

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра строительных конструкций, оснований и фундаментов  
имени профессора Ю. М. Борисова

**ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ  
ВСТРОЕННОГО ЭТАЖА ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ  
И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению курсового проекта  
и подготовке к практическим занятиям  
для студентов направления  
08.04.01 «Строительство»  
всех форм обучения

Воронеж 2022

УДК 624:69.059.35.001.63(07)  
ББК 38.683я7

**Составители:** канд. техн. наук, доц. А. Э. Поликутин,  
канд. техн. наук, доц. Д. В. Панфилов,  
канд. техн. наук, доц. О. Е. Перекальский,  
ст. преподаватель К. В. Макарычев,  
ассистент А. В. Левченко,  
ассистент П. А. Зябухин

**Порядок проектирования конструкций встроенного этажа при обследовании и реконструкции зданий и сооружений:** методические указания к выполнению курсового проекта и подготовке к практическим занятиям для студентов направления 08.04.01 «Строительство» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. Э. Поликутин [и др.]. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. 10 с.

В методических указаниях приведены порядок и последовательность компоновки и расчета конструкций встроенного этажа в здании, а также чертежей конструкций.

Предназначены для студентов направления 08.04.01 «Строительство» всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_Реконструкция.pdf.

Библиогр.: 3 назв.

**УДК 624:69.059.35(07)**  
**ББК 38.683я7**

**Рецензент** – Н. Г. Назаренко, доц. кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов имени профессора Ю. М. Борисова ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технологического университета*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Данные методические указания предназначены для оказания помощи на практических занятиях, а также при выполнении курсового и дипломного проектирования в разделах, посвящённых проектированию железобетонных конструкций встроенного этажа при реконструкции зданий и сооружений различного назначения.

При подготовке к проектированию железобетонных конструкций встроенного этажа зданий и сооружений полезным будет изучение литературы [1...3].

### **1. КОМПОНОВКА КОНСТРУКЦИЙ ВСТРОЕННОГО ЭТАЖА**

Согласно выданному преподавателем заданию (допускается выбор задания студентом самостоятельно при условии согласования его с преподавателем) в существующее здание или сооружение (далее по тексту - здание) необходимо разработать конструкции дополнительного встроенного этажа для увеличения общей площади здания. Как правило, в качестве задания принимается существующее здание промышленного назначения. Характерными чертами такого здания является наличие несущих вертикальных конструкций (колонн) только по периметру здания (или также по дополнительным продольным пролетам здания), то есть конструктивная схема здания представляет собой набор одноэтажных поперечных рам (одно или много пролетных) с пролетами 18-36 м, высотой от 7.2 м до 14.4 м и с покрытиями в виде ферм или двускатных балок. Таким образом, существующее здание обладает достаточно большим свободным (от несущих конструкций) внутренним объемом, позволяющим устройство дополнительного этажа посередине внутренней высоты здания. Предполагается, что в данном существующем здании меняется технологический процесс или меняется функциональное назначение здания и, таким образом, большой свободный объем здания больше не требуется (который требовался при предыдущем техпроцессе или функционале). Следовательно, в целях повышения рентабельности здания, проводится его реконструкция, направленная на увеличение его общей площади путем встройки дополнительного этажа.

Для обеспечения возможности устройства нового перекрытия внутри существующего здания необходимо обеспечить дополнительное внутреннее перекрытие новыми (вновь проектируемыми) несущими вертикальными конструкциями. Принимаем, что новое перекрытие, по ряду причин, не должно опираться на существующие несущие вертикальные конструкции (колонны и стены). При этом, новое перекрытие должно занимать всю внутреннюю площадь здания, то есть периметр плиты перекрытия нового этажа должен быть равен внутреннему периметру здания.

