

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №4 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-4.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/60TVN417.pdf>

Статья опубликована 05.09.2017

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Киселев Н.Ю., Бартоломей Л.А., Караулов А.М., Краев А.Н., Цернант А.А. Применение метода Б.Н. Жемочкина для совместного расчета системы «основание – фундамент – здание» // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №4 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/60TVN417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 624.151.5**

**Киселев Никита Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень<sup>1</sup>

Ассистент кафедры «Геотехника»

E-mail: [kiselev3452@gmail.com](mailto:kiselev3452@gmail.com)

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=755961](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=755961)

**Бартоломей Леонид Адольфович**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень

Профессор кафедры «Геотехника»

Доктор технических наук

E-mail: [bartolomejla@tyuiu.ru](mailto:bartolomejla@tyuiu.ru)

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=269501](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=269501)

**Караулов Александр Михайлович**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», Россия, Новосибирск

Профессор кафедры «Геология, основания и фундаменты»

Доктор технических наук

E-mail: [karaulov@sstu.ru](mailto:karaulov@sstu.ru)

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=703507](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=703507)

**Краев Алексей Николаевич**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень

Доцент кафедры «Строительные конструкции»

Кандидат технических наук

E-mail: [kraevaln@tyuiu.ru](mailto:kraevaln@tyuiu.ru)

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=546741](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=546741)

**Цернант Александр Альфредович**

АО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства», Россия, Москва

Заместитель генерального директора

Доктор технических наук, профессор

E-mail: [kiselev3452@gmail.com](mailto:kiselev3452@gmail.com)

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=60429](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=60429)

**Применение метода Б. Н. Жемочкина  
для совместного расчета системы «основание –  
фундамент – здание»**

<sup>1</sup> 625000, Тюменская обл., г. Тюмень, ул. Володарского 38, к. 337а

**Аннотация.** В статье рассматривается метод решения задачи о совместном взаимодействии здания с упругим основанием. Рассматривается независимое решение фундамента и надземной рамы для определения обобщенных параметров их податливости, и последующий расчет системы «основание – фундамент – здание» при условии согласованности перемещений здания и упругого основания. Авторами приведен пример решения задачи и показано, что учет неравномерной деформируемости основания оказывает существенное влияние на напряженно-деформированное состояние (НДС) системы «здание – фундамент – основание».

В результате проведенных исследований авторами были сделаны выводы о том, что, во-первых, предложенный способ позволяет выполнить совместный расчет системы «здание – фундамент – грунтовое основание» в упругой постановке. Способ предполагает раздельное решение фундаментной балки и рамы с целью определения некоторых интегральных показателей их жесткости, затем последующий совместный расчет упрощенной системы «рама – фундамент и основание» с учетом ограничений, накладываемых условием совместной деформации отдельных частей.

Вторым основным результатом исследований является то, что решение практической задачи показало, что жесткость надземной части оказывает значительное влияние на НДС основания и фундаментной плиты. Справедливо и обратное утверждение, неравномерные осадки деформации основания и фундамента ведут к существенному перераспределению усилий в элементах надземной части. Таким образом, только совместный расчет зданий и оснований может считаться корректным.

**Ключевые слова:** деформируемость; плитные фундаменты; метод Б. Н. Жемочкина; рандбалка; упругое основание; осадка фундамента; расчет колонн; надземная рама

## Введение

В практике промышленного и гражданского строительства широкое распространение получили плитные фундаменты мелкого заложения, передающие нагрузки от здания по подошве плиты на грунтовое основание. Очевидными достоинствами данного типа фундаментов является простота и технологичность изготовления, надежность и долговечность конструкции, большая площадь контакта с основанием, а, следовательно, и значительная несущая способность по грунту, устойчивость к напору подземных вод и прочие другие. С другой стороны, несущие приповерхностные слои основания, как правило, характеризуются повышенной деформируемостью и невысокими прочностными качествами, что может быть причиной сверхнормативных абсолютных и относительных осадков.

