

24/15/2

**Одобрено кафедрой
«Здания и сооружения
на транспорте»**

**Утверждено
деканом факультета
«Транспортные сооружения
и здания»**

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Рабочая программа и задание на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов V курса**

специальности

270102 Промышленное и гражданское строительство (ПГС)



Москва 2008

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 270102 (ПГС).

С о с т а в и т е л и : канд. техн. наук А.П. Гаврюшин,
канд. техн. наук, проф. И.А. Сазыкин

Р е ц е н з е н т — д-р техн. наук, проф. В.А. Фисун

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В учебном плане подготовки инженеров по специальности «Промышленное и гражданское строительство» предусмотрено изучение дисциплины «Основы автоматизированного проектирования в строительстве».

Основная задача преподавания дисциплины – научить студентов машинно-ориентированным методам, используемым при вычерчивании планов, фасадов и разрезов зданий.

Целью преподавания дисциплины «Основы автоматизированного проектирования в строительстве» является получение теоретических знаний в области автоматизированного проектирования, получение практических навыков автоматизированного формирования чертежей, подготовка к освоению более сложных систем автоматизированного проектирования Autocad и Archicad.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучив дисциплину студент должен:

2.1 Знать и уметь использовать:

- основные принципы построения систем автоматизированного проектирования (САПР) для строительного проектирования;
- виды обеспечений САПР для строительного проектирования;
- классификацию САПР для строительного проектирования;

2.2. Владеть:

- средствами вычислительной техники и программными продуктами для автоматизированного формирования чертежей планов, фасадов и разрезов зданий и сооружений.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Курс — V
Общая трудоемкость дисциплины	102	
Аудиторные занятия:	16	
Лекции	4	
Лабораторный практикум	12	
Самостоятельная работа:	71	
Контрольная работа	15	1
Вид итогового контроля		Дифференцированный зачет

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции, ч	Лабораторный практикум, ч
1	Общие сведения о проектировании. Виды обеспечений САПР	1	4
2	Классификация САПР	2	
3	Классы САПР, примеры по каталогу Федерального фонда программных средств массового применения в строительстве	1	4
4	Расчеты конструкций (подкрановая балка)		4

4.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

4.2.1. Общие сведения о проектировании. Виды обеспечений САПР

Рассматриваются возможности использования компьютерного оборудования в процессе строительного проектирования. Изучаются основные принципы построения САПР в проектных организациях. Классифицируются основные компоненты систем автоматизированного проектирования и их назначение. [3].

4.2.2. Классификация САПР

Рассматривается классификация систем автоматизированного проектирования по различным признакам [1, 2, 3].

4.2.3. Классы САПР, примеры по каталогу Федерального фонда программных средств массового применения в строительстве

На примере классифицированного перечня Федерального фонда программных средств массового применения в строительстве рассматриваются примеры выбора программных продуктов для конкретных задач.

4.3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	Часы	Наименование лабораторных работ
1	4	Запуск программы ArCon. Изучение основных функциональных возможностей программы. Работа с примерами готовых проектов
2	4	Изучение структуры интерфейса программы. Открытие нового проекта и задание его основных параметров. Освоение методов построения конструктивных элементов на двумерном плане. Формирование двумерного плана и разрезов здания
3	4	Изучение возможностей проектирования трехмерных моделей здания. Расстановка предметов и обход виртуального здания в трехмерном режиме

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Контрольная работа. Построение двумерного плана и трехмерной модели здания.

Выполнение чертежа плана здания в соответствии с заданием.

Построение трехмерной модели здания, выполнение текстурной заливки конструктивных элементов, расстановка предметов внутри трехмерной модели здания.

Расчет подкрановой балки под мостовой электрический кран.

Примерный объем работы: графическая часть на двух листах формата А4, файл, содержащий полный проект здания.

6. УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ли К. Основы САПР.— СПб.: Питер, 2004. — 560 с.
2. Металлические конструкции /Под ред. Кудишина 10-е изд., 2007.

Специальная

3. Иванов М. И. Автоматизированные системы управления строительством: Учеб. — М.: Желдориздат, 2000.— 663 с.
4. Клевицкий Г. С., Хейфец В. Б. Персональная ЭВМ проектировщика: Уч. пос.— М.: Стройиздат, 1990.— 274 с.
5. Энкарначчо Ж. Автоматизированное проектирование: основные понятия и архитектура систем: Уч. пос. / Под ред. Б.А. Кузьмина. — М.: Радио и связь, 1986. — 288 с.
6. ГОСТ 21.501-93. Правила выполнения архитектурно-строительных чертежей.

7. ГОСТ 2.004-88. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

8. ГОСТ 2.103-68 (1995) ЕСКД. Стадии разработки.

9. ГОСТ 2.102-68 (1995) ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.

10. ГОСТ 34.201-89. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.

11. ГОСТ 21.501-93. Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей.

12. СНиП 11-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования. — М., 2003.

13. СНиП 2-01-07-85. Нагрузка и воздействия.

