

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА  
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)  
АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)  
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)  
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

Электронный сборник статей  
международной научной конференции,  
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией  
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;  
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2018

*Редакционная коллегия:*

А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),  
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,  
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ** [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

УДК 69.036

## ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С ПОДЗЕМНЫМИ ЭТАЖАМИ

*Е. Генина, Ю. Рыбаков*

Ариэльский университет, Израиль

email: evgenyag@ariel.ac.il, ribakov@ariel.ac.il

*В настоящее время большинство зданий проектируются в соответствии с требованиями эксплуатации. Условия строительства обычно не учитываются при проектировании. Однако условия возведения и методы производства работ влияют на конструктивную схему и нагрузки элементов здания, и должны быть приняты во внимание на стадии проектирования. Авторы предлагают новый подход к проектированию и строительству многоэтажных зданий, основанный на проектировании несущих элементов как в стадии строительства, так и в стадии эксплуатации здания в течение его срока службы. Настоящая работа посвящена реальному проекту такого здания, которое было построено в стесненных условиях строительной площадки.*

*Ключевые слова: расчет и проектирование железобетонных элементов, варианты загрузки, внутренние усилия, расчетные схемы.*

## EFFECT OF CONSTRUCTION WORKS' METHODS ON STRUCTURAL DESIGN OF MULTISTORY BUILDING WITH BASEMENTS

*E Genin, Y. Ribakov*

Ariel University, Israel

email: evgenyag@ariel.ac.il, ribakov@ariel.ac.il

*Presently most of buildings are constructed according to design solutions that are kept before the construction is started and require further updatiry up to final stage of construction. The construction works conditions are usually not considered in the design. However, these conditions affect the design and should be taken into account. The authors propose a new approach to design and construction of multistory buildings that is based on design of structural elements at construction and using the building during its lifetime. The present paper is focused on a real project of such building that was constructed in restricted construction site condition. The study presents the effect of construction works' method on structural solutions suitable for reinforced concrete elements (RC*

*Keywords: RC elements design, loading condition, internal forces, design schemes, constructions works method.*

В настоящее время строительство новых зданий в условиях городской застройки ведется в весьма стесненных условиях. Строительные площадки окружены существующими многоэтажными зданиями. Подземные коммуникации проходят как по самой территории, отведенной под застройку, так и в непосредственной близости от ее границ. Кроме того,

строительство ведется рядом с оживленными городскими магистралями, которые невозможно перекрыть даже в ночное время.

Как правило, здания проектируются в расчете на традиционные методы строительства. При расчете и проектировании железобетонных несущих конструкций учитываются нагрузки в стадии эксплуатации, применяются сборные или монолитные перекрытия по неразрезным балкам, опертые на монолитные стены и колонны. Подземная часть здания проектируется с опорой на железобетонное шпунтовое ограждение по всему периметру участка, отведенного под застройку и внутренние колонны. Железобетонная рампа, опирающаяся на колонны и стены, спускается в подвальные этажи здания.

Однако при строительстве 10-ти этажного офисного здания с 4 подземными этажами в Тель Авиве стесненные условия строительства диктовали использование нестандартных решений при возведении здания. Невозможно было откопать котлован сразу на всю глубину по всей площади участка для подвальных этажей подземной стоянки. Из-за проходящей рядом линии электропередач и соседних зданий, было невозможно установить башенный кран. Улица с оживленным движением по фасаду здания не позволяла разместить грузовики и автомобильный кран вне пределов стройплощадки (рис. 1).

