

24/19/2

Одобрено кафедрой
«Здания и сооружения
на транспорте»

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

**Задание на контрольную работу № 2
с методическими указаниями
для студентов V курса
специальности**

**270204 СТРОИТЕЛЬСТВО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ,
ПУТЬ И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО (С)**



Москва – 2008

С о с т а в и т е л ь — канд. техн. наук, проф. И.А. Сазыкин

Р е ц е н з е н т — канд. техн. наук, проф. Л.Ю. Кузьмин

© **Российский государственный открытый технический университет
путей сообщения, 2008**

ВВЕДЕНИЕ

Согласно учебному плану, на пятом курсе для студентов специальности 270204 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» предусмотрено изучение дисциплины «Строительные конструкции». Для закрепления знаний по курсу студент выполняет две контрольные работы, в том числе контрольную работу № 2 по разделу «Металлические конструкции».

Цель данной контрольной работы — помочь студенту освоить основные положения расчета и закрепить навыки проектирования металлических конструкций для сооружений и зданий.

Методические указания имеют задачу — дать правильное направление самостоятельной работе и выполнению расчетов, в том числе по программам для ЭВМ. Студент должен внимательно прочитать методические указания перед началом работы и следовать изложенным в них рекомендациям.

1. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ № 2

1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Основные

Запроектировать рабочую площадку производственного здания.

Данные к заданию (табл. 1) студент берет по трем последним цифрам присвоенного ему учебного шифра. Если третья с конца цифра отсутствует, вместо нее принимается предпоследняя цифра шифра.

Дополнительные

Класс стали для несущих конструкций — С235.

Колонны и главные балки — сварные. Сварка — автоматическая. Тип сечения колонны — сквозной.

Монтажные соединения — болты нормальной точности.

Отметка чистого пола — 0,00.

1.2. СОСТАВ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Работа состоит из расчетно-пояснительной записки на 15–20 страницах формата А4, сшитых в тетрадь, и чертежей на листах того же формата.

Пояснительная записка содержит исходные данные и расчет элементов балочной клетки. Она должна быть, по возможности краткой и содержать необходимые пояснения, ссылки на источники (СНиП, стандарты и др.) и выводы из расчета, например, «Устойчивость балки обеспечена».

Каждый раздел расчетной части включает следующие материалы:

- расчетную схему элемента;
- нагрузки на элемент;
- статический расчет (определение усилий);
- конструктивный расчет (подбор сечений балок, колонны и пр.);
- схемы сечений главной балки и колонны;
- расчет и конструирование узлов.

В исходных данных кроме заданных величин, необходимых для проектирования, указывают расчетные характеристики материалов для различных элементов рабочей площадки, коэффициентов надежности по нагрузке и т.д.

Проектирование рабочей площадки выполняют в следующем порядке:

- разбивка в плане балочной клетки с установлением расчетных пролетов балок;
- определение нагрузок и подбор сечений балок настила и вспомогательных балок;
- определение нагрузок на главную балку и подбор сечения с проверкой его по несущей способности и жесткости;
- проверка местной устойчивости стенки главной балки, расчет соединения полок со стенкой, расчет вертикальных ребер жесткости и опорного ребра;
- расчет сопряжения вспомогательной балки с главной балкой;
- определение нагрузок на колонну и подбор сечения стержня колонны.

Окончательные результаты расчетов по каждому разделу должны быть четко выделены.

Таблица 1

Исходные данные для расчета балочной клетки

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Последняя цифра учебного шифра									
Нормативная (полезная) нагрузка q_0^H , кН/м ² Толщина настила, мм	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20
	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8
Предпоследняя цифра учебного шифра										
Шаг колонн, м, в направлении: продольном L поперечном l	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15
	8,0	6,5	7,0	6,0	8,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Третья с конца цифра учебного шифра										
Высота помещения под перекрытием h , м Высота до верха настила рабочей площадки H , м	7,8	7,5	7,7	8,0	8,6	6,6	6,8	6,7	7,3	7,0
	9,3	9,2	9,3	9,6	10,2	8,4	8,5	8,4	8,8	8,6

Графическая часть работы должна давать полное и ясное представление о разработанной конструкции. Все элементы, их сечения и детали аккуратно, в соответствии с указаниями стандартов на строительное черчение, вычерчивают карандашом или используют соответствующие графические программы для ЭВМ, указывают необходимые размеры и сопровождают надписями.