Из классической механики грунтов известно, что при приложении нагрузки к гибкой плите ее центр дает осадку, в 1,24-1,57 раз большую, чем края [1]. Указанный эффект объясняется законтурной работой основания и неравномерной его жесткостью в центральной и периферийной зоне плитного фундамента. Фундамент взаимодействует с грунтовым основанием совместно с каркасом конечной жесткости, а нагрузки на фундаментную плиту передаются локально через вертикальные элементы – стены и колонны каркаса, и их величина зависит от совместной работы здания с грунтовым основанием. В общем случае здание следует рассматривать как некую сложную пространственную ферму, опертую на упругое полупространство, в которой фундаментная балка является лишь нижним поясом. Современные представления о расчете и проектировании конструктивных систем подразумевают обязательный совместный расчет системы «основание – фундамент – здание» [1, 2, 3, 4, 5]. При совместном расчете системы «основание – фундамент – здание» отчетливо проявляются негативные особенности характера работы грунтового основания как упругого

полупространства, приводящие к так называемому краевому эффекту – перегрузке крайних, а в особенности угловых, стен и колонн, основание под которыми имеет наибольшую жесткость (рис. 1).

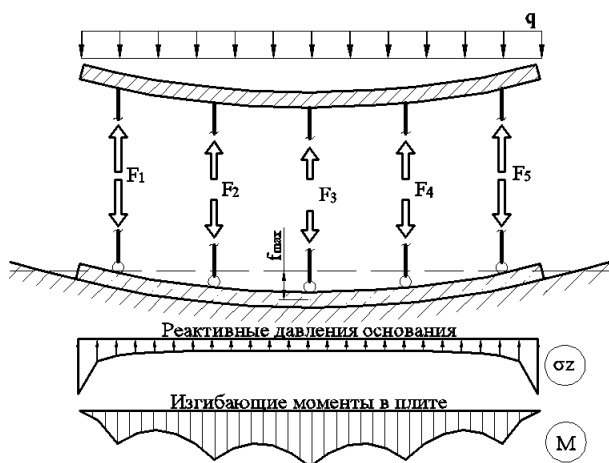


Рисунок 1. Взаимодействие здания с упругим основанием (составлено авторами)

### Основная часть

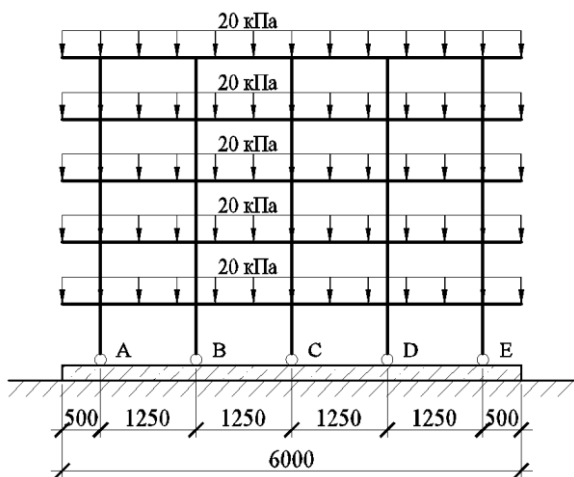


Рисунок 2. Расчетная схема задачи (составлено авторами)

Рассмотрим влияние жесткости каркаса на НДС системы «основание – фундамент – здание» на примере совместного расчета четырехпролетной рамы с фундаментной балкой на грунтовом основании (рис. 2) в условиях плоской деформации. Фундаментная балка, имеющая длину 6,0 м и толщину 0,20 м, покоится на упругом основании с модулем деформации  $E_0=14 \text{ МПа}$  и коэффициентом Пуассона  $\mu_0=0,33$ . Элементы каркаса, стойки и балки, приняты толщиной 0,05 м. Модуль упругости материала фундаментной балки и каркаса  $E_1=30000 \text{ МПа}$ , коэффициент Пуассона  $\mu_1=0,2$ .

Совместный аналитический расчет системы «основание – фундамент – здание» достаточно сложная задача. В разделе 13 и примере 22 [6] приводится описание совместного расчета несложных рам с упругим основанием методом сил. Замкнутый статически неопределимый контур рамы рассекается до статически определимого, неизвестные усилия в сечениях заменяются единичными и находятся из уравнений равенства нулю суммарных перемещений по неизвестным направлениям. Однако ввиду многообразия, сложности, а также многократной статической неопределимости конструктивных форм каркасов зданий практическое использование такого подхода ограничено.