Дополнительная

14. Шагов В. В. Архитектурно-строительное проектирование на персональном компьютере. — М: Познавательная книга плюс, 2004. — 320 с.

15. Леонтьев Б. К. Как построить дом с помощью персонального компьютера. — М.: НТ Пресс, 2006.— 223 с.

6.2. СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Компьютерная программа ArCon 5+.

7. МАТЕРИАЛЬНО – ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Компьютерные классы университета и филиалов.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Основы автоматизированного проектирования в строительстве» базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин «Информатика»,

«Строительные материалы», «Начертательная геометрия и графика» и других общетехнических дисциплин.

Теоретическую часть дисциплины студенты изучают самостоятельно и во время лекций. Практические навыки и умения они приобретают в процессе выполнения лабораторных и контрольной работы.

Качественная проработка учебного материала и выполнение контрольной работы возможны при активной работе студента в ходе лабораторного практикума.

Контроль полученных студентом знаний осуществляется в процессе работы студентов на ПЭВМ на лабораторных занятиях, на собеседованиях по контрольным работам и дифференцированном зачете.

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

ВВЕДЕНИЕ

В учебном плане подготовки инженеров по специальности «Промышленное и гражданское строительство» предусмотрен лабораторный практикум по дисциплине «Основы автоматизированного проектирования в строительстве».

Методические указания предназначены для помощи студенту при работе с программой ArCon.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Задача 1

Целью работы является получение практических навыков автоматизированного формирования чертежей, подготовка к освоению более сложных систем автоматизированного проектирования Autocad и Archicad.

1.1. ТЕХНИКА РАБОТЫ С ПРОГРАММНЫМ СРЕДСТВОМ.

Для того, чтобы создать достаточно сложный проект, не требуется наличие специальных знаний в области САД-систем.

Достаточно просто разместить объекты, т.е. стены, двери, окна, лестницы и крышу на общем плане. ArCon предоставляет возможность планирования и конструирования произвольного количества этажей, включая подвальный и чердачный этажи. Этажи можно включать и выключать. Стены создаются как 3D-модель, пересечение стен строится автоматически. При этом с помощью специальной кнопки можно сразу же переключиться в режим просмотра проектируемого объекта в трехмерном пространстве. В режиме 3D-просмотра можно проверить еще раз дизайн и оптимальную освещенность помещений с учетом реального времени суток. При этом не имеет значения, идет ли речь о плане жилого дома на одну семью или большого административного комплекса.

Независимо от того, является ли пользователь архитектором, дизайнером, инженером-строителем, маклером по недвижимости или производителем строительных материалов, он может использовать ArCon не только как мощный программный продукт виртуального проектирования и дизайна, но и как эффективный инструмент для реалистичного представления проектов. Просмотр проектируемого объекта в 3D-изображении и обход его как вокруг, так и внутри помогают избежать ошибок в проектировании.

В режиме конструирования работа осуществляется с общим планом здания. При этом в качестве инструментов конструирования могут быть использованы «электронная линейка» и вспомогательные линии. При помощи специальных диалогов устанавливаются окна, двери, лестницы и крыши, корректность их установки сразу же может быть проверена в режиме 3D-просмотра. Так, например, для каждой лестницы можно определить нижний и верхний уровень; при помощи ввода угла можно создавать трапециевидные нижнюю или верхнюю ступень. Появилась возможность устанавливать пандусы.

В режиме дизайна можно просмотреть здание в фотореалистичном 3D-изображении и создать интерьер здания, а также ландшафт вокруг него. На местности можно вырыть котлованы (например, для бассейнов). Существует возможность разделить

территорию на несколько областей и присвоить им различные текстуры.

Специальная встроенная функция ArCon позволяет рассчитать фотореалистическое изображение (можно использовать метод трассировки лучей) освещенности, картины игры света и теней с учетом эффектов отображения.

В ArCon можно изображать и подвижные объекты. Определив, например, дверцу шкафа как подвижный объект, можно продемонстрировать процесс его открывания/закрывания. Можно также совершить прогулку во внутренних помещениях и снаружи в режиме реального времени днем и ночью, используя функции масштабирования и произвольного вращения.

1.2. МЕНЮ И ПАНЕЛИ ИНСТРУМЕНТОВ

На рис. 1 представлено главное окно программы.

ФАЙЛ – работа с файлами проектов, печать, запись общих данных о проекте;

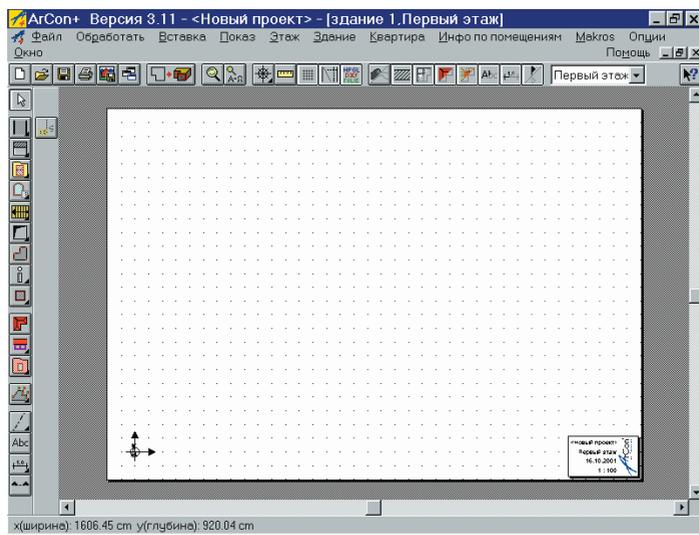


Рис. 1. Главное окно программы

ОБРАБОТАТЬ – копирование, поворот, отображение, группировка объектов и т.п.;