На чертежах показывают:

- компоновочную схему ячейки балочной клетки с указанием основных размеров;
- отправочные единицы главной балки и колонны;
- монтажные узлы присоединения вспомогательной балки к главной и главных балок к колонне.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

2.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

До начала выполнения контрольной работы необходимо в соответствии с программой изучить учебное пособие [3] или [1, 2, 4, 5], внимательно ознакомиться с заданием и правильно выбрать исходные данные. Работа, выполненная с нарушением этих правил, не зачитывается.

Все элементы металлических конструкций рассчитывают по методу предельных состояний.

Основные положения и данные для конструктивного расчета стальных конструкций приведены в строительных нормах и правилах [6, 7], в учебниках [1, 2, 3, 4, 5, 8, 9].

2.2. КОМПОНОВКА БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ

Рабочие площадки располагаются внутри производственного здания и служат для размещения на них стационарного и подвижного оборудования, складов материалов и др.

Систему несущих балок, образующих конструкцию рабочей площадки, называют *балочной клеткой*.

Балочная клетка в плане может быть выполнена по схемам «нормальной» и «усложненной». Слабо нагруженные балки настила нормальной балочной клетки, как правило, не отвечают требованиям предельных состояний второй группы. Поэтому в работе к проектированию задается усложненная балочная клетка, показанная на рис. 1.

Клетка состоит из следующих элементов: стального настила, укладываемого по балкам настила; вспомогательных балок, несущих балки настила. Таким образом, балки настила воспринимают полезную нагрузку и вес настила. Соответственно, вспомогательные балки воспринимают полезную нагрузку и нагрузки от настила и балок настила. Вспомогательные балки передают общую нагрузку и нагрузку от собственного веса на главную балку.

Сопряжение балок в клетке может быть этажным и в одном уровне (см. рис. 1). Различные типы балочных клеток приведены в [1, 2, 3, 4, 5, 8, 9].

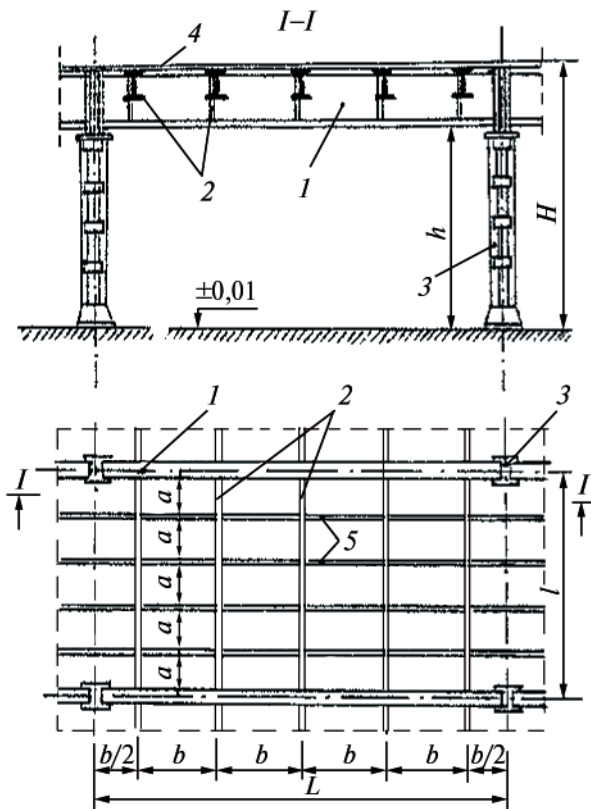


Рис. 1. Схема усложненной балочной клетки:

l — главная балка; *2* — вспомогательные балки; *3* — колонна; *4* — настил; *5* — балки настила; *a* — шаг балок настила; *b* — пролет балок настила и шаг вспомогательных балок; *l* — пролет вспомогательной балки

Основные размеры элементов балочной клетки зависят от размера пролета главных балок, интенсивности нагрузки, толщины настила и строительной высоты — разности отметок верха настила H и высоты помещения под перекрытием h (см. табл. 1 и рис. 1). Полная конструктивная высота перекрытия, включающая высоту балочной клетки с настилом, не должна быть больше строительной высоты ($H-h$). Отклонение высоты помещения под перекрытием в сторону уменьшения допускается в пределах 10–12%.