Для аналитического расчета многократно статически неопределенной конструкции воспользуемся следующим подходом. Рассчитаем фундаментную балку и раму независимо друг от друга с целью определения некоторых интегральных показателей их жесткости, после

чего выполним совместный расчет упрощенной системы «рама – фундамент и основание» с учетом ограничений, накладываемых условием совместной деформации отдельных частей.

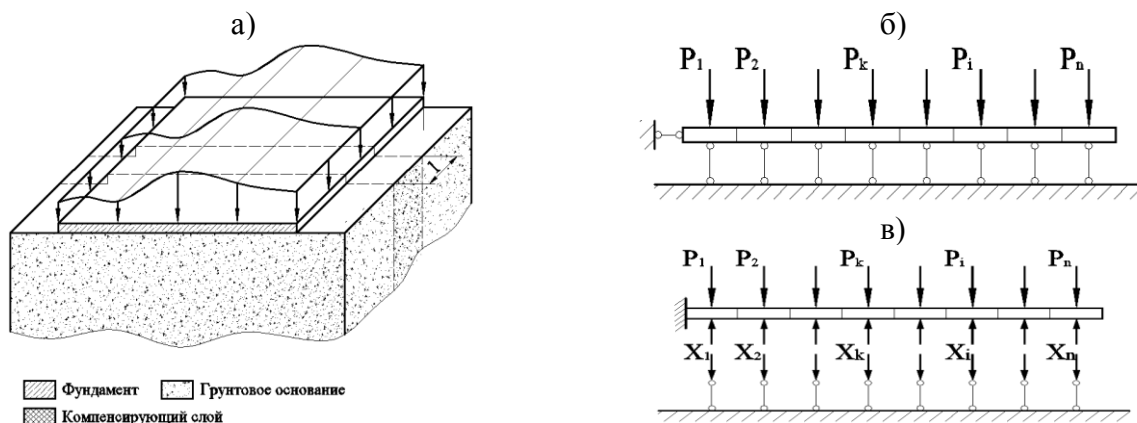
За основу аналитического решения задачи о взаимодействии балки с упругим основанием принят метод Б. Н. Жемочкина [6], в котором сочетаются инженерный подход и строгие решения теории упругости. Метод основан на замене континуальной задачи о взаимодействии фундаментной балки с грунтовым основанием, дискретной, с ограниченным числом расчетных участков в пределах балки и аппроксимации плавной кривой реактивных давлений ступенчатой с постоянным значением в пределах отдельного участка. Указанные упрощения позволяют рассчитывать разнообразные инженерные задачи о взаимодействии балок и плит в том числе со сложной геометрией с заданной степенью точности, минуя сложные дифференциальные и интегральные вычисления.

Возможности метода были в полной мере раскрыты инженерами второй половины XX века. Относительная простота и универсальность обусловили обширное его практическое применение в области строительных и геотехнических расчетов. Он был рекомендован к использованию в популярной учебной литературе по железобетонным конструкциям и фундаментостроению, исследование на его основе изменили представления о работе рандбалок и перемычек, несущих кирпичные стены, по результатам расчета методом Б. Н. Жемочкина спроектировано и возведены многие сложные объектов строительства.

В настоящее время с повсеместным распространением доступных программных комплексов для расчета задач строительной механики численными методами применимость методов на основе аналитических решений существенно уменьшилась. Однако потенциал метода до конца не исчерпан, и поэтому можно встретить примеры [7, 8] его использования для аналитического расчета задач теории упругости и верификации результатов численных расчетов.

Решение задачи основано на последующей цепи преобразований:

1. Балка разбивается на ограниченное число участков конечной длины;
2. В пределах каждого участка непрерывная связь балки и упругого основания заменяется дискретной опорой;
3. Плавная кривая реактивного давления аппроксимируется ступенчатой линией с постоянным значением отпора в пределах участков;
4. Равномерное давление отпора в пределах участка заменяется эквивалентной сосредоточенной реакцией в опоре.



