ОПД.Р.ОЗ СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА РАСЧЕТ МНОГОПРОЛЕТНОЙ СТАТИЧЕСКИ

ОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ

Методические указания и задания

к расчетно-проектировочной работе

Настоящие материалы содержат методические указания

и задания к расчетно-проектировочной работе 2.

Предназначено для студентов III курса

специальности «Промышленное и гражданское строительство».

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с программой по строительной механике студенты строи­тельных специальностей должны выполнить расчетно-проектировочную ра­боту (РПР) по теме «Расчет статически определимой многопролетной балки». Ограниченный тираж «Руководства к практическим занятиям» [2], а также отсутствие методических указаний по выполнению расчета балок с примене­нием персональных ЭВМ затрудняют выполнение этой работы.

Настоящие методические указания имеют целью:

а) показать объем задания и порядок решения задач;

б) дать пример оформления задания;

в) привести дополнительные примеры решения характерных задач строительной механики;

г) дать пример решения задачи на ЭВМ с использованием программы «LLRA-Wmdows» версии 9.4.

Помимо этого методические указания содержат комплект вариантов за­дач с текстом задания и таблицами исходных данных.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНЫХ РАБОТ

Каждая расчетно-проектировочная работа должна содержать фафическую часть с необходимыми вычислениями и объяснениями, которые приводятся в пояснительной записке.

Схемы, содержащие эпюры усилий, должны быть выполнены четко, акку­ратно, в них необходимо указать масштабы длин и сил. В характерных се­чениях на эпюрах усилий проставляются числовые значения последних. На эпюрах продольных и поперечных сил проставляются знаки (+) или ( ). Ор­динаты эпюр изгибающих моментов откладываются со стороны растянутых волокон. Знак не указывается.

На титульном листе пояснительной записки необходимо привести следу­ющие данные:

1. наименование вуза и кафедры;
2. название и номер работы:
3. факультет, курс, группу, фамилии студента и ведущего преподава­теля.

С примерами оформления РПР можно ознакомиться на кафедре при­кладной механики. Для получения зачета нужно выполнить все работы защитить их Принимая зачет, преподаватель проводит опрос по каждой теме: студенту предлагается решить ряд задач по той или иной расчетно-проектировачной работе.

Вариант задания для каждого студенгта опредиляется преподавателем в соответствии с номером схем и строк приводимых в таблице 1и 2.

ПОРЯДОК ПОЛУЧЕНИЯ ЗАДАНИЙ

Для заданной балки с размерами и нагрузкой, определяемыми по табл. 1 и 2, требуется:

1. произвести кинематический анализ системы и построить поэтажную схему;
2. определить опорные реакции и построить эпюры *M* и *Q*,
3. рассчитать балку на ЭВМ и по результатам счета проверить правиль­ность вычислений *M* и *Q*
4. построить линии влияния (JIB) поперечной силы в сечении, номер ко­торого указан в табл. 1; ЛВ изгибающих моментов в сечении, номер которого указан в табл. 2; JIB одной опорной реакции главной балки;
5. определить по линиям влияния изгибающий момент и попе­речную силу в заданных сечениях от неподвижной нагрузки.



**

*Исходные данные определяются по табл. I и 2 и приложенным к зада­нию схемам балок (рис. 1) и нагрузок на балки (рис. 2). Номер строки табл. 1 совпадает с последней, а номер строки табл. 2 — с предпоследней цифрами номера зачетной книжки.*



МЕТОДИЧ FX'К'ИЕ УКАЗА Н ИЯ

Расчет статически определимой многопролетной балки можно произвести метолом плоских сечений, с помощью линий влияния и с применением ЭВМ, для которых составляются программы, реализующие один из методов строительной механики.

1. При расчете многопролетных статически определимых балок целесооб­разно использовать схему взаимодействия элементов — поэтажную схему. Она позволяет свести расчет сложной балки к расчету простых балок с консолями. Для составления схемы взаимодействия в первую очередь необходимо выделить основные балки и опирающиеся на них второсте­пенные: основная балка рационально соединена тремя опорными стерж­нями. а второстепенная менее чем тремя опорными стержнями с землей.
2. Произвести кинематический анализ м но го пролег ной балки:
	1. Определить ее число степеней свободы по формуле



где D — количество простых балок (дисков); III — число простых шарниров; *С*ол — число опорных стержней.

При W - 0 балка статически определима и, возможно, геометрически не­изменяема.

* 1. Проверить геометрическую неизменяемость многопролетной балки, положив в основу поэтажную схему.

Схема будет геометрически неизменяемой, если все основные балки со­единены к земле, второстепенные — к земле и основным балкам с помощью трех опорных стержней, осевые линии которых не пересекаются в одной точке и не параллельны между собой.

1. Для каждой балки определяют опорные реакции и записывают уравнения внутренних усилий в сечении, находящемся на произвольном расстоянии X от девон опоры.

Верхние балки поэтажной схемы рассчитывают только на действие задан­ной нагрузки, а нижние балки — от давления, передаваемого через опоры верхних балок, и от заданной нагрузки.