Пролет главной балки определен технологическими требованиями (задан исходными данными). Шаг вспомогательных балок назначают исходя из полной нагрузки балки при соблюдении максимально допустимого относительного прогиба и учете кратности шага пролету главной балки. В зависимости от нагрузки он составляет $b = 2-5$ м. Для удобства сопряжения колонны размещают между вспомогательными балками.

Шаг балок настила a принимают равным $0,6-1,4$ м с учетом его кратности пролету вспомогательной балки.

Компоновочную схему ячейки балочной клетки с указанием конкретных размеров приводят в пояснительной записке.

Сопряжение главной и вспомогательной балок принимают болтовым. Предпочтение отдают решению сопряжения в одном уровне, что обеспечивает минимальный строительный объем здания.

В качестве стального настила применяют сталь широкополосную (универсальную). Для балок и колонн используют прокатные профили, или их komponуют из листовой стали.

Расчеты должны предваряться расчетными схемами, эскизами. Необходимо строго соблюдать размерность. Не допускается использование различных единиц для одной и той же величины. Методика проектирования иллюстрируется в [3] числовыми примерами. При расчетах рекомендуется пользоваться ЭВМ.

2.3. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДКИ БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ

2.3.1. Расчет балок настила и вспомогательных балок

Для балок настила и вспомогательных балок принимают следующую расчетную схему: балка на двух шарнирных опорах, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой.

Шаг вспомогательных балок (при их расположении в одном уровне с главными балками) обычно увязывают с расстоянием между ребрами жесткости главной балки.

Подбор сечений балки из прокатных двутавровых профилей производят по расчетному моменту в середине пролета. По-

скольку для рассматриваемых балок соблюдены требования п. 5.18 СНиП 11-23-81*, сечения подбирают с учетом пластических деформаций.

Для прокатных двутавров пластический момент сопротивления при изгибе в плоскости стенки в первом приближении принимают $W_{пл} = 1,1W$, где W — момент сопротивления сечения балки.

Расчет балки настила или вспомогательной балки сводится к определению необходимого номера прокатного профиля и его проверке на прочность и жесткость. Прогиб балки не должен превышать $1/250$ пролета.

Погонная нормативная нагрузка на балку настила складывается из погонной полезной нормативной нагрузки и погонной нормативной нагрузки от собственного веса настила. Соответственно погонная нормативная нагрузка на вспомогательную балку включает, помимо перечисленных, нормативную нагрузку от собственного веса балок настила.

Расчетную погонную нагрузку определяют путем сложения расчетных погонных нагрузок от собственного веса настила, балок настила и полезной нагрузки. Коэффициент надежности по нагрузке для полезной нагрузки γ_{fg} равен 1,2; для собственного веса настила или балок $\gamma_{fg} = 1,05$.

Необходимые пояснения к расчетам прокатных балок приведены в [1,2,3,4,5,8].

2.3.2. Расчет главной балки

При расчете балки ее считают свободно опертой, несущей сосредоточенную нагрузку. Если балка несет пять и более сосредоточенных грузов, расчет ее можно производить на равномерно распределенную нагрузку, эквивалентную по интенсивности сосредоточенным грузам.

Высоту балки определяют, исходя из технических и экономических соображений. В первом приближении ее можно принять равной $1/10$ пролета. Наиболее целесообразной является оптимальная высота $h_{опт}$, при которой сечение балки получается наименьшим, что приводит к минимальному расходу металла. Вторым критерием выбора является минимальная высота $h_{мин}$,

которая обеспечивает полное использование металла при прогибах, не превосходящих предельные. Относительный прогиб не должен быть больше $1/400$ ($0,0025$) пролета.

Во всех случаях высоту балки следует назначать близкой к оптимальной, но не меньше минимальной и не больше заданной строительной высоты с учетом толщины настила.

Толщина стенки балки назначается исходя из обеспечения ее работы на срез.