Таким образом, на первом этапе реконструкции, необходимо выполнить компоновку конструкций дополнительного внутреннего перекрытия, то есть расстановку новых вертикальных несущих конструкций. Основными такими

конструкциями являются колонны. Для обеспечения возможности подъема на дополнительный этаж необходимо предусмотреть две рассредоточенные лестницы, стены которой являются также и несущими вертикальными элементами новой плиты перекрытия (и в местах расположения стен новые колонны располагать не следует). Шаг, места расположения (по «старым» осям здания или по новым), регулярность расположения новых колонн студент принимает самостоятельно (консультируясь и согласовывая компоновку с преподавателем). Следует помнить, что не следует принимать слишком маленький основной шаг колонн (меньше 5м), а также слишком большой (более 9м). Однако, допускается принимать шаг колонн более 9м, но тогда при условии опирания плиты не на колонны, а на дополнительные балки перекрытия. При «стандартном» шаге колонн (5-9м) рекомендуется принимать безбалочную плиту перекрытия нового этажа. Также, при расстановке колонн, не следует допускать консолей новой плиты перекрытия с длиной более, чем 2 м (в противном случае также необходимо применение дополнительных поддерживающих консоли балок).

Все конструкции для нового встраиваемого этажа здания принимаются монолитными железобетонными. Класс бетона назначается студентом самостоятельно.

Поскольку проектирование ведется из монолитного железобетона, то допускается (практически любая) нерегулярность новых колонн (например, смещение новых колонн по наружным осям здания относительно новых осей вблизи существующих колонн, у торцевых стен здания и т.п.). Также следует отметить, что располагать новые колонны вплотную к существующим колоннам нельзя ввиду наличия как у существующих, так и у новых колонн собственных фундаментов. Следует принять минимально возможное «сближение» новых и существующих колонн (из-за фундаментов), равное 2м.

Предполагается, что на первый этаж здания необходим заезд транспортных средств. Следовательно, необходимо предусмотреть (в местах – на усмотрение студента, но рассредоточено и по продольным стенам здания) въездные ворота, шириной 4.5 м.

Предварительно можно задаться колоннами сечением 400х400 мм, толщиной стен (лестничных клеток) 160 мм, толщиной безбалочной плиты перекрытия 200 мм (в случае применения балочной плиты толщина плиты и сечения балок назначаются в каждом конкретном случае отдельно).

## **2. РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ВСТРОЕННОГО ЭТАЖА**

После выполнения компоновки несущих конструкций нового встраиваемого этажа (и после согласования с преподавателем) необходимо создать расчетную схему нового перекрытия (совместно с новыми колоннами и стенами)

в любом (на усмотрение студента) программном комплексе численного расчета. Как правило, применяются программные комплексы, выполняющие расчет методом конечных элементов.

## 2.1. Создание расчетной схемы

В случае использования расчетного программного комплекса на основе метода конечного элемента рекомендуется использовать следующие типы конечных элементов, моделирующие несущие конструкции:

- для колонн применяются КЭ (конечные элементы) универсальные пространственные стержни длиной (высотой), равной высоте новых колонн;
- для стен лестничных клеток и плиты перекрытия применяются пластинчатые КЭ оболочек. При этом как стены, так и плиты разбиваются (триангулируются) на множество пластинчатых КЭ. Как правило, в пролете (между опорами) конструкции должно быть не менее пяти КЭ и размер КЭ пластин должен быть в пределах 0.3-0.6 м (приблизительно 2-3 толщины элемента).

Все конструкции в расчетной схеме, то есть все КЭ должны быть соединены между собой через узлы КЭ, то есть две конструкции, имеющие между собой связь (стыковку, опору и т.п.) в конечно элементной модели должны иметь общий узел.

На нижние узлы КЭ колонн и стен допускается наложение всех связей (по всем направлениям). Также допускается фактическое моделирование фундамента (его подошвы) пластинчатыми КЭ (при этом необходимо задание геологических условий и использование расчетных методов выбранного программного комплекса для определения «коэффициентов постели» под подошвой фундаментов).

В местах сопряжения колонн с безбалочной плитой желательно использовать специальное моделирование указанного сопряжения, обеспечивающее исключение подбора арматуры по «пиковым» моментам (по осям колонн).

В случае использования балочных плит, необходимо моделировать балку так, чтобы её ось в конечно элементной модели не совпадала с осью КЭ плиты, а была смещена вниз на расстояние, равное расстоянию между центрами тяжести фактических конструкций. Балка моделируется универсальным пространственным стержневым КЭ и по своей длине разбивается на отдельные КЭ длиной, равной длине КЭ пластин плиты. При этом соединение в расчетной схеме КЭ стержней балок и КЭ пластин плиты обеспечивается путем дополнительных вертикальных (нерасчетных) стержней с жесткими вставками по всей их длине.

