношение напряжений  $\sigma_{bp}/R_{bp} \leq 0,75$ .

Продольная арматура класса А-V, нормативное сопротивление:  $R_{sn} = 7850$  кгс/см<sup>2</sup>, расчетное сопротивление:  $R_s=6800$  кгс/см<sup>2</sup>; модуль упругости:  $E_s = 1900000$  кгс/см<sup>2</sup>. Предварительное напряжение арматуры:  $\sigma_{sp} = 0,75R_{sn}=0,75*7850=5888=5900$  кгс/см<sup>2</sup>.

Для предварительного напряжения арматуры необходимо проверить выполнение условий:

$$\sigma_{sp} + \Delta\sigma_{sp} \leq R_{sn}; \sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp} \geq 0,3R_{sn}, \quad (1)$$

где  $\Delta\sigma_{sp} = 0,05\sigma_{sp}$  - при механическом способе напряжения;

$\Delta\sigma_{sp} = 30 + 360/l$  - при электротермическом способе напряжения;

$l$  – длина натягиваемого стержня, м (расстояние между наружными гранями упоров);

$$\Delta\sigma_{sp}, \text{ МПа}$$

В данном случае при электротермическом способе натяжения:

$$\Delta\sigma_{sp} = 30 + 360/l = 30 + 360/6,0 = 88 \text{ МПа} = 880 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{sp} + \Delta\sigma_{sp} = 5900 + 880 = 6780 \text{ кгс/см}^2 < R_{sn} = 7850 \text{ кгс/см}^2$$

$$\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp} = 5900 - 880 = 5020 \text{ кгс/см}^2 > 0,3R_{sn} = 0,3 \cdot 7850 = 2355 \text{ кгс/см}^2 - \text{условия (1) выполняются.}$$

Предельное отклонение значения предварительного напряжения определяют по формуле:

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \frac{\Delta\sigma_{sp}}{\sigma_{sp}} (1 + 1/\sqrt{n_p}), \quad (2)$$

где  $n_p$  – число напрягаемых стержней в сечении элемента.

$$\text{Здесь при } n_p=10 \quad \Delta\gamma_{sp} = 0,5 \cdot 880/5900 \cdot (1 + 1/\sqrt{10}) = 0,10$$

$$\text{Коэффициент точности натяжения } \gamma_{sp} = 1 - \Delta\gamma_{sp} = 1 - 0,1 = 0,9$$

При проверке по образованию трещин в верхней зоне при обжатии:  
 $\gamma_{sp} = 1 + \Delta\gamma_{sp} = 1 + 0,1 = 1,1$ . Значение предварительного напряжения с учетом точности натяжения:

$$\sigma_{sp} = 0,9 \cdot 5900 = 5310 = 5300 \text{ кгс/см}^2$$

### Прочность плиты по нормальному сечению

В сечении многопустотной плиты, нормальном к продольной оси, действует расчетное усилие в виде изгибающего момента от полной нагрузки  $M=10200 \text{ кгс}\cdot\text{м} = 1020000 \text{ кгс}\cdot\text{см}$ . Это сечение является тавровым с полкой в сжатой зоне (рис. 4, б). Необходимо определить табличные значения  $\alpha_m$ ,  $\xi$  и  $\zeta$  такого сечения:

$$\alpha_m = M/(\gamma_{b2} R_b b_f' h_0^2) = 1020000/(0,9 \cdot 145 \cdot 216 \cdot 18^2) = 0,111$$

$$\xi = 0,12; \quad \zeta = 0,94$$

Высота сжатой зоны  $x = \xi h_0 = 0,12 \cdot 18 = 2,2 \text{ см} < h_f' = 3,5 \text{ см}$  – нейтральная ось проходит в пределах сжатой полки.

Характеристика сжатой зоны для тяжелого бетона:

$$\omega = 0,85 - 0,0008 \gamma_{b2} R_b = 0,85 - 0,0008 \cdot 0,9 \cdot 145 = 0,75$$

Граничная относительная высота сжатой зоны определяется по формуле:

$$\xi_R = \omega / [1 + (\sigma_{s1} / \sigma_{s2})(1 - \omega / 1,1)], \quad (3)$$

где  $\sigma_{s1} = R_s - \sigma_{sp}$  - напряжение в арматуре с физическим пределом текучести  $\sigma_y$  или  $\sigma_{s1} = R_s + 4000 - \sigma_{sp}$  - напряжение в арматуре с условным пределом текучести  $\sigma_{0,2}$  с учетом накопившихся остаточных деформаций;

$\sigma_{s2} = 5000 \text{ кгс/см}^2$  при коэффициенте условий работы бетона  $\gamma_{b2} < 1$ ;

$\sigma_{sp}$  - предварительное напряжение с учетом всех потерь.

Суммарные потери при любом способе натяжения могут составлять 30% начального предварительного напряжения. В расчетах конструкций суммарные потери должны приниматься не менее 1000 кгс/см<sup>2</sup>.

Здесь  $\sigma_{sp} = 0,7 \cdot 5300 = 3710 = 3700 \text{ кгс/см}^2$  и по формуле (3) получится

$$\xi_R = 0,75 / [1 + (7100/5000)(1 - 0,75/1,1)] = 0,52,$$

где  $\sigma_{s1} = R_s + 4000 - \sigma_{sp} = 6780 + 4000 - 3700 = 7080 \text{ кгс/см}^2$ .

При соблюдении условия  $\xi = 0,12 < \xi_R = 0,52$  принимается коэффициент условий работы, учитывающий сопротивление напрягаемой арматуры выше  $\sigma_{0,2}$ , согласно формуле:

$$\gamma_{s6} = \eta - (\eta - 1)(2\xi / \xi_R - 1) \leq \eta, \quad (4)$$

где  $\eta$  - коэффициент; для арматуры класса А-IV  $\eta = 1,20$ ; классов А-V, В-II, Вр-II, К-7, К-19  $\eta = 1,15$ ; класса А-VI  $\eta = 1,10$ .

В данном расчете  $\gamma_{s6} = 1,15 - (1,15 - 1)(2 \cdot 0,12 / 0,52 - 1) = 1,23 > \eta = 1,15$ . Поэтому принимается  $\gamma_{s6} = \eta = 1,15$ .

Площадь сечения растянутой арматуры:

$$A_s = M / (\gamma_{s6} R_s \zeta h_0) = 1020000 / (1,15 \cdot 6780 \cdot 0,94 \cdot 18) = 7,7 \text{ см}^2.$$

По сортаменту арматуры можно принять 10Ø10 А-V с площадью сечения  $A_s = 7,85 \text{ см}^2$  (рис. 5).

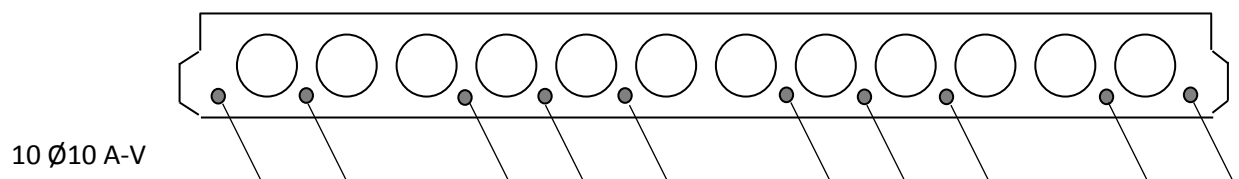


Рисунок 5 - Размещение продольной напрягаемой арматуры в поперечном сечении плиты

### Прочность плиты по наклонному сечению

В сечении многопустотной плиты, наклонном к продольной оси, действует расчетное усилие в виде поперечной силы от полной нагрузки  $Q=6600$  кгс.

Необходимо определить длину проекции расчетного наклонного сечения на продольную ось плиты:  $c \leq 2h_0$ .