Пояса в сварных балках принимают из одинаковых листов в соответствии со стандартом универсальной стали. При определении размеров сечений поясов следует учитывать необходимость обеспечения их местной устойчивости, в связи с чем отношение свеса пояса к его толщине не должно превышать $0,5\sqrt{E/R_y}$. В то же время пояса не следует делать слишком узкими и толстыми, так как толстый металл трудно обрабатывать. Для прикрепления его к стенке требуются сварные швы больших толщин, приводящие к значительным сварочным напряжениям. Толщину пояса с учетом высказанных замечаний назначают в пределах от одной до трех толщин стенки.

Ширину пояса следует принимать не менее $1/5$ ($0,2$) и не более $1/2$ ($0,5$) высоты балки из условий обеспечения ее общей устойчивости. По конструктивным соображениям ширина полки должна быть не менее 180 мм.

При назначении окончательных размеров элементов сечения главной балки высоту стенки принимают в соответствии со стандартом на сталь прокатную толстолистовую или сталь универсальную, с тем, чтобы не производить при изготовлении лишних операций по резке листа; толщину стенки — в соответствии с указанным стандартом, но не менее 8 мм; толщину листа пояса — от 8 до 40 мм.

Проверка принятого сечения главной балки на прочность, устойчивость и жесткость производят в соответствии с [6, пп. 5.12–5.23].

Местная устойчивость стенки составных балок обеспечивается одиночными или парными поперечными ребрами жесткости.

При проектировании балки ребра жесткости могут быть поставлены по конструктивным соображениям чаще, чем это требуется исходя из условия устойчивости стенки, а именно в месте примыкания каждой второстепенной балки. Тем самым достигается сопряжение балок с главной при их расположении в одном уровне. Установка ребра жесткости в месте приложения сосредоточенного груза позволяет не учитывать при расчете устойчивости стенки местные напряжения.

Общая устойчивость главной балки может не проверяться, если к ее верхнему поясу крепится настил (балочная клетка в одном уровне).

Методика подбора сечения главной балки и проверка принятого сечения на прочность, жесткость и устойчивость приводится в [1, 2, 3, 4, 5, 8, 6 пп. 5.4–5.8].

В балках составного сечения необходимо также рассчитывать соединение поясов со стенкой и опорное ребро.

Детали сопряжения главных балок с вспомогательными и последних с балками настила приведены в [1, 2, 3, 4, 5, 8, 9]. Сопряжение в одном уровне выполняют с помощью болтового соединения на двух или трех болтах.

Количество и диаметр болтов определяют расчетом.

2.4. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ КОЛОННЫ

Центрально сжатую колонну балочной клетки проектируют сплошного или сквозного сечения.

Стержень сплошной колонны назначают из прокатных профилей или листов, образующих открытое или замкнутое сечение. Колонны открытых типов удобнее в монтаже, их поверхности доступны для ремонта и окраски, но такие колонны в большинстве случаев не обладают равноустойчивостью. Замкнутые позволяют обеспечить равноустойчивость, но сильно затрудняют использование болтовых соединений и требуют полной изоляции внутренней полости от вредных воздействий внешней среды.

Сечение сплошной колонны обычно принимают в виде широкополочного двутавра.

Технические решения составных стержней показаны на рис. 2. Ветви (пояса) объединяют решеткой из уголков, план-

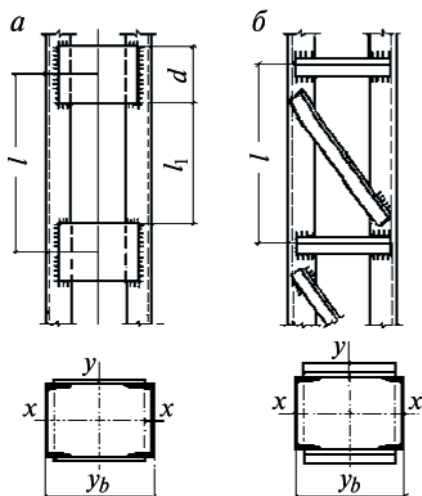


Рис. 2. Варианты решений соединительных элементов в сквозных колоннах:

a — соединение ветвей планками; *б* — соединение уголками

ками из листовой стали, жесткими вставками или перфорированными листами. Наибольшее применение нашли сквозные колонны из прокатных профилей.