ОБСТАНОВКА – работа с файлами объектов и их групп;

ПОКАЗ – управление видом на экране, масштабирование;

ЭТАЖ – обработка этажей, добавление, удаление;

ЗДАНИЕ – то же со зданиями;

КВАРТИРА – то же по квартирам (квартира – группа помещений);

ИНФО ПО ПОМЕЩЕНИЯМ – вывод информации (площади, периметры и пр. в файл MS Word);

МАКРОС – вспомогательные расчеты и построения;

ОПЦИИ – настройка программы;

ОКНО – размещение окон на экране;

ПОМОЩЬ – справка.

1.3. НАЧАЛО РАБОТЫ С ПРОЕКТОМ. НАСТРОЙКА ПРОГРАММЫ

Проектом называют набор зданий, каждое из которых содержит этажи. Одновременно можно работать только с одним проектом. Далее приведены рекомендации по работе с проектом:

- создание нового проекта: выбрать из меню **ФАЙЛ — НОВЫЙ** (или кнопку), после этого задаем характеристики этажей в раскрывшемся окне;

- открытие проекта с диска: **ФАЙЛ — ОТКРЫТЬ** (или кнопка);

- запись данных о проекте **ФАЙЛ — ДАННЫЕ ПРОЕКТА** (архитекторы, застройщики, адрес объекта и др.);

- чтобы задать масштаб, единицы измерения, размер листа открываем: **ФАЙЛ — ОПЦИИ ПРОЕКТА**;

- настройка программы: в меню **ПОКАЗ** отметить необходимые пункты, в меню **ОПЦИИ — ПРОГРАММА** настроить необходимые параметры.

Для работы нужно выбрать актуальное здание в меню **ЗДАНИЕ** и актуальный этаж в меню **ЭТАЖ**.

Чтобы увидеть все или несколько зданий, нужно выбрать их в меню **ЗДАНИЯ — ВИДИМЫЕ ЗДАНИЯ**.

1.4. ПРИМЕР РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ

1.4.1. РАБОТА В РЕЖИМЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ (ДВУМЕРНЫЙ РЕЖИМ)

На рис. 2 приведено 2D-окно программы для работы с планами.

Для точного размещения элементов на листе используют растр (сетку), вспомогательные линии и перемещаемое начало координат (имеются соответствующие кнопки на панелях).

Для построения 2D-планов имеются элементы (кнопки в левой вертикальной панели):

- стена (несколько друг за другом, одиночная, под углом, средняя, параллельная);
- балка (те же варианты);

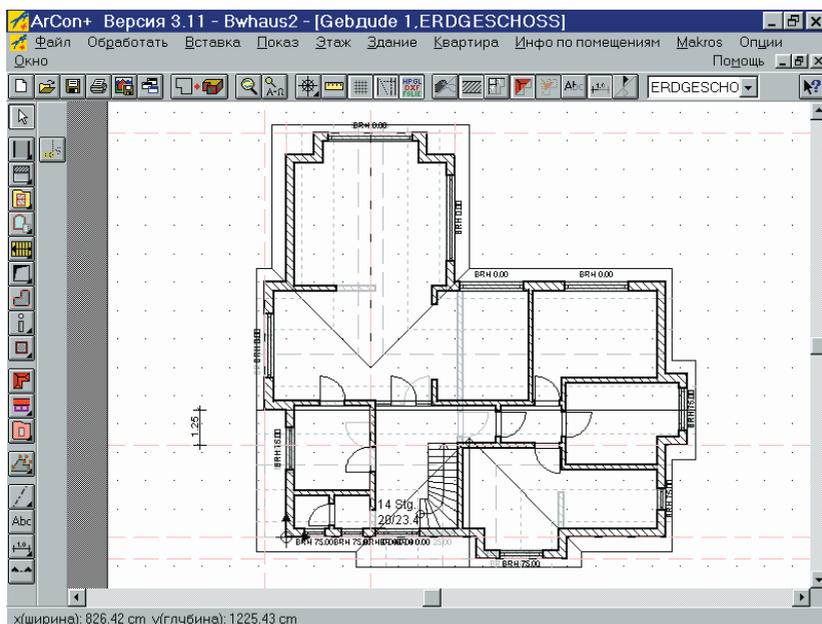


Рис. 2. Работа с планом здания

- дверь (произвольно, на расстоянии, посередине);
- окно (те же варианты);
- отверстие в перекрытии или стене;
- лестница;
- перекрытие (прямоугольное, многоугольник);
- колонна;
- дымоход;
- крыша (прямоугольная, автоматическая, многоуголь-
ник);
- слуховое окно;
- земельный участок (прямоугольное, многоугольник);
- вспомогательные прямые (вертикальная, горизонтальная,
произвольная, под углом, средняя, параллельная);
- надписи, тексты;
- размеры (одиночные, цепочкой);
- сечение (вертикальное, горизонтальное, произвольное).