Влияние свесов сжатых полок таврового сечения при 12 пустотах (рис. 2, а, б) учитывается коэффициентом  $\varphi_f$ , значение которого должно быть меньше 0,5.

$$\varphi_f = 12[0,75(3h'_f)h'_f / (bh_0)] = 12*[0,75(3*3,5)3,5 / (48*18)] = 0,382 = 0,4 < 0,5$$

Влияние усилия обжатия  $P=38,5$  тс (см. расчет предварительных напряжений арматуры плиты) учитывается коэффициентом  $\varphi_n$ , значение которого тоже должно быть меньше 0,5:

$$\varphi_n = 0,1N / (R_{bt}bh_0) = 0,1*38500 / (10,5*48*18) = 0,42 < 0,5.$$

Значение  $1 + \varphi_f + \varphi_n$  ограничено величиной 1,5. В данном расчете  $1 + \varphi_f + \varphi_n = 1 + 0,30 + 0,45 = 1,75 > 1,5$ , поэтому принимается 1,5.

Тогда  $k = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2 = 2*(1,5)*10,5*48*18^2 = 489888 = 490000$  кгс\*см, где для тяжелого бетона  $\varphi_{b2}=2$ ; мелкозернистого -  $\varphi_{b2}=1,7$ ; легкого -  $\varphi_{b2}=1,5...1,9$ .

В расчетном наклонном сечении поперечное внутреннее усилие  $Q_b$ , воспринимаемое бетоном сжатой зоны, уравнивается поперечным внутренним усилием  $Q_{sw}$ , воспринимаемым арматурой, пересекающей наклонную трещину. Поэтому  $Q_b = Q_{sw} = Q/2$ , откуда длина проекции расчетного наклонного сечения на продольную ось плиты составляет:

$$c = k / Q_b = k / (Q/2) = 490000 / (6600/2) = 148,4 \text{ см.}$$

Здесь  $c = 148,4 \text{ см} > 2h_0 = 2*18 = 36 \text{ см}$ , поэтому принимается  $c=36 \text{ см}$ .

Тогда бетон сжатой зоны может воспринять усилие:

$$Q_b = k / c = 490000 / 36 = 13611 = 13650 \text{ кгс} > Q = 6600 \text{ кгс.}$$

Следовательно, поперечная арматура по расчету не требуется. Однако на приопорных участках длиной  $l/4$  устанавливается конструктивно арматура  $\varnothing 4$  Вр-I с шагом  $S = h/2 = 21/2 = 10,5 \text{ см}$  (рис. 6). В средней части пролета плиты поперечная арматура не применяется.

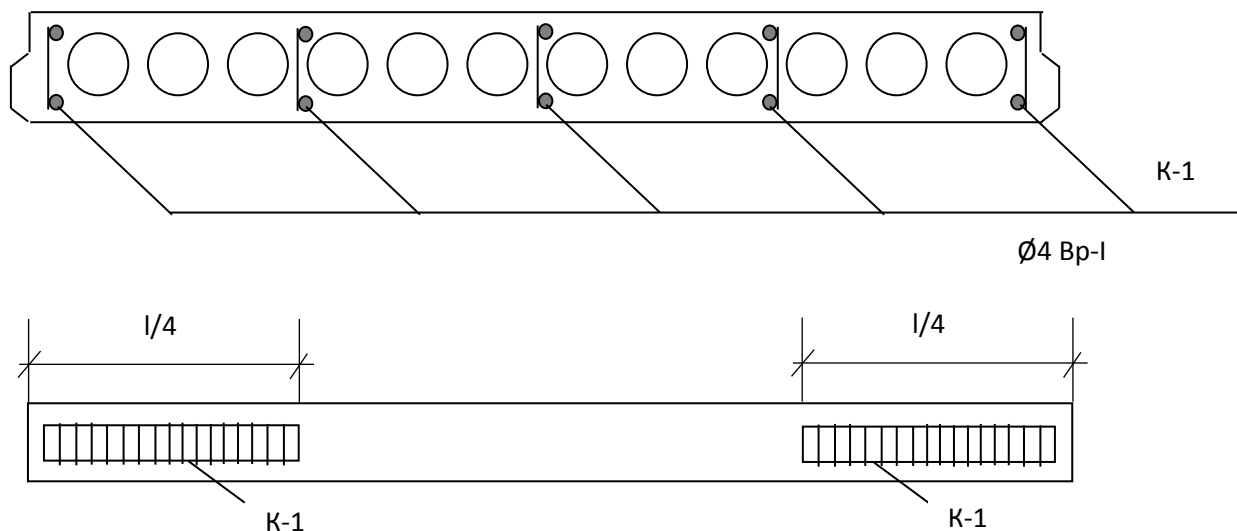


Рисунок 6 - Размещение поперечной конструктивной арматуры в поперечном и продольном сечениях плиты (К-1 – сварные каркасы)

### *Расчет по предельным состояниям второй группы*

#### **Геометрические характеристики приведенного сечения**

Приведенное сечение многопустотной плиты можно получить упрощенно по схеме на рис. 4, в.

Круглое очертание пустот заменяется эквивалентным квадратным со стороной  $h = 0,9d = 0,9 \cdot 14 = 12,6$  см.

Толщина полок эквивалентного сечения:

$$h'_f = h_f = (21 - 12,6) / 2 = 4,2 \text{ см.}$$

Ширина ребра эквивалентного сечения:

$$216 - 12 \cdot 12,6 = 64 \text{ см (рис. 4, в).}$$

Ширина пустот:

$$216 - 64 = 152 \text{ см.}$$

Площадь приведенного сечения:

$$A_{red} = 216 \cdot 21 - 152 \cdot 12,6 = 2620,8 = 2600 \text{ см}^2.$$

Расстояние от нижней грани до центра тяжести приведенного сечения:

$$y_0 = h / 2 = 21 / 2 = 10,5 \text{ см.}$$

Момент инерции приведенного сечения:

$$I_{red} = 216 \cdot 21^3 / 12 - 152 \cdot 12,6^3 / 12 = 141359,9 = 141400 \text{ см}^4.$$

Момент сопротивления сечения по нижней зоне:

$$W_{red} = I_{red} / y_0 = 141400 / 10 = 14140 \text{ см}^3.$$

Момент сопротивления сечения по верхней зоне:

$$W'_{red} = W_{red} = 14140 \text{ см}^3.$$

Расстояние от ядровой точки, наиболее удаленной от растянутой зоны (верхней), до центра тяжести приведенного сечения определяется по формуле:

$$r = \varphi_n (W_{red} / A_{red}), \text{ где } \varphi_n = 1,6 - (\sigma_b / R_{b,ser}). \quad (5)$$

Здесь отношение напряжения в бетоне от нормативных нагрузок и усилия обжатия  $\sigma_b$  к расчетному сопротивлению бетона для предельных состояний второй группы  $R_{b,ser}$  предварительно можно принять равным 0,75, то есть  $\sigma_b / R_{b,ser} = 0,75$ .

Поэтому  $\varphi_n = 1,6 - 0,75 = 0,85$  и  $r = 0,85(14140/2400) = 6$  см.

Расстояние от ядровой точки, наименее удаленной от растянутой зоны (нижней), до центра тяжести приведенного сечения  $r_{inf} = r = 6$  см.

Упругопластичный момент сопротивления приведенного сечения по растянутой зоне определяется по формуле:

$$W_{pl} = \gamma W_{red} \quad (6)$$

где коэффициентом  $\gamma$  учитывают влияние неупругих деформаций бетона растянутой зоны в зависимости от формы сечения. Для симметричных двутавровых сечений при  $2 < b'_f / b = b_f / b$  принимают  $\gamma = 1,5$ .

В данном расчете  $\gamma = 1,5$  при  $b_f / b = 216/64 = 3,4 > 2$  и  $W_{pl} = 1,5 * 14140 = 21210$  см<sup>3</sup>.

Упругопластический момент сопротивления по растянутой зоне в стадии изготовления и обжатия:

$$W'_{pl} = W_{pl} = 21210 \text{ см}^3.$$

### **Потери предварительного напряжения арматуры**

Потери от релаксации напряжений в арматуре при электротермическом способе натяжения  $\sigma_l = 0,03\sigma_{sp} = 0,03 * 5900 = 177$  кгс/см<sup>2</sup>, где предварительное напряжение арматуры  $\sigma_{sp} = 5900$  кгс/см<sup>2</sup>, а коэффициент точности ее натяжения при этом  $\gamma_{sp} = 1$ . Потери от температурного перепада между натянутой арматурой и упорами  $\sigma_2 = 0$ , так как при пропаривании форма с упорами нагревается вместе с изделием.