Такие колонны конструируют из двух швеллеров прокатного профиля, связанных между собой решеткой в виде соединительных планок или равнобоких одиночных уголков.

При нагрузках на колонну, превышающих несущую способность двух швеллеров наибольшего по сортаменту номера, колонна может быть запроектирована из двух прокатных двутавров.

В качестве расчетных схем принимают или схему с шарнирным закреплением верхнего и нижнего концов колонны, или схему с жестким закреплением нижнего конца колонны и шарнирным закреплением ее верхнего конца.

При определении расчетной высоты колонны следует учитывать условия закрепления ее концов. Геометрическую высоту колонны при опирании балок сверху принимают равной разности между заданной высотой до верха настила рабочей площадки H и фактически принятой строительной высотой балочной клетки. При примыкании главной балки к колонне сбоку вы-

соту колонны принимают равной H . Конструкция закрепления базы колонны к фундаменту должна соответствовать принятой расчетной схеме колонны.

Равноустойчивость колонны характеризуется равенством гибкости по обеим осям.

В сквозных колоннах расстояние между осями прокатных элементов определяют, исходя из равноустойчивости колонны в отношении материальной и свободной осей. Материальная ось (ось $x-x$) пересекает стенки швеллеров, а свободная (ось $y-y$) проходит параллельно стенкам и размещается между ними (см. рис. 2). Соединительными элементами принимают уголки или планки.

Площадь поперечного сечения (номер швеллера или двутавра) находят из условия устойчивости стержня относительно материальной оси. Относительно этой оси стержень работает как сплошной.

Специфика проверки устойчивости относительно свободной оси состоит в том, что здесь необходимо определить приведенную гибкость, учитывающую деформативность ветвей на участке между узлами соединительных элементов (расстояние между планками в свету), а также деформативность самих соединительных элементов. Расчет относительно свободной оси сводится к определению расстояния между ветвями. Это расстояние назначают таким, чтобы гибкость стержня относительно материальной оси была равна приведенной гибкости относительно свободной оси.

Гибкость колонн по обеим осям не должна превышать предельную гибкость сжатых элементов.

Шаг соединительных планок или уголков определяется из условия гибкости отдельной ветви λ_1 , которая принимается равной $20 \div 30$, но не более 40. Ширину планок назначают примерно равной расстоянию между ветвями колонны в свету ($0,5 \div 0,75b$), толщину планки — от 6 до 12 мм.

Необходимо обратить внимание на следующую особенность проектирования сквозных колонн. При центральном сжатии в стержне колонны отсутствует перерезывающая сила, по которой определяют усилия в соединительных элементах. Поэтому планки рассчитываются на условную поперечную силу,

которая может возникнуть вследствие прогиба колонны при потере устойчивости, а также благодаря наличию эксцентриситетов и искривлений.

Методика расчета и конструирования центрально-сжатых колонн изложена в [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8].

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАСЧЕТАМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

В РГОТУПСе разработаны и могут быть использованы студентами для расчетов конструкций в контрольной работе № 2 следующие программы:

1. labbalk — расчет балки настила, вспомогательной балки и главной балки балочной клетки.

2. skvozkol — расчет колонны сквозного сечения из двух швеллеров или двутавров.

Кроме перечисленных программ в расчетах могут быть использованы программы BALKА, COLUMN2 [10] и другие программы расчетно-конструктивного комплекса.

В процессе подготовки к расчетам и при их выполнении приходится обращаться к соответствующим нормативным источникам (сортаменты, ГОСТы, СНиП) и вводить по запросу ЭВМ исходные и необходимые по ходу расчета данные.

До начала расчета следует:

Изучить соответствующие разделы учебного пособия [3] или [10].

Вычертить расчетные схемы и эскизы, выписать исходные данные.

Назначить в соответствии с исходными данными и рекомендациями методических указаний к контрольной работе № 2 шаг балок настила a и шаг вспомогательных балок b .

Справочные данные, необходимые для выполнения расчетов, приведены в [3], а также [2, 5, 8, 9 и прил.2].

Необходимо внимательно следить за точностью вводимых данных и их размерностями, запрашиваемыми программой, проверять на экране их правильность.