**Рисунок 3.** Задачи о расчете балки с компенсирующим слоем на упругом основании: а – общая схема; б – расчетная схема метода Б. Н. Жемочкина; в – основная схема смешанного метода (составлено авторами)

Это позволяет перейти к расчетной схеме (рис. 3б) с дискретными стержнями, шарнирно соединенными с балкой и основанием. Также в схему вводится дополнительная связь в горизонтальном направлении, обеспечивающая статическую неизменяемость системы, которая, впрочем, не играет никакой роли в дальнейших расчетах.

Решить данную статически неопределимую систему возможно методами строительной механики. В [6, 9] рекомендуется применять смешанный метод. На конец балки помещается жесткая заделка, балка отделяется от основания, опоры заменяются сосредоточенными силами  $X_1, X_2, X_3 \dots$ . Основная система смешанного метода приведена на рис. 3в.

Система канонических уравнений будет состоять из  $n$  уравнений, выражающих условия равенства нулю перемещений балки и основания по направлениям  $X_1, X_2 \dots X_n$  и двух уравнений равновесия – проекций сил на вертикальную ось и моментов относительно заделки:

$$\begin{cases} X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} + \dots + X_n \delta_{1n} + a_1 \varphi_0 + y_0 + \Delta_{1p} = 0 \\ X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} + \dots + X_n \delta_{2n} + a_2 \varphi_0 + y_0 + \Delta_{2p} = 0 \\ \dots \\ X_1 \delta_{n1} + X_2 \delta_{n2} + \dots + X_n \delta_{nn} + a_n \varphi_0 + y_0 + \Delta_{np} = 0 \\ X_1 + X_2 + \dots + X_n - \Sigma P = 0 \\ X_1 a_1 + X_2 a_2 + \dots + X_n a_n - \Sigma M_p = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где:  $\delta_{ki} = y_{ki} + v_{ki}$  – суммарное перемещение основания и балки  $\delta_{ki}$  по направлению  $K$  от действия единичной силы по направлению  $I$ ;  $y_{ki}$  и  $v_{ki}$  – перемещение основания и балки в точке  $K$  от единичной силы в точке  $I$ ;  $y_0$  и  $\varphi_0$  – осадка и угол поворота заделки;  $a_k$  – расстояние от заделки до точки  $K$ ;  $\Delta_{kp}$  – прогиб балки от внешних нагрузок (рис. 4). Указанные параметры системы определяются в соответствии с методикой, приведенной в [6].

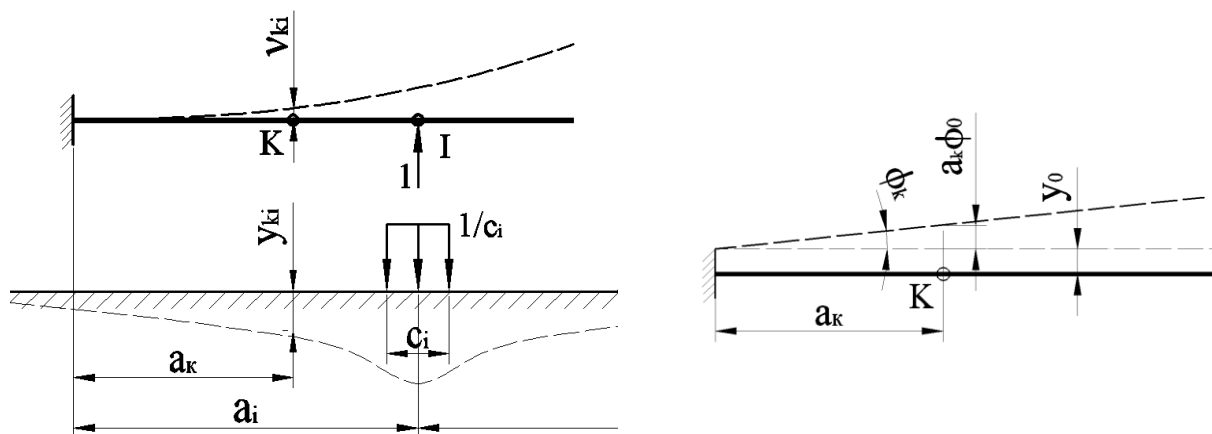
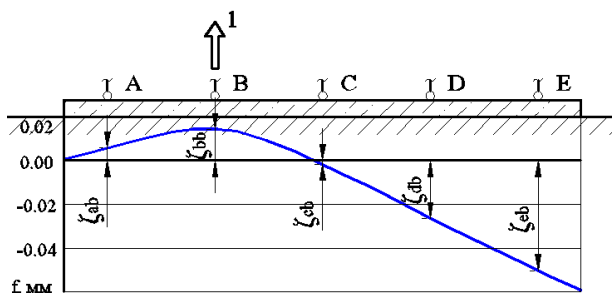