Усилие обжатия:

$$P_l = A_s (\sigma_{sp} - \sigma_l - \sigma_2) = 7,85(5900 - 177 - 0) = 44926 = 45000 \text{ кгс} = 45 \text{ тс}.$$

Эксцентриситет этого усилия относительно центра тяжести сечения:

$$e_{op} = h/2 - a = 21/2 - 3 = 7,5 \text{ см}.$$

Напряжение в бетоне при обжатии

$$\sigma_{bp} = P_1 / A_{red} + P_1 y_0 / W_{red} = 45000/2400 + 45000 \cdot 10 / 14140 = 51 \text{ кгс/см}^2.$$

Величина передаточной прочности бетона устанавливается из условия:

$$\sigma_{bp} / R_{bp} = 0,75.$$

Откуда:

$$R_{bp} = \sigma_{bp} / 0,75 = 51/0,75 = 68 \text{ кгс/см}^2 < 0,5 B25 = 0,5 \cdot 250 = 125 \text{ кгс/см}^2.$$

Принимается  $R_{bp} = 125 \text{ кгс/см}^2$ , тогда отношение  $\sigma_{bp} / R_{bp} = 68/125 = 0,54$ .

Сжимающие напряжения в бетоне на уровне центра тяжести сечения напрягаемой арматуры от усилия обжатия (без учета момента от веса плиты) составляют:

$$\begin{aligned} \sigma_{bp} &= P_1 / A_{red} + P_1 e_{op} / (I_{red} / e_{op}) = P_1 / A_{red} + P_1 e_{op}^2 / I_{red} = \\ &= 45000/2400 + 45000 \cdot 7^2 / 141400 = 35 \text{ кгс/см}^2. \end{aligned}$$

Потери от быстро натекающей ползучести бетона зависят от условий твердения, уровня напряжений и класса бетона. Развиваются они при обжатии и в первые 2-3 часа после него. При естественном твердении они составляют:

$$\sigma_6 = 400 \sigma_{bp} / R_{bp} \quad \text{при} \quad \sigma_{bp} / R_{bp} \leq \alpha; \quad (7)$$

$$\sigma_6 = 400\alpha + 900\beta(\sigma_{bp} / R_{bp} - \alpha) \quad \text{при} \quad \sigma_{bp} / R_{bp} > \alpha, \quad (8)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  - коэффициенты, принимаемые при передаточной прочности бетона:

$$\alpha = 0,75 \quad \beta = 1,2 \quad R_{bp} = 300 \text{ кгс/см}^2 \text{ и выше};$$

$$\alpha = 0,7 \quad \beta = 1,35 \quad R_{bp} = 250 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\alpha = 0,65 \quad \beta = 2,5 \quad R_{bp} = 200 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\alpha = 0,6 \quad \beta = 2,5 \quad R_{bp} = 150 \text{ кгс/см}^2 \text{ и ниже}.$$

При тепловой обработке и атмосферном давлении потери умножают на коэффициент 0,85.

Здесь при  $\sigma_{bp} / R_{bp} = 37/125 = 0,30 < 0,5$

$$\sigma_6 = 0,85 \cdot 400(\sigma_{bp} / R_{bp}) = 0,85 \cdot 400 \cdot 0,3 = 102 \text{ кгс/см}^2$$

Первые потери  $\sigma_{los1} = \sigma_1 + \sigma_6 = 177 + 102 = 279 \text{ кгс/см}^2$

С учетом потерь  $\sigma_1 + \sigma_6$  напряжение  $\sigma_{bp} = P_1 / A_{red} + P_1 e_{op}^2 / I_{red} = 441000/2400 + 441000 \cdot 7^2 / 141400 = 49,9 \text{ кгс/см}^2$ , где усилие  $P_1 = A_s(\sigma_{sp} - \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_6) = 7,85(5900 - 177 - 0 - 102) = 44125 = 44100 \text{ кгс} = 44,1 \text{ тс}$ .

Тогда  $\sigma_{bp} / R_{bp} = 49,9/125 = 0,4$ .

Потери от усадки бетона в случае тепловой обработки при атмосферном давлении  $\sigma_8 = 350 \text{ кгс/см}^2$ .

Потери от ползучести бетона (следствие соответствующего укорочения элемента) зависят от вида бетона, условий твердения, уровня напряжений:

$$\sigma_9 = 1500\alpha(\sigma_{bp} / R_{bp}) \quad \text{при} \quad \sigma_{bp} / R_{bp} \leq 0,75 \quad (9)$$

$$\sigma_9 = 3000\alpha(\sigma_{bp} / R_{bp} - 0,5) \quad \text{при} \quad \sigma_{bp} / R_{bp} > 0,75 \quad (10)$$

где  $\sigma_{bp}$  определяется так же, как и при  $\sigma_6$ ;  $\alpha = 1$  - при естественном твердении бетона;  $\alpha = 0,85$  - при тепловой обработке и атмосферном давлении.

$$\text{Здесь } \sigma_9 = 1500\alpha(\sigma_{bp} / R_{bp}) = 1500 \cdot 0,85 \cdot 0,4 = 510 \text{ кгс/см}^2$$

$$\text{Вторые потери } \sigma_{los2} = \sigma_8 + \sigma_9 = 350 + 510 = 860 \text{ кгс/см}^2$$

Полные потери  $\sigma_{los} = \sigma_{los1} + \sigma_{los2} = 279 + 707 = 986 \text{ кгс/см}^2$ , что меньше установленного минимального значения  $1000 \text{ кгс/см}^2$ . Поэтому принимается  $\sigma_{los} = 1000 \text{ кгс/см}^2$

Усилие обжатия с учетом полных потерь:

$$P_2 = A_s(\sigma_{sp} - \sigma_{los}) = 7,85 \cdot (5900 - 1000) = 38465 = 38500 \text{ кгс} = 38,5 \text{ тс.}$$

### Образование нормальных трещин

Расчет на образование трещин, нормальных к продольной оси, производится для выяснения необходимости проверки по раскрытию трещин. При этом для элементов, к трещиностойкости которых предъявляются требования 3-й категории, принимается значение коэффициентов надежности по нагрузке  $\gamma_f = 1$ . Здесь действует внутреннее усилие в виде изгибающего момента от нормативной полной нагрузки:

$$M = 7850 \text{ кгс*м} = 785000 \text{ кгс*см.}$$

Нормальные трещина не образуются, если момент внешних сил  $M$  не превосходит момента внутренних усилий в сечении перед образованием трещин, то есть:

$$M \leq M_{crc}. \quad (11)$$

Момент образования трещин по приближенному способу ядровых моментов:

$$M_{crc} = R_{bt,ser} W_{pl} + M_{rp} = 16 \cdot 21210 + 388080 = 727440 \text{ кгс*см,}$$

где при значении коэффициента точности натяжения  $\gamma_{sp} = 0,90$  ядровый момент усилия обжатия  $M_{rp} = \gamma_{sp} P_2 (e_{op} + r) = 0,90 * 38500 * (7+6) = 450450$  кгс\*см.

Поскольку  $M = 785000$  кгс\*см  $> M_{крс} = 727440$  кгс\*см, трещины в растянутой зоне образуются. Следовательно, необходим расчет по их раскрытию.

Следует проверить, образуются ли начальные трещины в верхней зоне плиты при ее обжатии при значении коэффициента точности натяжения  $\gamma_{sp} = 1,10$  (момент от веса плиты не учитывается). Расчетное условие имеет вид:

$$\gamma_{sp} P_l (e_{op} - r_{inf}) \leq R_{btp} W_{pl}' \quad (12)$$

где  $R_{btp} = 10$  кгс/см<sup>2</sup> – сопротивление бетона растяжению, соответствующее передаточной прочности бетона  $R_{bp} = 125$  кгс/см<sup>2</sup>.

Здесь  $\gamma_{sp} P_l (e_{op} - r_{inf}) = 1,10 * 45000 * (7-6) = 138600$  кгс\*см  $< R_{btp} W_{pl}' = 10 * 21210 = 212100$  кгс\*см – условие (11) удовлетворяется, то есть начальные трещины не образуются.