После вычисления ординат внутренних усилий в характерных точках бал­ки строят в выбранном масштабе эпюры *М*х и *Q*х по длине всей шарнирной балки.

Построение линий влияния .многопролетной балки

1. Строят поэтажную схему
2. Выбирают сечение или опору, для которых нужно построить ЛВ.
3. Если сечение или опора находятся на второстепенных балках *AC* и *FL,* то линии влияния в них строятся как для простых балок.
4. В пределах балки C*F* линии влияния строятся как для простой балки. За­чем перемещают силу *P*, равную 1, на второстепенную балку *FL*, а затем на такую же балку *AC*. На опорах *C* и *F* вводят местную систему координат — соответственно (*Х*1; *Y*1) и (*Х*2 ;*Y*2) и определяют давление *R*D и *R*F. как функции соответственно от *Х*1 и *Х2*. Получают формулы исследуемых усилий в зависимости от *R*D и *R*F и по ним строят линии влияния.

Определение **усилий** но линиям **влиянии от** заданной нагрузки

При действии на балку системы сил *Р*1, *Р*2, ... *Р*nравномерно распределен­ных нагрузок *q1, q2,* ...... *qn* и моментов *М*1, *M*2 ... *М*n полное усилие получим по принципу сложения действий сил

$S\_{K}\sum\_{}^{}P\_{i}y\_{i} \sum\_{}^{}q\_{i}ω\_{i} \sum\_{}^{}M\_{i}tg α\_{i}$

где *n* — количество нагрузок *Pi*, *q*i, *M*i

— ордината линии влияния определяемого усилия под действием силы Riy

— площадь участка линии влияния под нагрузкой </,;

— угол наклона линии влияния в точке приложения момента Л/,.

ПРИМЕР РАСЧЕТА БАЛКИ НА НЕПОДВИЖНУЮ НАГРУЗКУ

1. Рассмотрим балку (рис. 3, а).

Строим поэтажную схему (рис. 3, б) и определяем степень свободы балки:



Главная баkа *CF* прикреплена к земле тремя стержнями, осевые линии кото­рых не пересекаются в одной точке и не параллельны между собой, значит , она геометрически неизменяема и статически определима (*W*=0). Балки АС и FL по приведенному признак)' соединены с землей и главной балкой и поэтому явля­ются геометрически неизменяемыми. Значит, в целом многопролетная балка статически определима и геометрически неизменяема.

1. Определяем опорные реакции, изгибающие моменты и поперечные силы в характерных сечениях балки



1) Для банки *FL* (рис. 4,6) определяем опорные реакции и *R*F *R*K из уравнений равновесия:



Проверяем правильность определения реакций: Реакции балки вычислены правильно.

Изгибающий момент и поперечная сила в сечении .V| при изменении .Vi от 0 до 8м вычисляются по формулам



* + 1. Проведем аналогичные расчеты для балки АС (см. рис. 4,а)



Проверка реакций:

Реакции вычислены правильно.

Изгибающий момент и поперечная сила в сечении *х2* при изменении *х2* от 0 до 6м вычисляются по формулам



* + 1. Расчет главной балки CF. Загружаем ее в точках С и *F* давлением выше­лежащих балок *R*D и *R*E (реакциями с обратными знаками) {см. рис. 4?в) и вы­числяем опорные реакции.



Проверяем правильность определения реакций.



Реакции вычислены правильно.

Изгибающие моменты и поперечные силы в сечении *х* при изменении *х* от *M* до *Q* м вычисляются по формулам:

$M\_{c}$ $R\_{c}x$ $\frac{q\_{2}x^{2}}{2}$ $-R\_{D}\left(x\_{2} 2\right)+R\_{E}(x 8)$

 $Q\_{x}- -R\_{c}-q\_{2}x R\_{D} R\_{E}$

При *x*=0м *M*x=0 кН·м *Q*x= *R*D =17 кН

 *x*=2м *M*x= - 42 кН·м *Q*x= *-* 25 кН

 *x\**=2м *M*x\*=13 кН·м *Q*x= *-*19,2 кН

 *x*=8м *M*x=13 кН·м *Q*x= *-*4,7 кН

 *x\**=8м *M*x\*=13 кН·м *Q*x= *3,3* кН

 *x*=10м *M*x=0кН·м *Q*x= 4,4 кН

По вычисленным значениям *M* и *Q* строятся внутренние усилия для каждой простой балки (см. рис.4) и для многопролетной балки (см. рис. 3в)

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИЙ ВЛИЯНИЯ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ И ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ *M*n, **Qn** В СЕЧЕНИИ **п** МНОГОПРОЛЕТНОЙ

БАЛКИ (рис. 5)



На рис. 5, *а* приведена схема неподвижной нагрузки, необходимая для опре­деления значений реакции и внутренних усилий с помощью линий влияния, а на рис. 5,*б*- схема движения единичной вертикальной силы Р, равной 1, по балке AL, от которой строятся линии влияния Затем строим поэтажную схему (рис 5, *в*).