При вводе исходных данных во всех программах предусмотрена возможность исправления допущенных ошибок, но по ходу расчета в процессе диалога с машиной ошибка при вводе очередных данных приведет к вынужденному повтору всего расчета, или к возвращению в начало выполняемого расчетного блока.

Следует вести запись получаемых данных, так как они могут понадобиться вновь по ходу расчета или перерасчета.

После окончания работы с программой, а также при вынужденном выходе из программы, в таблице на экране образуется файл, обозначенный тремя последними цифрами шифра студента. В файле содержатся данные выполненного расчета или его части, если расчет вынужденно прерван. Студент может просмотреть, переписать или распечатать эти данные.

4. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Текстовый материал должен быть написан на одной стороне листа писчей бумаги стандартного формата. Все листы записки сшить в обложку, передний лист которой является титульным листом записки. В верхней части титульного листа указываются названия университета, факультета; в средней — название дисциплины и тема контрольной работы, в правом нижнем углу — наименование филиала, к которому относится студент, его фамилия, инициалы, учебный шифр. В самой нижней части листа проставляется дата выполнения контрольной работы.

Все страницы записки необходимо пронумеровать, считая титульный лист первой страницей, на которой номер не ставится.

За титульным листом следует лист содержания контрольной работы. В верхней части этого листа пишется слово «Содержание». Под ним, в левой части страницы, указываются номера и названия разделов. В правой части этого листа пишется слово «Стр.», под ним соответствующие номера страниц, с которых начинается изложение каждого раздела.

В расчетной части пояснительной записки должны быть представлены по каждой из решаемых задач следующие материалы: расчетная схема, исходные данные, конструктивный

расчет, сопровождаемый необходимыми схемами сечений. Таблицы, рисунки необходимо нумеровать.

При выполнении расчетов с помощью ЭВМ в текст пояснительной записки помещаются с **необходимыми комментариями** вклейки распечаток или выписки из выполненных расчетов.

В графической части отражаются результаты расчетов. Чертежи должны дать полное представление о разработанных конструкциях и отвечать требованиям ГОСТов на строительное черчение. В чертежах металлических конструкций все размеры выставляются в миллиметрах.

Ниже даны примеры оформления чертежей (рис. 3, 4).

Последним разделом является список использованной литературы. В него включаются все использованные источники. В конце пояснительной записки должны стоять личная подпись студента и дата выполнения контрольной работы.