Перед установкой на лист элементы настраивают: щелчок правой кнопкой мыши на кнопке элемента вызывает диалог настройки. После установки на лист каждый элемент также можно настроить, щелкнув два раза мышью на нем.

1.4.2. РАБОТА В РЕЖИМЕ ДИЗАЙНА (ТРЕХМЕРНЫЙ РЕЖИМ)

На рис. 3 приведено 3D-окно программы для работы с трехмерными объектами.

В этом режиме работают с отделкой помещений, объектами: мебель, предметы обстановки, настраиваются режимы визуализации.

1. В меню ПОКАЗ выбираем КАТАЛОГ ТЕКСТУР И ОБЪЕКТОВ.

2. Для расстановки мебели и оборудования используют вид сверху, спереди, сзади или снизу (переключается кнопкой).

3. Для установки объекта его перетаскивают из каталога текстур и объектов на чертеж.

4. Габариты объектов уточняют в перспективном виде.

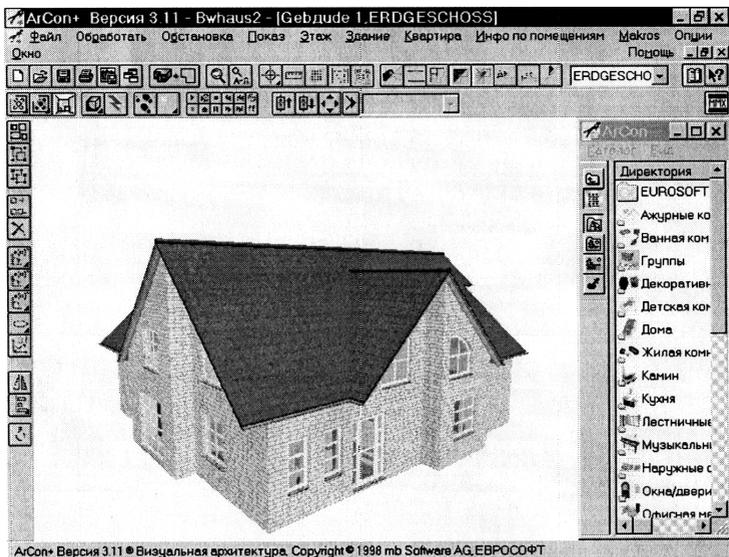


Рис. 3. Трехмерная модель здания

5. Для изменения цветов и материалов объектов текстура из каталога перетаскивается на объект.

6. Объекты можно дублировать: выделить объект, выбрать в меню: ОБРАБОТАТЬ-КОПИРОВАТЬ.

Более подробное руководство пользователя содержится в справочной системе программы ArCon и прилагаемой документации.

Задача 2

Запроектировать подкрановую балку под электрический мостовой кран.

Данные для проектирования подкрановой балки студент берет из табл. 1 по трем последним цифрам присвоенного ему шифра.

Дополнительные данные для всех вариантов.

Подкрановая балка сварная. Материал – сталь марки В Ст3 Гсп 5-1.

Мостовых кранов – два, режим работы – 6К.

Схемы крановой нагрузки и наибольшее усилие на колесе в соответствии с ГОСТ показаны на рис. 4 и в табл. 2.

Подбор размеров сечения подкрановой балки должен быть выполнен с помощью программы **PODKR** в диалоговом режиме, а затем в соответствии с методическими указаниями – с помощью калькулятора.

Таблица 1

Исходные данные

Показатель	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
По третьей с конца цифре шифра										
Грузоподъемность, кН	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
По предпоследней цифре шифра										
Пролет крана, м	18	30	24	18	30	24	18	30	24	18
По последней цифре шифра										
Шаг колонн	6	7	8	9	10	11	12	6	10	12

Примечание. 1*– 300 кН.

2*– 500 кН.

Таблица 2

Грузоподъемность, кН	Нормативные значения F_K^H , кН, при		
	$L=18$ м	$L=24$ м	$L=30$ м
$Q = 300$	280	315	345
$Q = 500$	430	470	500

Методические указания к задаче 2

Статический расчет подкрановой балки.

Расчет ставит целью определить наибольшие усилия $M_{\text{МАКС}}$ и $Q_{\text{МАКС}}$, возникающие в балке под воздействием подвижных грузов двух кранов и по ребрам сечения балки.

Расчетной схемой подкрановой балки является разрезная балка пролетом, равным шагу колонн, с подвижной нагрузкой от двух сближенных кранов, которые работают одновременно.