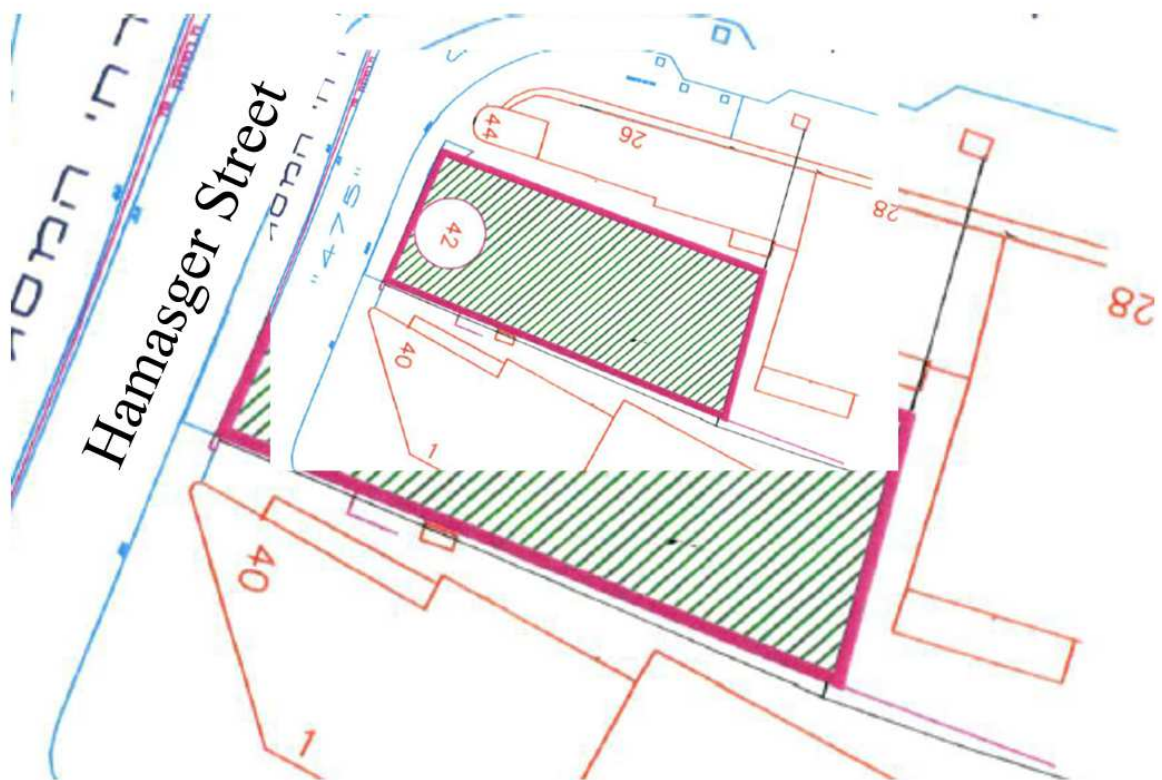


Рисунок 1. – Схема расположения здания

Соседнее здание (40) имело подвал такой же глубины, поэтому железобетонная стена подвала была запроектирована на плитных фундаментах. Фундаменты внутренних колонн и стен также плитные. Со стороны улицы Hamasger и двух соседних зданий (44, 26, 28) запроектировано шпунтовое ограждение из буронабивных железобетонных свай (рис. 2).