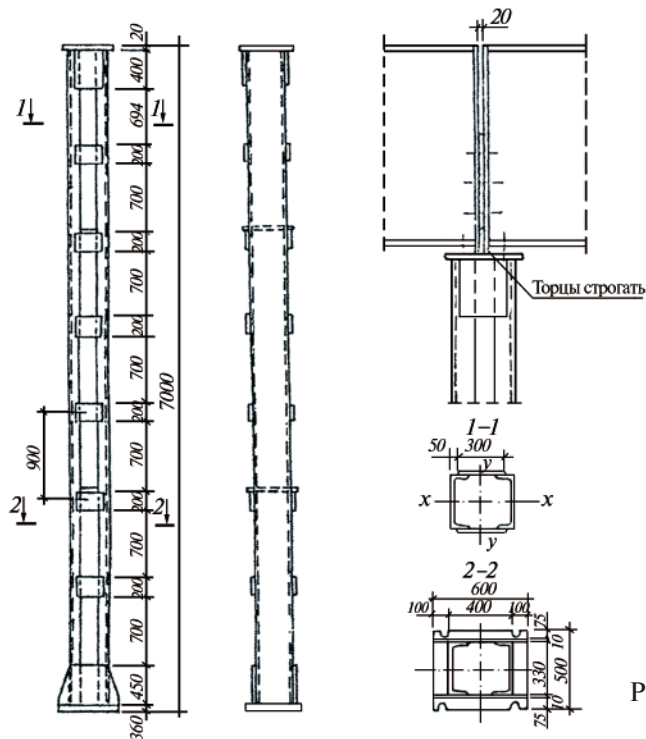


Рис. 4. Сквозная колонна

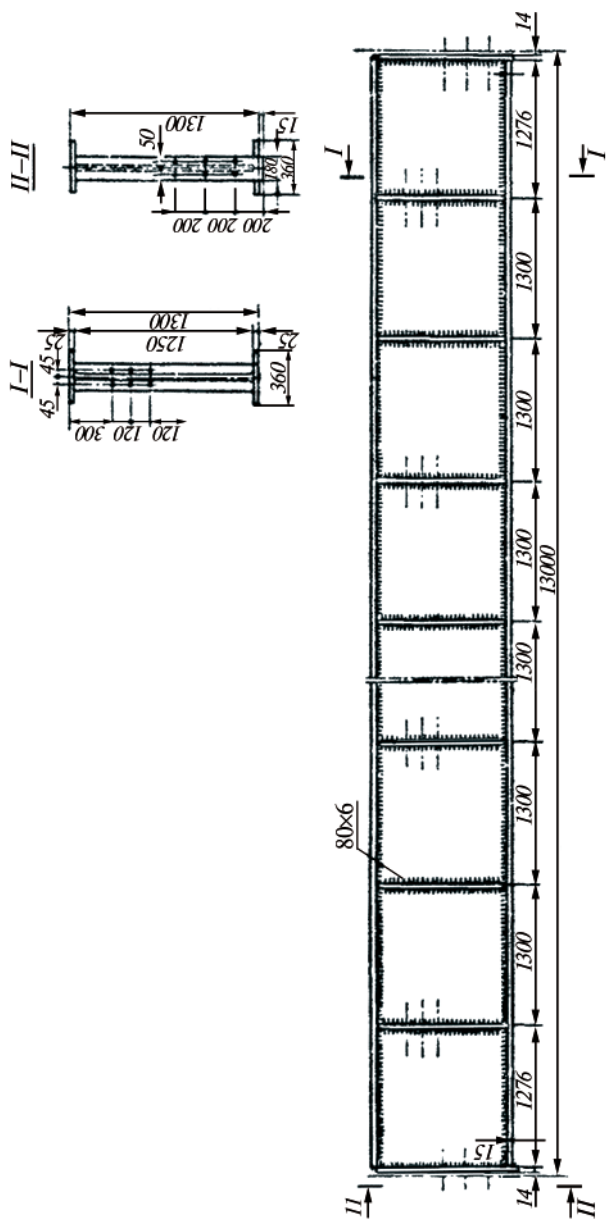


Рис. 3. Главная балка

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлические конструкции: Учеб. в 3-х т. / Под общ. ред. В.В. Горева. Мин-во образования и науки РФ. — М.: Высшая школа, 2004.
2. Металлические конструкции: Учеб. / Под ред. Ю.И. Кудишина. Мин-во образования и науки РФ. — М.: Академия, 2007.
3. С а з ы к и н И.А. Строительные конструкции. Ч. 2. Металлические конструкции: Уч. пос. — М.: РГОТУПС.
4. С а з ы к и н И.А. Металлические конструкции. Примеры расчета элементов конструкций одноэтажных производственных зданий: Уч. пос. — М.: РГОТУПС.
5. П а в л о в Ю.А. Металлические конструкции: Учеб. Ч. 1. — М.: РГОТУПС, 1998.
6. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования, 2004.
7. СП 13-102-2003. Общие правила проектирования стальных конструкций.
8. Металлические конструкции / Под общей ред. Е.И. Беленя. — М.: Стройиздат, 1986.
9. Металлические конструкции. Справочник проектировщика: в 3-х т. / Под общей ред. В.В. Кузнецова. — М.: Издательство АСВ, 1998.
10. П а в л о в Ю.А. Металлические конструкции. Железобетонные конструкции. Мет. указания к расчетам в курсовом и дипломном проектировании с помощью ПЭВМ для студентов специальностей 290300, 290800, 291100. — М., 2000.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Задание на контрольную работу № 2
с методическими указаниями

Редактор *Д.Н. Тихончев*
Корректор *В.В. Игнатова*
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

Тип. зак.	Изд. зак. 127	Тираж 1 000 экз.
Подписано в печать 28.01.08	Гарнитура NewtonС	Офсет
Усл. печ. л. 1,25		Формат 60×90 _{1/16}

Издательский центр РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2