Рисунок 4. Параметры канонической системы (составлено авторами)

Неизвестными в системе являются реакции отпора грунтового основания  $X_1, X_2 \dots X_n$ , перемещение  $y_0$  и угол поворота  $\varphi_0$ . Зная их, легко определить перемещения фундаментной балки:

$$\{f_{ki}\} = [v_{ki}] \times ([X_k] + [P_k]) + \varphi_0 \cdot \{a_k\} \quad (2)$$

Последовательно прикладывая единичные силы в опорные точки фундаментной балки и решая систему (9), находим  $\zeta_{ki}$  – перемещения балки  $\zeta_{ki}$  (рис. 5). Результаты расчета  $\zeta_{ki}$  для исходных данных приведены в таблице 1.



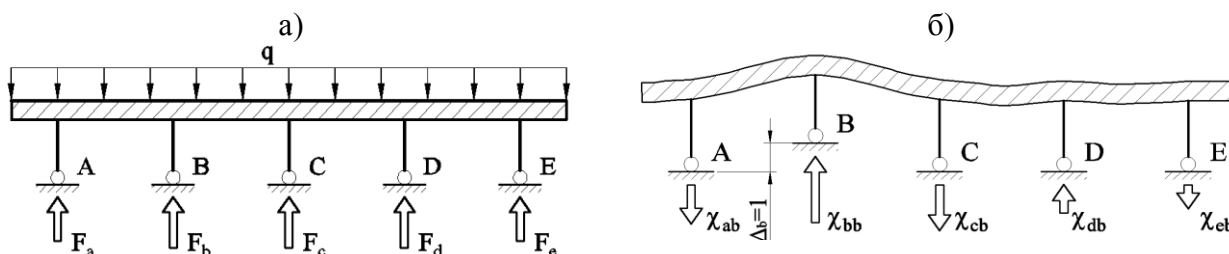
**Рисунок 5.** Перемещения балки от единичной силы в точке В

Составлено авторами

**Таблица 1**

Смещение в точке от единичной силы $\zeta_{ki}$ , мм/кН						
		Точка приложения силы I				
Перемещение в точке K, мм/кН		A	B	C	D	E
	A	-0.015	0.006	0.011	0.009	0.007
	B	-0.056	0.014	0.036	0.034	0.024
	C	-0.089	-0.001	0.050	0.058	0.048
	D	-0.112	-0.026	0.036	0.074	0.081
	E	-0.130	-0.051	0.011	0.066	0.121

Надземная конструкция может быть рассчитана по общим правилам строительной механики. В целом расчет рамы не представляет существенного интереса и может быть выполнен, например, численными методами. В раме определяются усилия в стойках  $F_k$ , когда конструкция установлена на «жестком столе» (рис. 6а), а также вертикальные реакции рамы  $\chi_{ki}$  от единичных смещений опор (рис. 6б). Результаты расчета рамы исходной рамы приведены в таблице 2.



**Рисунок 6.** К расчету рамы: а) усилия в стойках при неподвижных опорах; б) усилия в стойках при единичном смещении (составлено авторами)

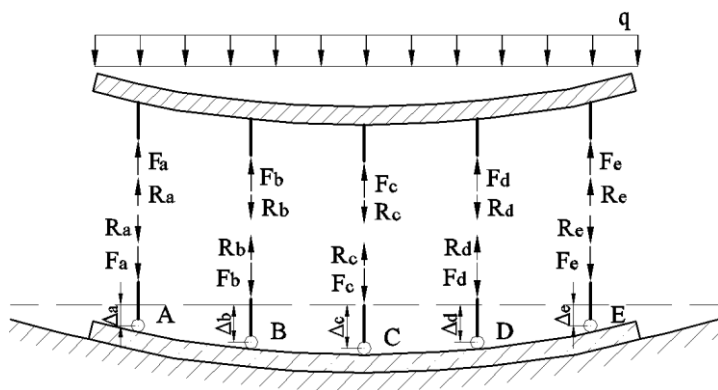
В раме определяются усилия в стойках  $F_k$ , когда конструкция установлена на «жестком столе» (рис. 2а), а также вертикальные реакции рамы  $\chi_{ki}$  от единичных смещений опор (рис. 2б). Результаты расчета рамы приведены в таблице 2.