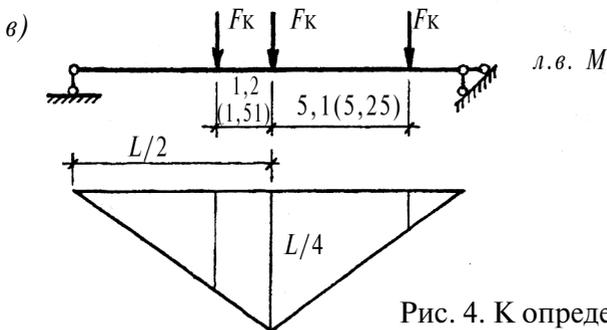
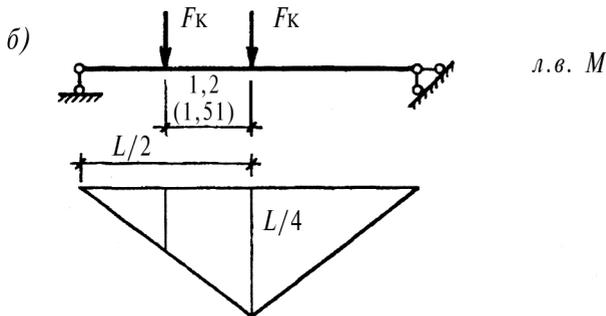
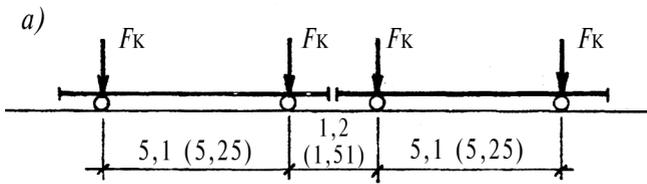


Рис. 4. К определению $M_{\text{МАКС}}$:

a — схема крановой нагрузки; *б* — к определению $M_{\text{МАКС}}$ при $L = 6-10$ м;
в — к определению $M_{\text{МАКС}}$ при $L = 11-12$ м.

Примечание. Размеры в скобках для крана грузоподъемностью 500 кН, то же без скобок — 300 кН.

Расчетное значение вертикальной силы в кН, приходящейся на одно колесо, определяется по формуле

$$F_K = \gamma_n \gamma_f \psi_C K_1 F_K^H,$$

где $\gamma_n = 0,95$ – коэффициент надежности по назначению, учитывающий степень ответственности здания;

$\gamma_f = 1,1$ – коэффициент надежности по нагрузке;

$\psi_c = 0,85$ – коэффициент сочетаний при учете работы двух кранов группы режимов работы 6К;

$K_1 = 1,1$ – коэффициент динамичности при пролете балки не более 12 м группы режимов кранов 6К;

F_K^H – нормативное вертикальное давление колеса мостового крана, определяемое по данным государственного стандарта.

Подставив указанные значения коэффициентов, получим:

$$F_K = 0,977 \cdot F_K^H.$$

Расчетное значение горизонтальной (тормозной) силы в кН, приходящейся на одно колесо, определяют по формуле

$$T_K = \gamma_n \gamma_f \psi_c K_2 T_K^H,$$

где $K_2 = 1$ – коэффициент динамичности для горизонтальной нагрузки при группе режимов кранов 6К;

$$T_K^H = 0,1 \cdot F_K^H.$$

Подставив значения коэффициентов, получим:

$$T_K = 0,888 \cdot T_K^H = 0,888 \cdot F_K^H.$$

Максимальный изгибающий момент в разрезной балке определяют для сечения, близкого к середине пролета. Положение сечения, а также размещение кранов, соответствующее $M_{\text{МАКС}}$, определяется по теореме Винклера.

Максимальный изгибающий момент будет под ближайшим к равнодействующей грузом, который называется *критическим*. Для определения $M_{\text{МАКС}}$ нужно систему подвижных грузов установить на балке так, чтобы середина подкрановой балки совместилась с серединой отрезка между равнодействующей и

критическим грузом. Равнодействующая определяется от грузов, разместившихся на подкрановой балке.

Поскольку сечение с наибольшим моментом расположено близко к середине пролета балки, значение $M_{\text{МАКС}}$ с допустимой погрешностью можно определить, пользуясь линией влияния момента в середине пролета, устанавливая краны по схеме показанной на рис. 4.

Расчетный изгибающий момент в кН · м от вертикальной нагрузки

$$M_{\text{МАКС}} = \alpha F_{\text{К}} \sum Y_j,$$

где $\alpha = 1,05$ – учитывает влияние собственного веса балки;

$\sum Y_j$ – сумма ординат линии влияния по схемам, приведенным на рис. 4.

Расчетный момент в кН·м от горизонтальной нагрузки

$$M_{\text{Y}} = T \sum Y_j = 0,1 F_{\text{К}} \sum Y_j.$$

Расчетный изгибающий момент в кН · м от вертикальной нагрузки при загрузении одним краном

$$M_{\text{H}} = \gamma_n F_{\text{К}}^{\text{H}} \sum Y_j,$$

где $\sum Y_j$ – сумма ординат линии влияния по схемам, приведенным на рис. 5.