### Раскрытие нормальных трещин

Предельная ширина раскрытия трещин, нормальных к продольной оси, составляет  $[a_{крс}] = 0,4$  мм – непродолжительное;  $[a_{крс}] = 0,3$  мм – продолжительное. Здесь в расчете учитываются изгибающие моменты от нормативных нагрузок:  $M = 6500$  кгс\*м – постоянной и длительной;  $M = 7850$  кгс\*м – полной.

Приращение напряжений в растянутой арматуре от действия постоянной и длительной нагрузок определяют по формуле:

$$\sigma_s = [M - P(z_l - e_{sp})] / W_s, \quad (13)$$

где  $z_l$  – плечо внутренней пары сил,  $z_l \approx h_0 - h_f' / 2 = 18 - 3,7 / 2 = 16,15$  см;

$e_{sp} = 0$  – усилие обжатия  $P_2$  приложено в центре тяжести сечения нижней напрягаемой арматуры;

$W_s$  – момент сопротивления сечения по растянутой арматуре;

$$W_s = A_s z_l = 7,85 * 16,15 = 126,77 = 127 \text{ см}^3.$$

$$\sigma_s = (650000 - 38500 * 16,15) / 127 = 222 \text{ кгс/см}^2 \text{ – от постоянной и длительной.}$$

$$\sigma_s = (785000 - 38500 * 16,15) / 127 = 1285 = 1300 \text{ кгс/см}^2 \text{ – от полной.}$$

Ширину раскрытия трещин в мм на уровне оси растянутой арматуры определяют по эмпирической формуле:

$$a_{crc} = 20(3,5 - 100\mu)\delta\eta\varphi_l(\sigma_s / E_s)^3\sqrt{d}, \quad (14)$$

где  $\mu = A_s / (bh_0) \leq 0,02$  - коэффициент армирования сечения;

$\delta$  - коэффициент,  $\delta = 1$  при учете кратковременных нагрузок и непродолжительного действия постоянных и длительных нагрузок;  $\delta = 1,5$  при учете продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок для конструкций из тяжелого бетона в нормальных условиях эксплуатации;

$\eta$  - коэффициент, зависящий от вида и профиля продольной растянутой арматуры;  $\eta = 1$  для стержней периодического профиля;  $\eta = 1,2$  для проволоки классов Вр-I, Вр-II и канатов;  $\eta = 1,3$  для гладких горячекатанных стержней;  $\eta = 1,4$  для проволоки классов В-I, В-II;

$\varphi_l$  - коэффициент, учитывающий длительность действия нагрузки;  $\varphi_l = 1$  при непродолжительном;  $\varphi_l = 1,5$  при продолжительном;

$d$  – диаметр продольной арматуры в мм.

От непродолжительного действия полной нагрузки:

$$a_{crc1} = 20(3,5 - 100\mu)\delta\eta\varphi_l(\sigma_s / E_s)^3\sqrt{d} = 20 * (3,5 - 100 *$$

$$0,0096)*1*1*1*(1300/1900000)*\sqrt[3]{10} = 0,0782 = 0,10 \text{ мм},$$

где  $\mu = A_s / (bh_0) = 7,85/(48*18) = 0,0091$  – коэффициент армирования ребра таврового сечения (рис. 4, б).

От непродолжительного действия постоянной и длительной нагрузок:

$$a_{crc2} = 20*(3,5-100*0,0091)*1*1*1*(561/1900000)*\sqrt[3]{10} = 0,0373 = 0,03 \text{ мм}.$$

От постоянной и длительной нагрузок:

$$a_{crc3} = 20*(3,5-100*0,0096)*1*1*1,5*(1300/1900000)*\sqrt[3]{10} = 0,1423 = 0,15 \text{ мм}.$$

Непродолжительное раскрытие трещин:

$$a_{crc} = a_{crc1} - a_{crc2} + a_{crc3} = 0,10 - 0,03 + 0,15 = 0,22 \text{ мм} < [a_{crc}] = 0,4 \text{ мм}.$$

Продолжительное раскрытие трещин:

$$a_{crc} = a_{crc3} = 0,15 \text{ мм} < [a_{crc}] = 0,3 \text{ мм}.$$

### Прогиб плиты

Прогиб определяется от постоянной и длительной нормативных нагрузок. Предельный прогиб составляет  $[f]=3$  см. Здесь следует вычислить параметры, необходимые для определения прогиба плиты с учетом трещин в

растянутой зоне. Заменяющий момент равен изгибающему моменту от нормативных постоянной и длительной нагрузок  $M=6500 \text{ кгс*м}$ .

Суммарная продольная сила равна усилию предварительного обжатия с учетом всех потерь и при значении коэффициента точности натяжения арматуры:

$$\gamma_{sp} = 1 ; N_{tot}=P_2=38,5 \text{ тс.}$$

$$\text{Эксцентриситет } e_{s,tot} = M / N_{tot} = 650000/38500=16,9 \text{ см.}$$

$$\text{При длительном действии нагрузок } \varphi_l = 0,8$$

Коэффициент  $\varphi_m$  определяется по формуле:

$$\varphi_m = R_{bt,ser} W_{pl} / (M - M_{rp}) \leq 1 \quad (15)$$

Здесь  $\varphi_m = 16*21210/(650000-375150) = 1,36 > 1$ , поэтому в расчете принимается  $\varphi_m = 1$ .

Коэффициент, характеризующий неравномерность распределения деформации растянутой арматуры на участке между трещинами, равен:

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_l \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8\mu) e_{s,tot} / h_0} \leq 1. \quad (16)$$

Здесь  $1 - \varphi_m^2 = 1 - 1^2 = 0$ , поэтому:

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_l \varphi_m - 0 = 1,25 - 0,8*1 = 0,45 < 1.$$

Кривизна оси при изгибе составляет:

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} &= \frac{M}{h_0 z_l} \left( \frac{\psi_s}{E_s A_s} + \frac{\psi_b}{\lambda_b E_b A_b} \right) - \frac{N_{tot}}{h_0} \times \frac{\psi_s}{E_s A_s} = \\ &= \frac{650000}{18 \times 16,15} \times \left( \frac{0,45}{1900000 \times 7,85} + \frac{0,90}{0,15 \times 300000 \times 800} \right) - \\ &\quad - \frac{38500}{18} \times \frac{0,45}{1900000 \times 7,85} = 0,0000679, \end{aligned}$$

где  $\psi_b$  - коэффициент, характеризующий неравномерности деформаций бетона сжатой зоны на участках между трещинами;

$$\begin{aligned} \psi_b &= 0,9; \\ \lambda_b &= 0,15 \end{aligned} \quad \text{- при длительном действии нагрузок;}$$

$A_b$  - площадь сечения бетона сжатой зоны,  $A_b = 216*3,7 = 799,2 = 800 \text{ см}^2$  (рис. 10, в).

Плита изгибается по балочной схеме, поэтому ее прогиб можно определить как прогиб однопролетной свободно опертой балки при равномерно распределенной нагрузке (рис.8):

$$f = \frac{5}{48} l^2 \frac{1}{r} = \frac{5}{48} 620^2 * 0,0000679 = 2,71 \text{ см} < [f] = 3 \text{ см.}$$

### **Конструирование панели**

Рабочий чертёж пустотной панели содержит опалубочный чертёж, схему армирования, спецификацию и ведомость расхода стали, сетки, каркасы, монтажная петля и групповая спецификация арматуры.

Напрягаемые стержни располагаем в сечении симметрично. Поперечную арматуру объединяем в каркасы КР1, а продольную в сжатой зоне – в сетку С3, с ячейками 200×250мм. Кроме этого предусматриваем в опорных участках сетки С1 из проволоки класса Вр-I, служащие для предохранения бетона от раскалывания предварительным обжатием, а при ширине панелей более 1,5м – так же сетки С2, предотвращающие развитие продольных трещин в нижней полке от местного изгиба.

Четыре петли предназначены для подъёма панели, их диаметр 10мм. При проектировании сеток каркаса учитываем конструктивное требование норм: длина от концов стержней до оси крайнего пересекаемого стержня должна быть не менее диаметра выступающего стержня и не менее 20мм.

Приложить чертеж формата А3.