**Таблица 2**

Реакция в опоре от нагрузки полезной нагрузки $Fki$ , кН						
$F_a$	$F_b$	$F_c$	$F_d$	$F_e$		
112.5	125	125	125	112.5		
Реакция в опоре от единичного смещения $\chi_{ki}$ , кН/мм						
Номер опоры		Точка приложения смещения				
		A	B	C	D	E
	A	39.83	-56.46	5.66	-1.25	12.22
	B	-56.46	116.31	-64.49	5.89	-1.25
	C	5.66	-64.49	117.67	-64.49	5.66
	D	-1.25	5.89	-64.49	116.31	-56.46
E	12.22	-1.25	5.66	-56.46	39.83	

Составлено авторами

При совместной работе рамы с фундаментной балкой на грунтовом основании будет наблюдаться перераспределение усилий в элементах системы. Нагрузки на основание приведут к его неравномерным осадкам, которые в свою очередь вызовут дополнительные реакции в элементах рамы.



**Рисунок 7.** Схема к расчету рамы конечной жесткости (составлено авторами)

Усилия в стойках  $N_k$  будут определяться как сумма сил от полезной нагрузки на «жестком столе»  $F_k$  и реакций в раме от смещения опор  $R_k$  (рис. 7):

$$\begin{cases} N_a = F_a + R_a \\ N_b = F_b + R_b \\ \dots \\ N_e = F_e + R_e \end{cases} \quad (3)$$

Перемещения опорных точек рамы:

$$\begin{cases} \Delta_a = \zeta_{aa} \cdot N_a + \zeta_{ab} \cdot N_b + \dots + \zeta_{ae} \cdot N_e \\ \Delta_b = \zeta_{ba} \cdot N_a + \zeta_{bb} \cdot N_b + \dots + \zeta_{be} \cdot N_e \\ \dots \\ \Delta_e = \zeta_{ea} \cdot N_a + \zeta_{eb} \cdot N_b + \dots + \zeta_{ee} \cdot N_e \end{cases} \quad (4)$$

Реакции в стойках рамы от смещения опор:

$$\begin{cases} R_a = \chi_{aa} \cdot \Delta_a + \chi_{ab} \cdot \Delta_b + \dots + \chi_{ae} \cdot \Delta_e \\ R_b = \chi_{ba} \cdot \Delta_a + \chi_{bb} \cdot \Delta_b + \dots + \chi_{be} \cdot \Delta_e \\ \dots \\ R_e = \chi_{ea} \cdot \Delta_a + \chi_{eb} \cdot \Delta_b + \dots + \chi_{ee} \cdot \Delta_e \end{cases} \quad (5)$$

Дадим матричную запись формул (2.21) – (2.23):

$$\begin{aligned} [\Delta_k] &= [\zeta_{ki}] \cdot \{N_k\}; \\ \{R_k\} &= [-\chi_{ki}] \cdot [\Delta_k] = [-\chi_{ki}] \cdot [\zeta_{ki}] \cdot \{N_k\}; \\ \{N_k\} &= \{F_k\} + \{R_k\}. \end{aligned} \quad (6)$$

Знак «-» перед  $\chi$  показывает, что реакции в раме от смещений опор будут передаваться на фундаментную балку с противоположным направлением.

После преобразований выражений (3) получим:

$$([-\chi_{ki}] \cdot [\zeta_{ki}] - E) \{N_k\} = -\{F_k\} \quad (7)$$

где  $E$  – единичная матрица.