Наибольшая поперечная сила $Q_{\text{МКАС}}$ в разрезной балке будет при таком положении нагрузки, когда одна из сил находится непосредственно у опоры, а остальные расположены как можно ближе к этой же опоре (рис. 6).

Расчетная вертикальная перерезывающая сила в кН.

$$Q_x = \alpha F_{\text{К}} \sum Y_j.$$

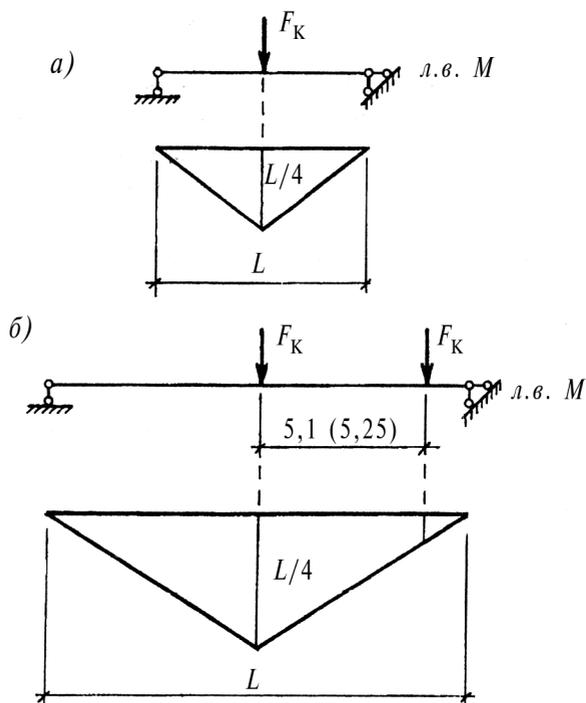


Рис. 5. К определению M_n :

а — схема крановой нагрузки; *б* — к определению M_n при $L = 6-10$ м

Примечание. 5,1 м — при кране грузоподъемностью 300 кН,
5,25 м — то же, 500 кН.

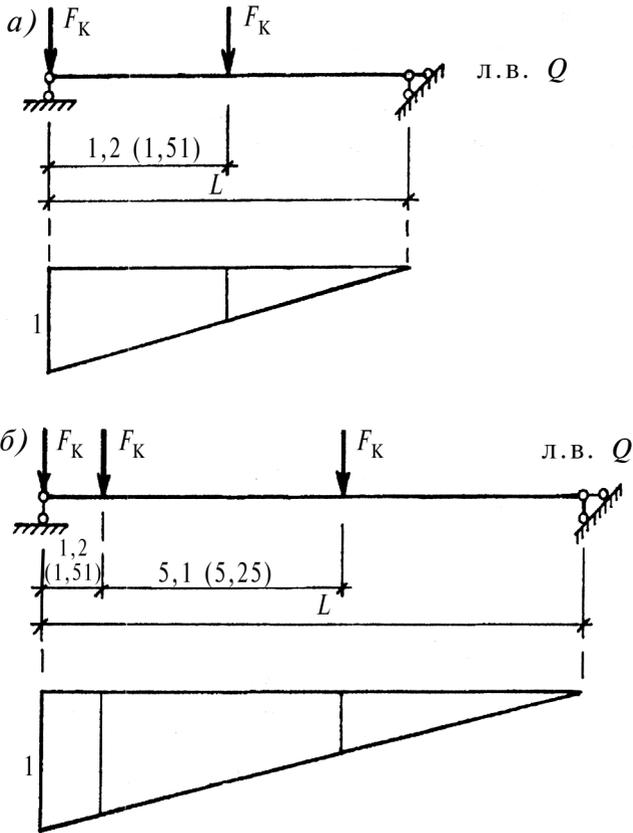


Рис. 6. К определению $Q_{\text{МАКС}}$:

а — к определению $Q_{\text{МАКС}}$ при $L = 6$ м; б — к определению $Q_{\text{МАКС}}$ при $L = 7-12$ м.

Примечание. Размеры в скобках для крана грузоподъемностью 500 кН, то же без скобок — 300 кН.

ПОДБОР СЕЧЕНИЯ ПОДКРАНОВОЙ БАЛКИ

Принимаем подкрановую балку симметричного сечения с тормозной конструкцией в виде листа толщиной 6 мм и швеллера.

Параметры швеллеров, рекомендуемые для каждого пролета балки, указаны в табл. 3.

Подбор сечения сплошностенчатой сварной подкрановой балки осуществляется в следующем порядке. Для учета влияния горизонтальных сил определяют поправочный коэффициент

$$\beta = 1 + 2 \frac{M_y}{M_x} \cdot \frac{h_b}{h_T},$$

где h_b – высота подкрановой балки, может быть назначена в пределах $\left(\frac{1}{6} - \frac{1}{10}\right)L$;

h_T – ширина тормозной конструкции (рис. 5). Согласно унификации для кранов грузоподъемностью 300 и 500 кН $h_T = 1$ м.