## **7 Критерии оценивания работы**

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность и рациональность выполнения;
- точность расчетов;
- правильность выполнения чертежей.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью справился с заданием, показал умения и навыки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент полностью справился с заданием, показал умения и навыки, допустил незначительные ошибки.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент полностью справился с теоретическим заданием, но не показал умения и навыки.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если не справился с поставленным заданием.

## **8 Порядок защиты работы**

При защите работы оцениваются:

- актуальность и научная новизна;
- степень самостоятельности;
- соответствие содержания теме исследования;
- полноту достижения цели и решения задач работы;
- логичность и последовательность изложения материала;
- качество использования литературных источников.

## **9Список рекомендуемой литературы**

### **Основная литература:**

1. Манаева, М.М. Каменные и армокаменные конструкции : учебное пособие / М.М. Манаева, Ю.В. Николенко. - М. : Российский университет дружбы народов, 2013. - 193 с. - ISBN 978-5-209-04323-2.
2. Железобетонные и каменные конструкции : учебник / О.Г. Кумпяк, З.Р. Галяутдинов, О.Р. Пахмурин, В.С. Самсонов ; под ред. О.Г. Кумпяка. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - М. : Издательство АСВ, 2014. - 672 с. : ил., схем., табл. - Библиогр.: с. 660-661. - ISBN 978-5-4323-0039-3; То же [Электронный ресурс]. - URL://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=312373

### **Дополнительная литература:**

3. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции. Общий курс: учебник для вузов/ В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов- М.: ООО "БАСТЕТ", 2009.
4. Железобетонные и каменные конструкции: учебник/ В. М. Бондаренко [и др.] ; ред. В. М. Бондаренко- М.: Высшая школа, 2008.
5. Юдина, А.Ф. Монтаж металлических и железобетонных конструкций: учебник для студ. сред. проф. образования/ А. Ф. Юдина- М.: ИЦ "Академия", 2009.
6. Мандриков, А. П. Примеры расчета железобетонных конструкций : [учеб. пособие] / А.П. Мандриков, Ч. 2. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Техиздат, 2011. - 233 с. : ил. - Прил.: с. 179-227. - Библиогр.: с. 231. - ISBN 5-274-01013-X.

## 10 ПРИЛОЖЕНИЕ А

## К расчету плиты перекрытия

| № варианта | L, м | B, м | b, м | V <sub>n</sub> ,<br>кгс/м <sup>2</sup> | V <sub>n1</sub> ,<br>кгс/м <sup>2</sup> | V <sub>n2</sub> ,<br>кгс/м <sup>2</sup> | Класс<br>бетона<br>В | Класс<br>арматуры<br>А |
|------------|------|------|------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|------------------------|
| 1          | 7,18 | 1,50 | 0,12 | 320                                    | 120                                     | 200                                     | 25                   | V                      |
| 2          | 7,30 | 1,20 | 0,25 | 590                                    | 190                                     | 400                                     | 30                   | IV                     |
| 3          | 5,90 | 1,50 | 0,20 | 522                                    | 369                                     | 153                                     | 20                   | V                      |
| 4          | 5,40 | 1,80 | 0,3  | 850                                    | 650                                     | 200                                     | 25                   | V                      |
| 5          | 6,40 | 1,20 | 0,3  | 500                                    | 350                                     | 150                                     | 25                   | V                      |
| 6          | 6,00 | 1,20 | 0,12 | 700                                    | 500                                     | 200                                     | 25                   | V                      |
| 7          | 7,2  | 1,20 | 0,3  | 550                                    | 350                                     | 200                                     | 30                   | A <sub>T</sub> -IV     |
| 8          | 5,70 | 1,80 | 0,2  | 900                                    | 700                                     | 200                                     | 20                   | V                      |
| 9          | 6,40 | 1,20 | 0,3  | 500                                    | 350                                     | 150                                     | 20                   | V                      |
| 10         | 5,38 | 1,49 | 0,12 | 150                                    | 50                                      | 100                                     | 30                   | IV                     |
| 11         | 5,52 | 1,76 | 0,3  | 850                                    | 600                                     | 250                                     | 25                   | V                      |
| 12         | 6,00 | 1,5  | 0,12 | 416                                    | 216                                     | 200                                     | 25                   | V                      |
| 13         | 6,00 | 1,2  | 0,12 | 350                                    | 150                                     | 200                                     | 25                   | A <sub>T</sub> -V      |
| 14         | 6,30 | 1,50 | 0,3  | 380                                    | 180                                     | 200                                     | 25                   | IV                     |
| 15         | 5,52 | 1,76 | 0,3  | 850                                    | 650                                     | 200                                     | 25                   | V                      |
| 16         | 6,30 | 1,50 | 0,12 | 320                                    | 120                                     | 200                                     | 25                   | A <sub>T</sub> -V      |
| 17         | 7,00 | 1,50 | 0,12 | 150                                    | 30                                      | 120                                     | 25                   | A <sub>T</sub> -V      |
| 18         | 6,00 | 1,20 | 0,12 | 180                                    | 30                                      | 150                                     | 30                   | A <sub>T</sub> -IV     |
| 19         | 6,40 | 1,20 | 0,3  | 500                                    | 350                                     | 150                                     | 25                   | V                      |
| 20         | 5,20 | 1,80 | 0,2  | 380                                    | 140                                     | 240                                     | 25                   | II                     |
| 21         | 7,2  | 1,50 | 0,3  | 550                                    | 350                                     | 200                                     | 30                   | A <sub>T</sub> -IV     |
| 22         | 6,00 | 1,20 | 0,09 | 200                                    | 70                                      | 130                                     | 35                   | IV                     |
| 23         | 5,70 | 1,80 | 0,2  | 900                                    | 700                                     | 200                                     | 25                   | V                      |
| 25         | 7,00 | 1,50 | 0,12 | 150                                    | 30                                      | 120                                     | 20                   | A <sub>T</sub> -V      |
| 26         | 7,18 | 1,50 | 0,12 | 150                                    | 30                                      | 120                                     | 30                   | A <sub>T</sub> -V      |
| 27         | 6,28 | 1,20 | 0,2  | 216                                    | 16                                      | 200                                     | 25                   | V                      |
| 28         | 6,00 | 1,50 | 0,39 | 200                                    | 100                                     | 100                                     | 15                   | IV                     |
| 29         | 7,20 | 1,50 | 0,12 | 150                                    | 50                                      | 100                                     | 20                   | A <sub>T</sub> -IV     |
| 30         | 6,28 | 1,50 | 0,12 | 180                                    | 30                                      | 150                                     | 15                   | IV                     |
| 31         | 6,40 | 1,20 | 0,3  | 500                                    | 350                                     | 150                                     | 25                   | V                      |
| 32         | 5,40 | 1,80 | 0,3  | 850                                    | 650                                     | 200                                     | 20                   | V                      |
| 33         | 7,2  | 1,5  | 0,12 | 150                                    | 50                                      | 100                                     | 20                   | A <sub>T</sub> -IV     |
| 34         | 7,20 | 1,50 | 0,12 | 150                                    | 50                                      | 100                                     | 25                   | A-IV                   |
| 35         | 6,30 | 1,50 | 0,14 | 300                                    | 100                                     | 200                                     | 20                   | V                      |
| 36         | 6,00 | 1,2  | 0,12 | 350                                    | 150                                     | 200                                     | 35                   | II                     |
| 37         | 6,40 | 1,5  | 0,12 | 200                                    | 70                                      | 130                                     | 25                   | IV                     |
| 38         | 5,40 | 1,80 | 0,3  | 850                                    | 650                                     | 200                                     | 25                   | IV                     |
| 39         | 6,40 | 1,20 | 0,3  | 500                                    | 350                                     | 150                                     | 25                   | IV                     |
| 40         | 6,00 | 1,20 | 0,12 | 700                                    | 500                                     | 200                                     | 25                   | IV                     |
| 41         | 5,40 | 1,76 | 0,3  | 850                                    | 600                                     | 250                                     | 25                   | IV                     |
| 42         | 6,40 | 1,5  | 0,12 | 416                                    | 216                                     | 200                                     | 15                   | III                    |
| 43         | 6,00 | 1,2  | 0,12 | 350                                    | 150                                     | 200                                     | 25                   | A <sub>T</sub> -V      |
| 44         | 6,30 | 1,50 | 0,3  | 380                                    | 180                                     | 200                                     | 25                   | IV                     |
| 45         | 5,52 | 1,76 | 0,3  | 850                                    | 550                                     | 300                                     | 25                   | III                    |
| 46         | 6,30 | 1,50 | 0,3  | 320                                    | 120                                     | 200                                     | 20                   | IV                     |