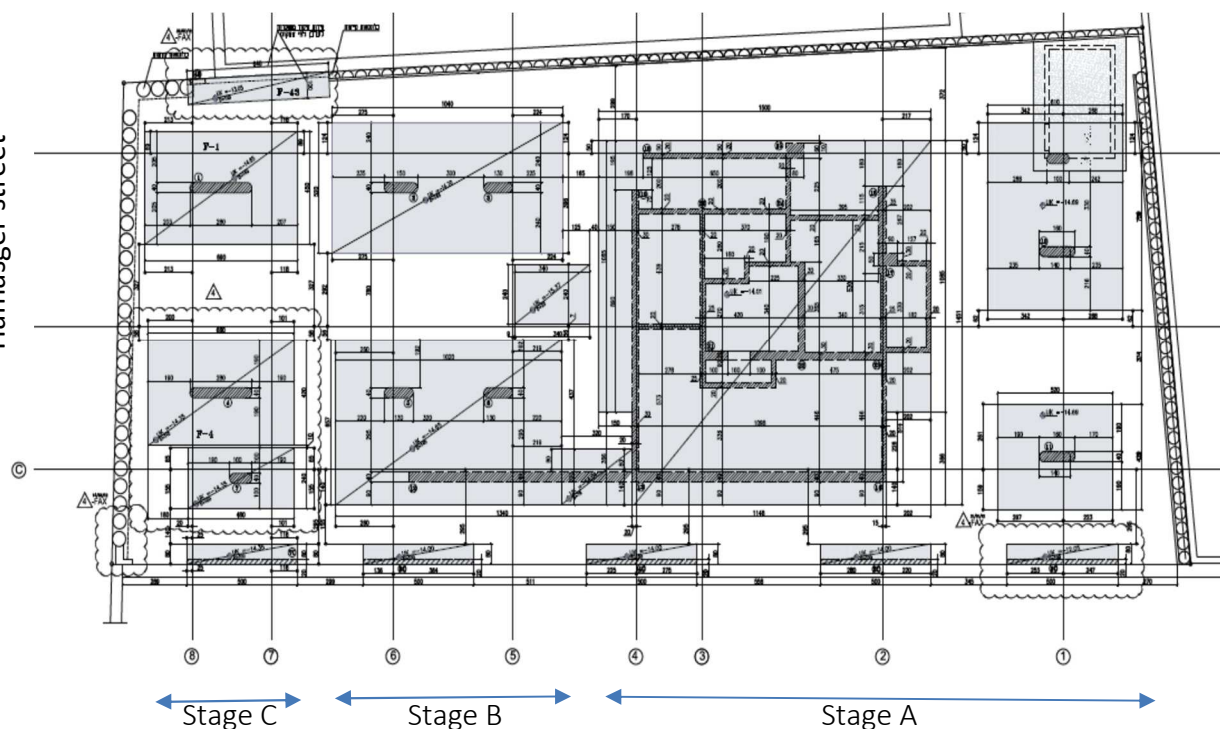


Рисунок 2. – План фундаментов здания. Отметка подошвы –14.70 м

Устройство шпунта из железобетонных свай не представляло проблем, но выполнить разработку котлована на глубину более 14 м по всей площади участка не представлялось возможным. Поэтому производство работ велось по участкам. На первой стадии строительства (Stage A) были выполнены земляные работы и возведены фундаменты под крайние колонны дворового фасада и несущие железобетонные стены центральной части здания. Параллельно с бетонными работами в подземной части здания (Stage A), велась разработка грунта под фундаменты колонн в центральной части здания (Stage B). То есть возведение монолитного 10 этажного здания с четырьмя подвальными этажами велось последовательно на трех участках. Ко времени окончания бетонирования перекрытия над подвалом в части А, на втором участке В еще не приступили к бетонированию фундаментов, а в третьей части С еще не приступили к земляным работам.

Монолитное железобетонное здание оказалось разрезанным на три части. Окончание земляных работ в части С не представлялось возможным до бетонирования ramпы, с которой можно было бы заканчивать разработку котлована и параллельно бетонировать фундаменты, колонны и перекрытия подвала в зоне С. Ramпа должна была служить мостом, опирающимся на шпунтовую наружную стену подвала, колонны и стены забетонированной части здания.

Таким образом расчетная схема и нагрузки на ramпу в стадии эксплуатации существенно отличались от расчетной схемы и нагрузок в стадии строительства. В стадии эксплуатации на балки ramпы передавались сосредоточенные нагрузки от колонн надземной части здания и равномерно распределенные собственный вес, дополнительная нагрузка от перекрытия и временная подвижная нагрузка. В стадии строительства действовала нагрузка от мобильного крана или бетононасоса с бетоновозом. Пролеты ramпы в стадии строительства были значительно больше, чем в стадии эксплуатации (рис. 3).