Суммарные усилия в стойках будут равны:

$$\{N_k\} = ([\chi_{ki}] \cdot [\zeta_{ki}] + E)^{-1} \cdot \{F_k\} \quad (8)$$

Усилия в стойках расчетной рамы, найденные из выражения (8) с использованием данных из таблиц 1 и 2, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Усилия в стойках рамы, кН

$N_a$	$N_b$	$N_c$	$N_d$	$N_e$
-170.7	-83.0	-92.6	-83.0	-170.7

Составлено авторами

Полученные усилия в стойках прикладываются к балке в точки опирания и определяют неизвестные реакции давления основания, прогибы и моменты в фундаментной балке (рис. 8). Также на рис. 8 штриховой линией показаны эпюры реактивных давлений и моментов в фундаментной балке, найденные из условия «гибкого» приложения внешней нагрузки.

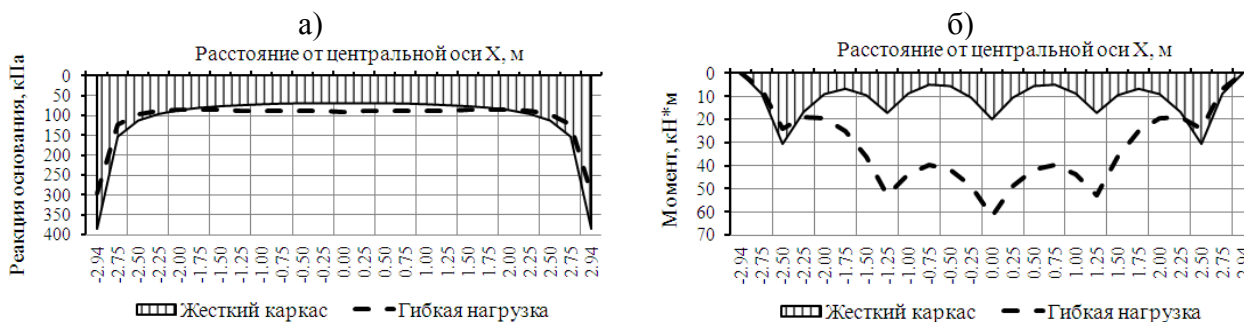


Рисунок 8. Результаты решения рамы переменной жесткости:

а) реактивное давление; б) момент в фундаментной балке (составлено авторами)

Расчетом выявлены следующие особенности взаимодействия фундаментной балки с жестким каркасом и упругим основанием:

1. Произошло значительное перераспределение усилий в колоннах каркаса. В крайних колоннах (А и Е) усилия возросли на 52 % (с 112.5 до 170.7 кН), в колоннах второго ряда (В и С) снизились на 34 % (с 125.0 до 83.0 кН), в средней колонне (С) снизились на 26 % (с 125.0 до 92.6 кН). Это является подтверждением тезиса о необходимости совместных расчетов здания и грунтового основания [2, 10]. Если рассматривать каркас, как установленным на «жесткий» стол, привычно собранные с грузовых площадей усилия не будут соответствовать реальным. В итоге это может стать причиной дефицита несущей способности крайних колонн, недостаточной прочности на продавливание фундаментной плиты под ними, а также перерасходом материала в средних колоннах.

2. Напряжения отпора грунта в краевой зоне выросли до 390 кПа против 300 кПа в случае гибкой рамы. Это в целом влияет на перераспределение усилий в фундаментной балке и развитие зон предельного состояния в основании.

3. Качественно изменились усилия в фундаментной балке: максимальный положительный изгибающий момент (растягивающий нижние волокна балки) достигает 30,8 кН\*м в консоли под точками А и Е, после чего уменьшается, в случае «гибкого» приложения нагрузки момент достигает значения 61,7 кН\*м в центре фундаментной балки.

Заключение

1. Предложенный способ позволяет выполнить совместный расчет системы «здание – фундамент – грунтовое основание» в упругой постановке. Способ предполагает раздельное решение фундаментной балки и рамы с целью определения некоторых интегральных показателей их жесткости, затем последующий совместный расчет упрощенной системы «рама



– фундамент и основание» с учетом ограничений, накладываемых условием совместной деформации отдельных частей.