I. Построение линий влияния опорных реакций *R*D и *R*F.

I) Ставится единичный груз Р = 1 на балку CF. Начало системы координат (X, У)принимается по опоре Е . Абсцисса груза меняется в пределах



2) Единичный груз P + 1 переносится на банку FL. Начало местной системы координат (*X*1, Y1) принимается на опоре К. Абсцисса груза меняется в пределах



Выразим *R*D и *R*E через давление *R*F. Для этого прикладываем давление *R*F на балку *C*Fв точке F, мысленно отбросив балки АС и FL.



Итак, при движении Р = I по участку FL реакции равны:



3) Переносим единичный груз Р = 1 на балку *АС*. Начало местной системы координат (*X*2, Y2) примем на опоре *С*, абсциссу груза меняющейся в пределах





По полученным ординатам строим JIB RD и RF, (см. рис. 5, *г, д*).

**Построение линии влияния М„ и Q„ в сечении п балки AL**

* 1. Пусть единичная сила движется но балке CF левее сечения абсцисса меняется в пределах 3 м<*x*2<8 м, а реакция *R*F по закону (2). Из равновесия части балки *nF*с меньшим количеством сил относительно сечения *п* получим

 (a)

 **(б)**

Подставим значения *R*F. $\frac{P(l x)}{l}$ из (2) в формулы (а) и (б), откуда получим:



* 1. При движении единичной силы по балке АС абсцисса меняется в пределах 0<х2<6м, а реакция но закону (6):



Подставим значение *R*E в формулы (а) и (б), получим:



* 1. Поставим единичную силу Р= 1 между сечением п и *F* балки ( *CF*, абсцисса будет меняться в этом случае в пределах 2 м<*x*<3 м, а реакция *R*n по зако- ну(1): $R\_{D}=\frac{P∙x}{l}$

Из равновесия левой части пС балки CF, ввиду тою, что здесь меньше сил, получим для сечения *п*:

$M\_{n} - R\_{D}a$ $Q\_{n} R\_{D}$

4) Переносим единичный груз на балку FL. Здесь: 2 м<*x*1<6 м, a RD опреде­ляется по формуле (3): RD— $\left(\frac{Px\_{1}}{l}\right)∙\frac{2}{l}$;

Подставим значение RD этoго участка в формулы (*в*) и (*г*), получим:



По полученным значениям ординат строим линию влияния изгибающий момент *М*n и поперечной силы *Q*n, в сечении *п* балки(см. рис. 5, е, ж).

**Определени**е реакции R/h **изгибающего момента** *M*n и **поперечной** силы **Qn** в сечении **п балки AL от заданной** нагрузки, **показанной на** рис. 5, **а**

1. Вычисление величины опорной реакции RD,





По рис. 5, е определяем ординаты иод силами *Р*1 и *Р*2 на ЛВ Мn

*y*1,--1/2; y2-1/3;

ω1 − 1/2-2-1/2-1ˑ4ˑ1/2=-1,5 м2 - площадь JIB *М*n под распределенной нагрузкой *q*1

ω2 — 1ˑ2ˑ1/2+1,5ˑ3ˑ1/2-1ˑ2ˑ1/2=2,5м2 -площадь ЛВ *М*n под распределенной нагрузкой *q*2

tgα − 1/6 тангенс угла наклона ЛB *М*n в точке приложения сосредоточенного момента *m*

Мn=10 (-1/2)+9ˑ1/3+8ˑ(-1,5)+4ˑ2,5+10ˑ1/6= -2,33 кН. 3. Вычисление поперечной силы *Q*n в сечении *п*.



По рис. 5, *ж* определяем:



 площадь JIB *Q*n под распределенной нагрузкой *q*1

ω2 — 1/3ˑ2ˑ1/2-0,5ˑ3ˑ1/2+0,5ˑ3ˑ1/2-1/3ˑ2ˑ1/2=0м2 - площадь ЛВ *Q*n под распределенной нагрузкой *q*2

tgα =1/3ˑ1/6=1/18 тангенс угла наклона ЛB *Q*n в точке приложения сосредоточенного момента *m*

*Q*n=10ˑ1/6+1/9+8ˑ1/2+4ˑ0+10ˑ1/18=7,2кН

Из вычислений видно, что результаты усилий по методу плоских сечений и линиям влияния практически совпадают.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дарков А. В. Строительная механика / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошни­ков. - СПб. : Издательство Лань, 2005. - 656 с.
2. Киселёв В. А. Строительная механика / В. А. Киселёв. - М. : Стройиз- дат, 1976.- 512 с.
3. Рабинович И. М. Основы строительной механики стержневых систем И. М. Рабинович - М. : Госстройиздат, 1960. - 519 с.
4. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механи­ки /Г**.** К. Клейн, Р. Ф. Гаабасов, JI. И. Кошелев и др. - М. : Высш. шк. 1980.-318 с.
5. Снитко Н. К. Строительная механика / Н. К. Снитко. - М. : Высш. шк. 1980.- 427 с.