|    |      |      |      |     |     |     |    |                     |
|----|------|------|------|-----|-----|-----|----|---------------------|
| 47 | 7,00 | 1,50 | 0,12 | 150 | 50  | 100 | 20 | V                   |
| 48 | 6,00 | 1,20 | 0,12 | 180 | 30  | 150 | 30 | A <sub>T</sub> -IV  |
| 49 | 6,40 | 1,20 | 0,3  | 500 | 350 | 150 | 25 | V                   |
| 50 | 5,20 | 1,50 | 0,2  | 380 | 140 | 240 | 20 | III                 |
| 51 | 7,2  | 1,50 | 0,3  | 550 | 450 | 100 | 25 | A <sub>T</sub> -IV  |
| 52 | 6,00 | 1,20 | 0,2  | 200 | 100 | 200 | 20 | IV                  |
| 53 | 5,70 | 1,50 | 0,12 | 900 | 600 | 300 | 25 | IV                  |
| 54 | 7,00 | 1,50 | 0,12 | 200 | 120 | 80  | 20 | A <sub>T</sub> – IV |
| 55 | 7,18 | 1,50 | 0,3  | 150 | 30  | 120 | 25 | A <sub>T</sub> – V  |
| 56 | 6,28 | 1,20 | 0,2  | 316 | 116 | 200 | 20 | V                   |
| 57 | 6,00 | 1,50 | 0,3  | 200 | 150 | 50  | 15 | III                 |
| 58 | 7,20 | 1,50 | 0,12 | 150 | 50  | 100 | 20 | A <sub>T</sub> -IV  |
| 59 | 6,28 | 1,20 | 0,3  | 180 | 30  | 150 | 15 | III                 |
| 60 | 6,40 | 1,20 | 0,12 | 500 | 350 | 150 | 25 | IV                  |

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Ведомость расхода стали, кг

| Марка<br>элемента | Напрягаемая<br>арматура класса |  |       | Изделия арматурные |     |     |       |             |  |       |      | Всего |
|-------------------|--------------------------------|--|-------|--------------------|-----|-----|-------|-------------|--|-------|------|-------|
|                   |                                |  |       | Арматура класса    |     |     |       |             |  |       |      |       |
|                   | А-IV                           |  |       | Вр-I               |     |     |       | А-I         |  |       |      |       |
|                   | ГОСТ 10884-81                  |  |       | ГОСТ6727-80        |     |     |       | ГОСТ5781-82 |  |       |      |       |
|                   | Ø12                            |  | Итого | Ø3                 | Ø4  | Ø5  | Итого | Ø10         |  | Итого |      |       |
| П1                | 20,1                           |  | 20,1  | 4,7                | 3,7 | 3,2 | 10,2  | 2,2         |  | 2,2   | 13,2 |       |

### Спецификация деталей сеток

| Марка | Поз. | Наименование     | Кол. | Масса<br>1 дет.<br>кг | Масса<br>изд.<br>кг |
|-------|------|------------------|------|-----------------------|---------------------|
| С1    | 1    | Ø5 Вр- I, l=1440 | 6    | 0,22                  | 1,43                |
|       | 2    | Ø3 Вр- I, l=290  | 8    | 0,015                 |                     |
| С2    | 1    | Ø5 Вр- I, l=1440 | 3    | 0,18                  | 0,73                |
|       | 2    | Ø3 Вр- I, l=440  | 8    | 0,023                 |                     |
| С3    | 1    | Ø8 Вр- I, l=5930 | 7    | 0,308                 | 3,62                |
|       | 2    | Ø8 Вр- I, l=1130 | 25   | 0,069                 |                     |
| КР1   | 1    | Ø4 Вр- I, l=1230 | 2    | 0,113                 | 0,46                |
|       | 2    | Ø4 Вр- I, l=210  | 13   | 0,018                 |                     |

| М<br>а<br>р<br>к<br>а<br><br>э<br>л<br>е<br>м<br>е<br>н<br>т<br>а | Изделия арматурные |     |      |      |       |              |     |       |              |       | Изделия закладные |                 |     |       |              |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|------|------|-------|--------------|-----|-------|--------------|-------|-------------------|-----------------|-----|-------|--------------|-------|-------|
|                                                                   | Арматура класса    |     |      |      |       |              |     |       |              |       | Всего             | Арматура класса |     |       | Прокат марки |       | Всего |
|                                                                   | А-III              |     |      |      |       | А-I          |     |       | Вр-I         |       |                   | А-III           |     |       | ВСт3пс2      |       |       |
|                                                                   | ГОСТ 5781-82       |     |      |      |       | ГОСТ 5781-82 |     |       | ГОСТ 6727-80 |       |                   | ГОСТ 5781-82    |     |       | ГОСТ 103-76  |       |       |
|                                                                   | Ø8                 | Ø12 | Ø25  | Ø28  | Итого | Ø8           | Ø10 | Итого | Ø8           | Итого |                   | Ø12             | Ø22 | Итого | -10x150      | Итого |       |
| P2                                                                | 11,2               | 10  | 33,8 | 51,6 | 106,2 | 3,3          | 1,8 | 5,1   | 6,4          | 6,4   | 117,7             | 1,8             | 8,9 | 10,7  | 4,5          | 4,5   | 15,2  |

### Спецификация деталей каркасов КР1, КР2

| Марка | Поз. | Наименование      | Кол. | Масса<br>1 дет.<br>кг | Масса<br>изд.<br>кг |
|-------|------|-------------------|------|-----------------------|---------------------|
| КР1   | 1    | Ø8 А-III, l=430   | 33   | 0,17                  | 37,2                |
|       | 2    | Ø12 А-III, l=5620 | 1    | 5,01                  |                     |
|       | 3    | Ø5 Вр- I, l=5340  | 1    | 0,82                  |                     |
|       | 4    | Ø28 А-III, l=5340 | 1    | 25,8                  |                     |
|       | 1    | Ø8 А-I, l=380     | 22   | 0,15                  |                     |

|     |   |                                  |    |       |       |
|-----|---|----------------------------------|----|-------|-------|
| КР2 | 2 | Ø5 Вр- I, l=5340                 | 2  | 0,82  | 38,8  |
|     | 3 | Ø25 А-III, l=4320                | 2  | 16,91 |       |
| КП1 | 1 | Каркас КР1                       | 2  | 37,2  | 116,3 |
|     | 2 | Каркас КР2                       | 1  | 38,8  |       |
|     | 3 | Ø5 Вр- I, l=180                  | 22 | 0,026 |       |
|     | 4 | Ø28 А-III, l=720                 | 22 | 0,116 |       |
|     | 2 |                                  |    |       |       |
| М1  | 1 | Полоса 10x150 , l=190<br>ВСт3пс2 | 1  | 2,24  | 7,6   |
|     | 2 | Ø12 А-III, l=250                 | 4  | 0,22  |       |
|     | 3 | Ø22 А-III, l=710                 | 2  | 2,22  |       |

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

**В.1.** Расчетные значения сопротивления бетона  $R_b$  и  $R_{bt}$  для предельных состояний первой группы (Табл. 5.2. СП 52-101-2003)

| вид<br>сопротивлени<br>я                         | расчетные значения сопротивления бетона для предельных состояний первой группы $R_b$ и $R_{bt}$ мпа при классе бетона по прочности на сжатие |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                  | B10                                                                                                                                          | B15      | B20      | B25      | B30      | B35      | B40      | B45      | B50      | B55      | B60      |
| сжатие осевое<br>(призменная<br>прочность) $R_b$ | 6,0                                                                                                                                          | 8,5      | 11,<br>5 | 14,<br>5 | 17,<br>0 | 19,<br>5 | 22,<br>0 | 25,<br>0 | 27,<br>5 | 30,<br>0 | 33,<br>0 |
| растяжение<br>осевое $R_{bt}$                    | 0,5<br>6                                                                                                                                     | 0,7<br>5 | 0,9      | 1,0<br>5 | 1,1<br>5 | 1,3      | 1,4      | 1,5      | 1,6      | 1,7      | 1,8      |

5.1.10. (СП 52-101-2003) В необходимых случаях расчетные прочностных характеристик бетона умножают на следующие коэффициенты условий работы  $\gamma_{b1}$ , учитывающие особенности работы бетона в конструкции (характер нагрузки, условий окружающей среды и т.д.);

а)  $\gamma_{b1}$  – для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений  $r_b$  и  $r_{bt}$  и учитывающие влияние длительного действия статической нагрузки:

$\gamma_{b1} = 1,0$  – при непродолжительном (кратковременном) действием нагрузки.