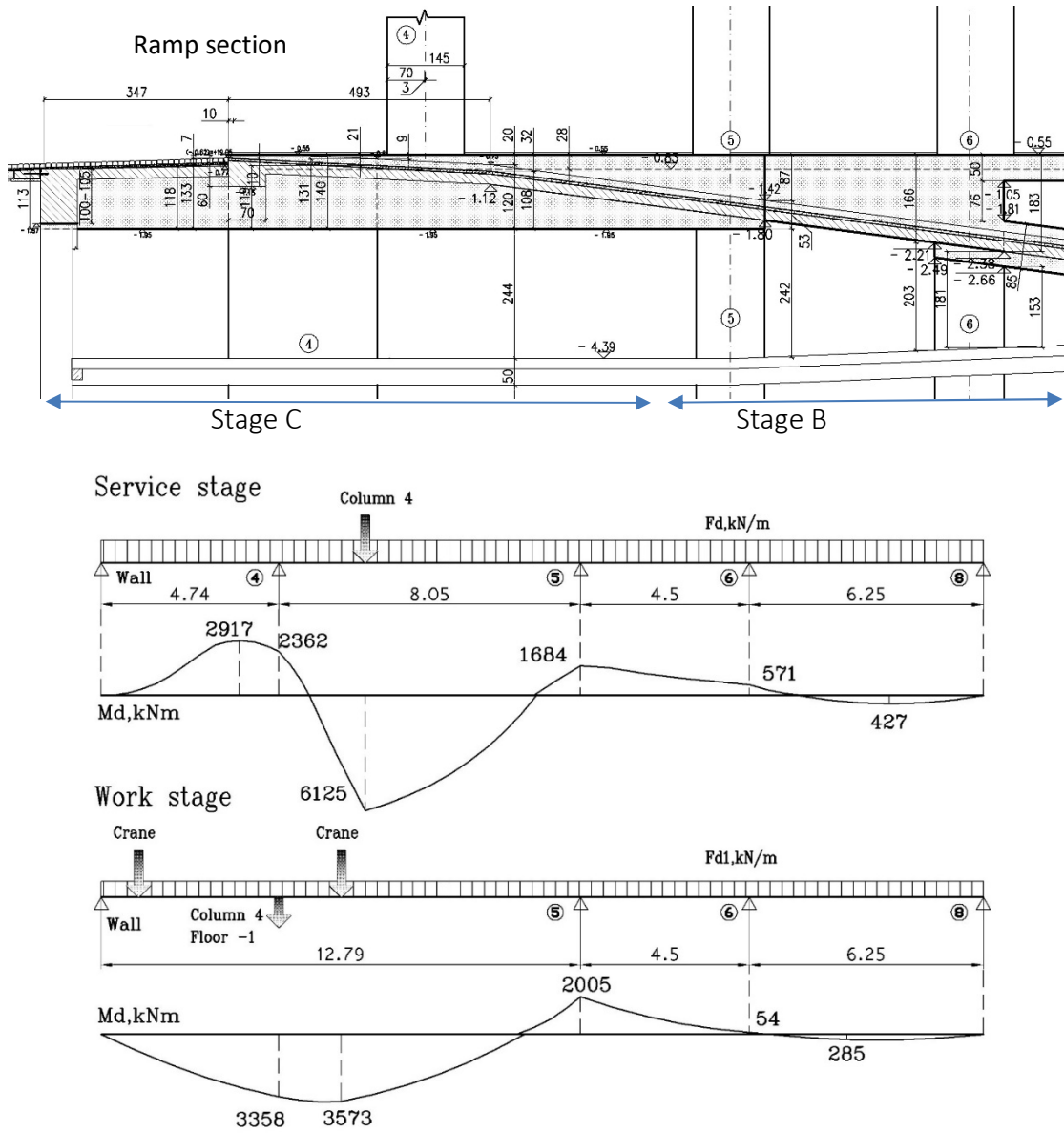


Рисунок 3. – Продольный разрез рампы, статические схемы и эпюры моментов в стадии эксплуатации и при производстве работ

Распределение расчетных изгибающих моментов различны в двух рассматриваемых стадиях. Например, в пролете между стеной подвала и колонной 4 в стадии эксплуатации положительный момент отсутствует, растянуто верхнее волокно балки. Но в стадии строительства присутствует значительный положительный момент. Что и учитывалось при проектировании сечений балки, деталей армирования (рис. 4).