2. Решение практической задачи показало, что жесткость надземной части оказывает значительное влияние на НДС основания и фундаментной плиты. Справедливо и обратное утверждение, неравномерные осадки деформации основания и фундамента ведут к существенному перераспределению усилий в элементах надземной части. Таким образом, только совместный расчет зданий и оснований может считаться корректным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов-Посадов М. И., Маликова Т. А., Соломин В. И. Расчет конструкций на упругом основании. – М.: Стройиздат, 1984. – 679 с.
2. Улицкий В. М., Шашкин А. Г., Шашкин К. Г., Шашкин В. А. Основы совместных расчетов зданий и оснований. – СПб.: Издательство института «Геореконструкция», 2014. – 328 с.
3. Городецкий А. С. [и др.] Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. – Киев: ФАКТ, 2004 – 105 с.
4. Петрухин В. П., Шулятьев О. А., Мозгачева О. А. Новые способы геотехнического проектирования и строительства. – М.: Издательство АСВ, 2015. – 224 с.
5. Шулятьев О. А. Фундаменты высотных зданий // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2014. – №5. – С. 203-245.
6. Жемочкин Б. Н., Сеницин А. П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании. – М.: Госстройиздат, 1962. – 239 с.
7. Дмитриева К. В. Расчет жесткой стенки в упругой весомой полуплоскости // Наука и техника. – 2016. – №6. – Т.15. – С. 493-503. [DOI: 10.21122/2227-1031-2016-15-6-493-503].
8. Bosakov S. V. Application of B. N. Zhemochkin's Method to Analysis of a Bendable Slab on an Elastic Bed // Soil Mechanics and Foundation Engineering – 2003. – Vol. 40, Issue 2 – Pp. 48-54. [DOI: 10.1023/A:1024484001627].
9. Самоохлаждающиеся системы оснований и фундаментов на вечной мерзлоте // Пассек В. В., Цернант А. А., Величко В. П., Дубинин В. Г., Палавошев И. Н. / Путь и путевое хозяйство. 2014. № 2. С. 9-14.
10. Инновационные технологии управления температурой грунтовых массивов транспортных сооружений в арктических широтах // Цернант А. А. / Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 3 (170). С. 26-31.

**Kiselev Nikita Yurievich**

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen  
E-mail: [kiselev3452@gmail.com](mailto:kiselev3452@gmail.com)

**Bartholomew Leonid Adolfovich**

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen  
E-mail: [bartolomejla@tyuiu.ru](mailto:bartolomejla@tyuiu.ru)

**Karaulov Alexander Mikhailovich**

Siberian state transport university, Russia, Novosibirsk  
E-mail: [karaulov@sstu.ru](mailto:karaulov@sstu.ru)

**Kraev Alexey Nikolaevich**

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen  
E-mail: [kraevaln@tyuiu.ru](mailto:kraevaln@tyuiu.ru)

**Cernant Alexander Alfredovich**

Scientific research institute of transport construction, Russia, Moscow  
E-mail: [kiselev3452@gmail.com](mailto:kiselev3452@gmail.com)

## **Application of the B. N. Zhemochkin method for joint calculation of the "foundation- building" system**

**Abstract.** The method of solving the problem of joint interaction of a building with an elastic foundation is considered in the article. An independent solution of the foundation and above-ground frame is considered to determine the generalized parameters of their compliance, and the subsequent calculation of the "foundation-foundation-building" system, provided that the movements of the building and the elastic foundation are coordinated. The authors give an example of the solution of the problem and show that taking into account the uneven deformability of the base has a significant effect on the stress-strain state (VAT) of the "building-foundation-foundation" system.

As a result of the research carried out by the authors, it was concluded that firstly, the proposed method makes it possible to perform a joint calculation of the "building-foundation-ground foundation" system in an elastic setting. The method assumes a separate solution of the foundation beam and the frame in order to determine some integral parameters of their rigidity, then the subsequent joint calculation of the simplified system "frame-foundation and base", taking into account the constraints imposed by the condition of joint deformation of individual parts.

The second main result of the research is that the solution of the practical problem showed that the rigidity of the above-ground part has a significant effect on the VAT of the base and foundation plate. Conversely, the opposite is true, the uneven sediments of deformation of the base and foundation lead to a significant redistribution of forces in the elements of the above-ground part. Thus, only the joint calculation of buildings and grounds can be considered correct.

**Keywords:** deformability; plate foundations; the B. N. Zhemochkin method; randbalka; elastic foundation; foundation sediment; calculation of columns; aboveground frame