$\gamma_{b1} = 0,9$  – при продолжительном (длительном) действии нагрузки.

б)  $\gamma_{b2}$  – для бетонных конструкций, вводимый к расчетным сопротивлениям  $r_b$  и учитывающий характер разрушения таких конструкций;  $\gamma_{b2} = 0,9$ ;

в)  $\gamma_{b3}$  – для бетонных и железобетонных конструкций, бетонируемых в вертикальном положении, вводимый к расчетному значению сопротивления бетона,  $R_b - \gamma_{b3} = 0,9$ .

Влияние попеременного замораживания и оттаивания, а т.ж. отрицательных температур учитывают коэффициентом условий работы бетона  $\gamma_{b4} \leq 1,0$ . Для надземных конструкций, подвергаемых атмосферным воздействиям окружающей среды при расчетной температуре наружного воздуха холодный период – 40  $^{\circ}\text{C}$  и выше, принимают коэффициент  $\gamma_{b4} = 1,0$ . в остальных случаях значение коэффициента  $\gamma_{b4}$  принимают в зависимости от назначения конструкции условий окружающей среды согласно специальным указаниям.

**В.2.** Расчетные значения прочностных характеристик арматуры.

5.2.3. СНиП (СП 52-101-2003). Для железобетонных конструкций проектируемых в соответствии с требованиями СП 52-101-203, следует предусматривать арматуру:

- гладкую класса A240 (A-1);

- периодического профиля классов А300 (А-II), А400 (А-III, А 400С), А – 500 (А500С), В500 (В<sub>Р</sub> – I, В500С)

Таблица 5.8. (СП 52-101-2003)

| арматура класса                                                                                             | расчетные значения сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа |                                                    |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|
|                                                                                                             | РАСТЯЖЕНИЮ                                                                            |                                                    | сжатию $R_{sc}$ |
|                                                                                                             | продольной $R_s$                                                                      | поперечной (хомутов и отогнутых стержней) $R_{sw}$ |                 |
| A240                                                                                                        | 215                                                                                   | 170                                                | 215             |
| A300                                                                                                        | 270                                                                                   | 255                                                | 270             |
| A400                                                                                                        | 355                                                                                   | 285                                                | 355             |
| A500                                                                                                        | 435                                                                                   | 300                                                | 400 (435)       |
| A500                                                                                                        | 415                                                                                   | 300                                                | 360 (415)       |
| Примечание: значение $R_{sc}$ в скобках используют только при расчете на кратковременное действие нагрузки. |                                                                                       |                                                    |                 |

### В.3. Граничная относительная высота сжатой зоны $\xi_r$

Таблица 3.2. пособия к СП 52-101-2003

| класс арматуры      | A240  | A300  | A400  | A500  | B500  |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| значение $\xi_r$    | 0,612 | 0,577 | 0,513 | 0,493 | 0,502 |
| значение $\alpha_r$ | 0,425 | 0,411 | 0,390 | 0,372 | 0,376 |

### В.4. О значениях $b'_f$ , вводимых в расчет таврового сечения.

6.2.12 (СП 52-101-2003). значение  $b'_f$ , вводимые в расчет, принимают из условия, что ширина свеса полки в каждую сторону от ребра должна быть не более  $l/6$  пролета элемента и не более:

а) при наличии поперечных ребер или при  $h'_f \geq 0,1h - l/2$  расстояния в свету между продольными ребрами;

б) при отсутствии поперечных ребер (или при расстояниях между ними больших, чем расстояние между продольных ребрами)  $h'_f < 0,1h - 6 h'_f$ ;

в) при консольных свесах полки: при  $h'_f \geq 0,1h - 6 h'_f$ ;

при  $0,05h \leq h'_f < 0,1h - 3 \cdot h'_f$ ; при  $h'_f < 0,05h$  – свесы не учитывают.

### В.5. Значение коэффициента $\phi$ при расчете прочности прямоугольных сечений.

При длительном действии нагрузки коэффициент  $\varphi$  принимается в зависимости от гибкости элемента по таблице 6.2 СП 52-101-2003

|           |      |     |      |     |
|-----------|------|-----|------|-----|
| $l_0/h$   | 6    | 10  | 15   | 20  |
| $\varphi$ | 0,92 | 0,9 | 0,83 | 0,7 |

При кратковременном действии нагрузки значение  $\varphi$  определяют по линейному закону, принимая  $\varphi = 0,9$  при  $l_0/h = 10$  и  $\varphi = 0,85$  при  $l_0/h = 20$

#### **В.6. Требование о минимальном армировании (п. 8.3.4. СП 52-101-2003).**

в железобетонных элементах площадь сечения продольной растянутой арматуры, а так же сжатой, если она требуется по расчету, в процентах площади сечения бетона, равной произведению ширины прямоугольного сечения либо ширине таврового (двутаврового) сечения на рабочую высоту сечения,  $\mu_s = \frac{A_s}{bh} 100\%$  следует принимать не менее:

0,1 % - в изгибаемых, внецентренно растянутых элементах и вцентренно сжатых элементах при гибкости  $l_0/i \leq 17$  (для прямоугольных сечений  $l_0/h \leq 5$ );

0,25 % - во внецентренно сжатых элементах при гибкости  $l_0/i \geq 87$  (для прямоугольных сечений  $l_0/h \geq 25$ );

для промежуточных значений гибкости элементов значение  $\mu$ , определяют по интерполяции.

В элементах с продольной арматурой, расположенной равномерно по контуру сечения, а также в центрально-растянутых элементах минимальную площадь сечения всей продольной арматуры следует принимать вдвое больше указанных выше значений и относить их к полной площади сечения бетона.

#### **В.7. Данные для подбора рабочей арматуры сварных сеток**

| класс рабочей арматуры                                | номинальный диаметр рабочих стержней, мм | рабочая площадь поперечного сечения рабочих стержней в мм <sup>2</sup> на 1 пог. м. длинны сеток при шаге стержней, мм: |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                       |                                          | 75                                                                                                                      | 100   | 125   | 150   | 175   | 200   |
| B500                                                  | 3                                        | 94,2                                                                                                                    | 70,7  | 56,5  | 47,1  | 40,4  | 35,3  |
|                                                       | 4                                        | 167,2                                                                                                                   | 125,6 | 100,5 | 83,8  | 71,8  | 62,8  |
|                                                       | 5                                        | 261,8                                                                                                                   | 196,3 | 157,1 | 130,9 | 112,2 | 98,2  |
| A400                                                  | 6                                        | 377,0                                                                                                                   | 283,0 | 226,0 | 189,0 | 162,0 | 141,0 |
|                                                       | 8                                        | 670,0                                                                                                                   | 603,0 | 402,0 | 335,0 | 287,0 | 251,0 |
| монтажная арматура всех сеток Ø 3 B500 с шагом 250 мм |                                          |                                                                                                                         |       |       |       |       |       |