Таблица 3

Пролет балки, м	№ швеллера	Площадь A , см ²	Координата центра тяжести Z_0 , см	Ширина полки $b_{ш}$, см
6	16	18,1	1,8	6,4
7,8	18	20,7	1,94	7
9,10	20	23,4	2,08	7,6
11,12	24	30,6	2,15	9

Получают требуемый момент сопротивления сечения в см³ по формуле

$$W_{\text{ТР}} = \frac{M_{\text{МАКС}} \beta}{\gamma_c R_y},$$

где γ_c – коэффициент условия работы;

R_c – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию и изгибу по пределу текучести – согласно табл. 51 [12]

для стали марки ВСт3Г сп 5-1 при толщинах листа 11–20 мм
 $R_y = 230$ МПа.

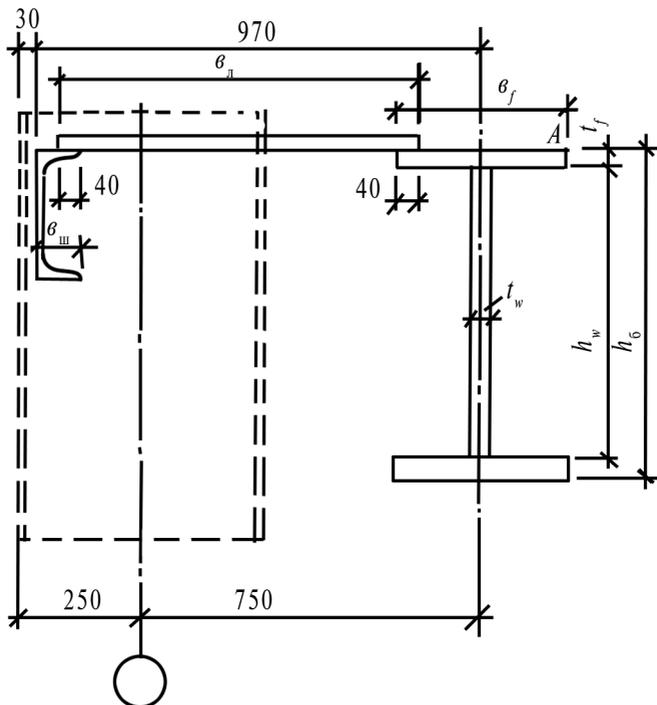


Рис. 7. Сечение подкрановой балки с тормозной конструкцией

Определяют оптимальную высоту балки в см по формуле

$$h_{\text{ОПТ}} = 1,15 \sqrt{\frac{W_{\text{ТР}}}{t_w}}$$

Предварительно толщину стенки t_w в мм можно получить из выражения

$$t_w = 7 + 0,003 \cdot h_6,$$

где h_6 (в мм) – высота подкрановой балки, принятая ранее при определении β .

Из условия жесткости высота подкрановой балки должна быть не менее высоты в см, определяемой по формуле

$$h_{\text{мин}} = \frac{5}{24} \cdot \frac{\gamma_c \cdot R_y \cdot L}{\beta \cdot E} \left[\frac{L}{f} \right] \cdot \frac{M_H}{M_x},$$

где $E = 2,06 \cdot 10^4$ кН/см² – модуль упругости стали;

$\left[\frac{f}{L} \right] = \frac{1}{500}$ – предельный относительный прогиб балки.

Высоту подкрановой балки назначают близкой к оптимальной и не меньше $h_{\text{мин}}$.

Высоту балки согласовывают с шириной и толщиной листов по сортаменту. Высота балки равна высоте стенки h_w и двум толщинам полки t_f ; t_f можно принять в первом приближении равной 2 см. Для справки – высота унифицированной балки при $L = 6$ м равна 0,8 м, при $L = 12$ м – 15 м.

Из условия работы стенки балки на срез минимальную толщину стенки в см находят по формуле

$$t_{w, \text{мин}} = 1,5 Q_{\text{МАКС}} / h_w R_s,$$

где R_s – расчетное сопротивление стали сдвигу, принимаемому равным $0,58 \cdot R_y$. Для принятой марки стали $R_s = 13,5$ кН/см².

Толщина стенки принимается кратной 2 мм; минимальная толщина стенки – 8 мм.

Требуемую площадь полки в см² находят по формуле

$$A_f = \frac{W_{\text{тп}}}{h_6} - \frac{t_w h_6}{6}.$$

Сечение полки назначают с учетом требований общей и местной устойчивости. Общая устойчивость балки обеспечена, если ширина листа полки будет принята в пределах

$$b_f = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{5} \right) h_6,$$

а местная устойчивость полки будет обеспечена, если отношение свеса полки $b_f/2$ к толщине t_f не будет превышать $0,5\sqrt{\frac{E}{R_y}}$.

Для принятой марки стали $b_f/2 t_f \leq 15$ или $b_f \leq 30 t_f$.

По условию сварки $t_f/t_w \leq 3$.

Ширина полки должна быть не менее 180 мм, толщина – не более 30 мм.