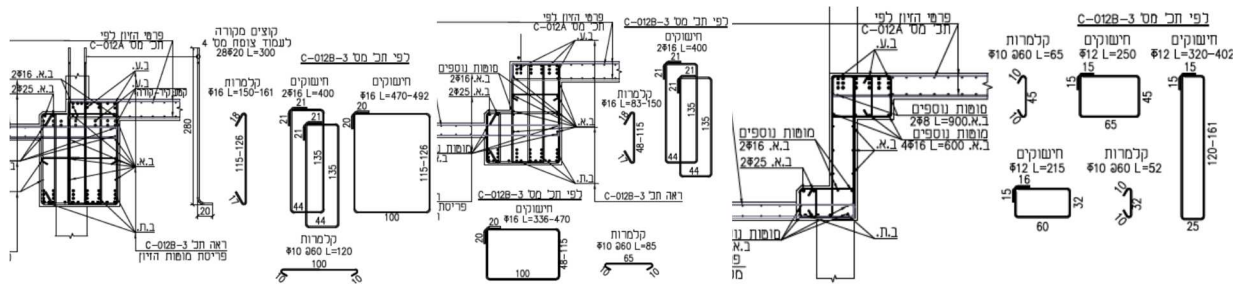


Рисунок 4. – Изменение размеров, формы и армирования сечений несущей балки рампы



Подробный расчет и детальное проектирование сечений рампы с учетом всех вариантов загрузки позволил обеспечить непрерывное возведение здания в очень сложных условиях. Например, одновременно велись земляные работы, устройство фундаментов в зоне С и бетонирование монолитных колонн, балок и перекрытий надземной части здания в зонах А и В (рис. 5).



**Рисунок 5. – Земляные работы в зоне С. Мобильный кран установлен на рампе. Колонна 4 забетонирована в пределах верхнего этажа подвала, для нижних этажей оставлены выпуски арматуры. На переднем плане – выпуски арматуры перекрытия**

Производство железобетонных работ по участкам требует устройства вертикальных рабочих швов в несущих элементах. Изменяются расчетные схемы, нагрузки и значения внутренних усилий. Кроме того, в стадии бетонирования перекрытий на готовое перекрытие нижнего этажа опираются стойки опалубки верхнего этажа. Вся нагрузка от веса самой опалубки, бетонной смеси, рабочих, инструмента и оборудования передается на нижнее перекрытие. Сопоставление моментов в одной из балок в стадиях эксплуатации и бетонных работ представлено на рисунке 6. Превышение изгибающих моментов в стадии строительства над расчетными достигает 20%.





Возведение здания в несколько этапов требует особого контроля качества, пристального внимания конструктора на каждом этапе. Возможны ошибки в размерах, в размещении арматуры, плохой очистке и подготовке бетонных поверхностей в области рабочего шва, недостаточная длина выпусков арматуры (рис. 8).



**Рисунок 8. – Недостаточная длина арматуры.  
Плохая очистка и подготовка бетонных поверхностей в области рабочего шва**

Постоянный контроль качества работ позволяет выявить брак и разработать рекомендации по его устранению. При необходимости дополнить арматурный каркас, зачистить и заделать пустоты с помощью раствора на расширяющемся цементе. Например, при обнаружении трещины в области опирания балки рампы на железобетонную стену, было предложено выполнить усиление этого узла с помощью уширения зоны опирания балки на железобетонную стену (рис. 9).



**Рисунок 9. – Трещины в области опирания балки рампы  
на железобетонную стену и деталь усиления**

**Выводы.**

1. Способы производства работ при возведении здания влияют на его конструктивное решение. Расчетные схемы несущих конструкций отличаются в стадиях эксплуатации и

строительства. Могут изменяться размеры пролетов изгибаемых элементов, условия опирания. Возможно бетонирование в несколько этапов, что так же влияет на расчетную схему элемента.

2. Наружки на несущие конструкции в стадии строительства отличны от расчетных нагрузок в стадии эксплуатации. Это касается в первую очередь железобетонных монолитных перекрытий. В большинстве случаев опоры опалубки верхнего этажа стоят на нижнем перекрытии. Они передают вес опалубки, бетонной смеси, рабочих и оборудования на железобетонное перекрытие нижнего этажа.

3. Эпюры внутренних усилий в железобетонных несущих элементах различны в стадиях строительства и эксплуатации. Возможны случаи, когда в стадии строительства значения расчетных моментов и поперечных сил превышают аналогичные параметры в стадии эксплуатации.

4. При расчете несущих железобетонных элементов необходимо учитывать способы возведения здания и проектировать несущие элементы, их сечения и армирование с учетом всех возможных стадий их нагружения.

5. Постоянный контроль качества производства работ конструктором позволяет выявить имеющиеся недостатки и разработать способы их устранения.