| Вспомогательные коэффициенты $\xi$ , $\eta$ , $\alpha_m$ |        |            |       |        |            |       |        |            |
|----------------------------------------------------------|--------|------------|-------|--------|------------|-------|--------|------------|
| $\xi$                                                    | $\eta$ | $\alpha_m$ | $\xi$ | $\eta$ | $\alpha_m$ | $\xi$ | $\eta$ | $\alpha_m$ |
| 0,01                                                     | 0,995  | 0,010      | 0,26  | 0,870  | 0,226      | 0,51  | 0,745  | 0,380      |
| 0,02                                                     | 0,990  | 0,020      | 0,27  | 0,865  | 0,234      | 0,52  | 0,740  | 0,385      |
| 0,03                                                     | 0,985  | 0,030      | 0,28  | 0,860  | 0,241      | 0,53  | 0,735  | 0,390      |
| 0,04                                                     | 0,980  | 0,039      | 0,29  | 0,855  | 0,243      | 0,54  | 0,730  | 0,394      |
| 0,05                                                     | 0,975  | 0,049      | 0,30  | 0,850  | 0,255      | 0,55  | 0,725  | 0,399      |
| 0,06                                                     | 0,970  | 0,058      | 0,31  | 0,845  | 0,262      | 0,56  | 0,720  | 0,403      |
| 0,07                                                     | 0,965  | 0,068      | 0,32  | 0,840  | 0,269      | 0,57  | 0,715  | 0,407      |
| 0,08                                                     | 0,960  | 0,077      | 0,33  | 0,835  | 0,276      | 0,58  | 0,710  | 0,412      |
| 0,09                                                     | 0,955  | 0,086      | 0,34  | 0,830  | 0,282      | 0,59  | 0,705  | 0,416      |
| 0,10                                                     | 0,950  | 0,095      | 0,35  | 0,825  | 0,289      | 0,60  | 0,700  | 0,420      |
| 0,11                                                     | 0,945  | 0,104      | 0,36  | 0,820  | 0,295      | 0,62  | 0,690  | 0,428      |
| 0,12                                                     | 0,940  | 0,113      | 0,37  | 0,815  | 0,302      | 0,64  | 0,680  | 0,435      |
| 0,13                                                     | 0,935  | 0,122      | 0,38  | 0,810  | 0,308      | 0,66  | 0,670  | 0,442      |
| 0,14                                                     | 0,930  | 0,130      | 0,39  | 0,805  | 0,314      | 0,68  | 0,660  | 0,449      |
| 0,15                                                     | 0,925  | 0,139      | 0,40  | 0,800  | 0,320      | 0,70  | 0,650  | 0,455      |
| 0,16                                                     | 0,920  | 0,147      | 0,41  | 0,795  | 0,326      | 0,72  | 0,640  | 0,461      |
| 0,17                                                     | 0,915  | 0,156      | 0,42  | 0,790  | 0,332      | 0,74  | 0,630  | 0,466      |

| Вспомогательные коэффициенты $\xi$ , $\eta$ , $\alpha_m$ |        |            |       |        |            |       |        |            |
|----------------------------------------------------------|--------|------------|-------|--------|------------|-------|--------|------------|
| $\xi$                                                    | $\eta$ | $\alpha_m$ | $\xi$ | $\eta$ | $\alpha_m$ | $\xi$ | $\eta$ | $\alpha_m$ |
| 0,18                                                     | 0,910  | 0,164      | 0,43  | 0,785  | 0,338      | 0,76  | 0,620  | 0,471      |
| 0,19                                                     | 0,905  | 0,172      | 0,44  | 0,780  | 0,343      | 0,78  | 0,610  | 0,476      |
| 0,20                                                     | 0,900  | 0,180      | 0,45  | 0,775  | 0,349      | 0,80  | 0,600  | 0,480      |
| 0,21                                                     | 0,895  | 0,188      | 0,46  | 0,770  | 0,354      | 0,85  | 0,575  | 0,489      |
| 0,22                                                     | 0,890  | 0,196      | 0,47  | 0,765  | 0,360      | 0,90  | 0,550  | 0,495      |
| 0,23                                                     | 0,885  | 0,204      | 0,48  | 0,760  | 0,365      | 0,95  | 0,525  | 0,499      |
| 0,24                                                     | 0,880  | 0,211      | 0,49  | 0,755  | 0,370      | 1,00  | 0,500  | 0,500      |
| 0,25                                                     | 0,875  | 0,219      | 0,50  | 0,750  | 0,375      | —     | —      | —          |

## В.8. Сортамент арматуры (Приложение 1. Пособие к СП 52-101-2003)

| Диаметр стержней мм | расчетная площадь поперечного стержня, мм <sup>2</sup> , при числе стержней |      |      |      |      |       |       |       |       | Теоретическая масса 1м длинны арматуры, кг | Диаметр арматуры класса |      |      | Макс. размер сечения периодического профиля |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------------|-------------------------|------|------|---------------------------------------------|
|                     | 1                                                                           | 2    | 3    | 4    | 5    | 6     | 7     | 8     | 9     |                                            | A240<br>A400<br>A500    | A300 | B500 |                                             |
| 3                   | 7,1                                                                         | 14,1 | 21,2 | 28,3 | 35,5 | 42,4  | 49,5  | 56,5  | 63,6  | 0,052                                      | -                       | -    | +    | -                                           |
| 4                   | 12,6                                                                        | 25,1 | 37,7 | 50,2 | 62,8 | 75,4  | 87,9  | 100,5 | 113   | 0,092                                      | -                       | -    | +    | -                                           |
| 5                   | 19,6                                                                        | 39,3 | 58,9 | 78,5 | 98,2 | 117,8 | 137,5 | 157,1 | 176,7 | 0,144                                      | -                       | -    | +    | -                                           |
| 6                   | 28,3                                                                        | 57   | 85   | 113  | 141  | 170   | 198   | 226   | 254   | 0,222                                      | +                       | -    | +    | 6,75                                        |
| 8                   | 50,3                                                                        | 101  | 151  | 201  | 251  | 302   | 352   | 402   | 453   | 0,395                                      | +                       | +    | +    | 9,0                                         |
| 10                  | 78,5                                                                        | 157  | 236  | 314  | 393  | 471   | 550   | 628   | 707   | 0,617                                      | +                       | +    | +    | 11,3                                        |
| 12                  | 118,1                                                                       | 226  | 339  | 452  | 565  | 679   | 792   | 905   | 1018  | 0,888                                      | +                       | +    | +    | 13,5                                        |
| 14                  | 153,9                                                                       | 308  | 462  | 616  | 769  | 923   | 1077  | 1231  | 1385  | 1,208                                      | +                       | +    | -    | 15,5                                        |
| 16                  | 201,1                                                                       | 402  | 603  | 804  | 1005 | 1206  | 1407  | 1608  | 1810  | 1,578                                      | +                       | +    | -    | 18,0                                        |
| 18                  | 254,5                                                                       | 509  | 763  | 1018 | 1272 | 1527  | 1781  | 2036  | 2290  | 1,998                                      | +                       | +    | -    | 20,0                                        |
| 20                  | 314,2                                                                       | 628  | 942  | 1256 | 1571 | 1885  | 2199  | 2513  | 2828  | 2,466                                      | +                       | +    | -    | 22,0                                        |
| 22                  | 380,1                                                                       | 760  | 1140 | 1520 | 1900 | 2281  | 2661  | 3041  | 3421  | 2,984                                      | +                       | +    | -    | 24,0                                        |
| 25                  | 490,9                                                                       | 982  | 1473 | 1963 | 2454 | 2945  | 3436  | 3927  | 4418  | 3,84                                       | +                       | +    | -    | 27,0                                        |
| 28                  | 615,8                                                                       | 1232 | 1847 | 2463 | 3079 | 3695  | 4310  | 4926  | 5542  | 4,83                                       | +                       | +    | -    | 30,5                                        |
| 32                  | 804,3                                                                       | 1609 | 2413 | 3217 | 4021 | 4826  | 5630  | 6434  | 7238  | 6,31                                       | +                       | +    | -    | 34,5                                        |
| 36                  | 1017,9                                                                      | 2036 | 3054 | 4072 | 5089 | 6107  | 7125  | 8143  | 9161  | 7,99                                       | +                       | +    | -    | 39,5                                        |
| 40                  | 1256,6                                                                      | 2513 | 3770 | 5027 | 6283 | 7540  | 8796  | 10053 | 11310 | 9,865                                      | +                       | +    | -    | 43,5                                        |

Примечания: 1. Номинальный диаметр стержней для арматурных сталей периодического профиля соответствует номинальному диаметру равновеликих по площади поперечного сечения гладких стержней. фактические размеры стержней периодического профиля устанавливается ГОСТ 5781-91.

2. Знак « - » означает наличие диаметра в сортаменте для арматуры данного класса.