Назначая окончательные размеры стенки и полок балки, следует принимать высоту стенки и ширину полки в соответствии с сортаментом листов, т.е. назначать эти размеры такими, чтобы не требовалась продольная резка стандартного листа. Сортамент листов приведен в табл. 4.

Таблица 4

<i>Для полок</i>	
Толщина, мм	10,12,14,16,18,20,22,25,28,30
Ширина, мм	180,200,210,220,240,250,260,280
<i>Для стенки</i>	
Толщина, мм	8,10,12,14,16,18,20
Ширина, мм	650,670,700,800,850,900,950,1000,1050,1250,1400,1500,1600

Проверка прочности принятого сечения производится в верхнем поясе (точка А на рис. 7) по формуле

$$\sigma_x^A = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \gamma_c R_y.$$

Определяем геометрические характеристики принятого сечения.

Относительно оси X–X:

$$J_x = \frac{t_w h_w^3}{12} + 2b_f t_f (h_w + t_f)^2 / 4;$$

$$W_x = \frac{J_x}{h_0 / 2}.$$

Относительно оси $Y-Y$ (в состав входит верхней пояс, тормозной лист и швеллер) находят по формулам

■ ширина тормозного листа в см (см. рис 7)

$$b_{\text{л}} = (97 + 8) - b_{\text{ш}} - b_f/2;$$

■ расстояние в см от оси подкрановой балки до центра тяжести сечения в см

$$x_0 = \left[A_{\text{ш}} (97 - z_0) + t_{\text{л}} b_{\text{л}} \left(\frac{b_{\text{л}} + b_f}{2} - 4 \right) \right] / (A_{\text{ш}} + t_{\text{л}} b_{\text{л}} + t_f \cdot e_f);$$

■ момент инерции по оси Y

$$J_y = A_{\text{ш}} (97 - z_0 - x_0)^2 + b_{\text{л}} t_{\text{л}} \left(\frac{b_{\text{л}} + b_f}{2} - x_0 - 4 \right)^2 + t_f b_f x_0^2 + \frac{t_{\text{л}} b_{\text{л}}^3}{12} + \frac{t_f b_f^3}{12}.$$

■ момент сопротивления по оси Y

$$W_y^A = \frac{J_y}{x_0 + b_f/2}.$$

Толщина тормозного листа может быть принята равной 6 мм. Согласно п. 1.9 [12] в составных сечениях, устанавливаемых расчетом, недонапряжение (отношение $\frac{(R_y - \sigma) \cdot 100}{R_y}$) не должно превышать 5%. В случае недонапряжения более 5% расчет следует повторить, изменив один из следующих параметров: b_f , t_f , t_w .

Перенапряжение, т.е. $\sigma > \gamma_C R_y$ не допускается.

Прочность стенки по касательным напряжениям на опоре обеспечена, так как принятая толщина стержня больше определенной из условия сдвига. Жесткость балки также обеспечена, так как принятая высота $h_0 > h_{\text{мин}}$.

Более подробно расчет и конструирование подкрановой балки изложены в [12].

ПОДБОР СЕЧЕНИЯ ПОДКРАНОВОЙ БАЛКИ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Учебная программа расчета подкрановой балки написана в соответствии с вышеизложенным алгоритмом инж. А.Л. Кузьминым на алгоритмическом языке СИ++. Программа предусматривает диалог с пользователем в графическом режиме. Режим состоит из пяти (5) состояний. Смена состояний производится щелчком «мыши».

Состояние 1. На экране табл. 3 исходных данных. Студент с помощью левой клавиши «мыши» выбирает данные по своему шифру. В соответствии с выбранной грузоподъемностью программа сама выбирает базу крана и расстояние сближения.

Состояние 2. На экране схема подкрановой балки, линия влияния изгибающего момента и положение колес сближенных кранов при загрузении линии влияния. Это состояние поясняющее.

Состояние 3. На экране сортамент листовой стали для полки двутавровой сварной балки. Студент выбирает соответствующие размеры с помощью левой клавиши «мыши».

Состояние 4. На экране сортамент листовой стали для стенки двутавровой сварной балки. Студент выбирает соответствующие размеры с помощью левой клавиши «мыши».

Состояние 5. На экране с соблюдением масштаба чертеж поперечного сечения подкрановой балки с указанием максимальной нормальной напряженности в опасной точке. Здесь же приведена величина относительного пере— или недонапряжения по отношению к расчетному сопротивлению. Из этого состояния можно вернуться к состоянию 3 и вновь провести подбор размеров полки и стенки.

Расчет заканчивается после получения решения, при котором не напряжение составляет не более 5%.

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Рабочая программа и задание на контрольную работу
с методическими указаниями

Редактор *Д.Н. Тихоньчев*
Компьютерная верстка *Г.Д. Волкова*

Тип.зак.	Изд.зак. 30	Тираж 500 экз.
Подписано в печать 08.02.08	Гарнитура Newton	Формат 60 × 90 ¹ / ₁₆
Усл.печ.л. 1,75		

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

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