При создании конечно элементной модели необходимо контролировать правильное направления осей КЭ, а также в пластинчатых КЭ необходимо обеспечить согласование местных осей для выдачи результатов.

## 2.2. Жесткости конструкций

После создания геометрии расчетной схемы необходимо создать и задать каждому КЭ модели жесткости.

Для стержневых КЭ (колонны, балки) используется тип жесткости «Брус». Основными параметрами являются: модуль упругости бетона, ширина и высота сечения элемента и объемный вес железобетона (2.5 т/м<sup>3</sup>).

Для пластинчатых КЭ (стены, плита) используется тип жесткости «Пластины». Основными параметрами являются: модуль упругости бетона, коэффициент Пуассона бетона (0.2), толщина (высота сечения) элемента и объемный вес железобетона.

Модуль упругости бетона следует определять по принятому классу бетона на осевое сжатие с учетом п. 6.1.15 [1].

## 2.3. Нагрузки

Ввиду расчета встроенных в существующее здание несущих конструкций нового этажа, атмосферные воздействия и нагрузки (например, ветровые, снеговые...) не учитываются (они воспринимаются существующими конструкциями здания).

В качестве нагрузок в расчетной схеме нового встроенного этаже следует использовать: собственный вес конструкций, вес пола конструкции перекрытия нового этажа, вес условных перегородок на перекрытие нового этажа (допускается принять 50-100 кг/м<sup>2</sup>) и временную нагрузку на перекрытие нового этажа. Значение временной нагрузки следует принять по [2] в зависимости от функционального назначения второго этажа здания (торговое, производственное, офисное).

С целью определения максимальных усилий, перемещений и армирования конструкций необходимо рассматривать различные сочетания загрузки временной нагрузкой.

## 2.4. Материалы

Для обеспечения возможности автоматизированного расчета арматуры конструкций на каждый рассчитываемый КЭ необходимо «наложить» следующие «материалы»:

– «Арматура» (для продольных стержней применять арматуру классов А400, А500; для поперечной арматуры А240);

– «Бетон» (класс бетона назначается студентом. При этом, следует обратить внимание, что для стержневых сжатых элементов необходимо задать значения случайных эксцентриситетов согласно п. 8.1.7 [1]);

– «Тип конструкции» (для стержневых сжатых КЭ (колонны) следует обратить особое внимание на расчетную длину элемента и назначить симметрич-

ное армирование, для пластинчатых КЭ – на минимальный процент армирования согласно п. 10.3.6 [1] и на значения защитного слоя бетона).

### **3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА**

После задания значений всех параметров расчетной схемы несущих конструкций нового перекрытия необходимо выполнить автоматизированный расчет усилий, перемещений и армирования железобетонных конструкций.

В результате расчета необходимо контролировать ошибки расчета, в первую очередь отраженные в протоколе расчете. При появлении ошибок (например, «Геометрически изменяемая система» и др.) необходимо отредактировать расчетную схему в соответствии с текстом ошибки. Самой распространенной ошибкой является дублирование узлов с одинаковыми координатами разных КЭ в местах их сопряжения, что устраняется путем запуска инструмента «Упаковка схемы».

Также после расчета необходимо проверить на правильность (адекватность) перемещения и усилия. Например, если плита опирается на колонну, то в месте сопряжения плиты с колонной не может быть прогиба у плиты или в пролете плиты не прогиб, а выгиб. Или, растянутая зона плиты перекрытия (определяется расположением изгибающего момента или его знаком) в пролете должна быть по нижней грани плиты, а на опоре – по верхней грани (а никак не наоборот).

После этого, необходимо установить численные значения прогибов плиты в разных пролетах и сравнить их значения с предельно допустимыми по [2].

### **4. КОНСТРУИРОВАНИЕ АРМАТУРЫ**

В результате расчета армирования железобетонных несущих конструкций нового перекрытия необходимо определить требуемое количество расчетной и конструктивной (программой может не разделяться) арматуры.

Для колонн устанавливается требуемое расчетное значение продольной и поперечной арматуры. Как правило, для данной задачи требуются только угловые (по поперечному сечению, одинаковые для каждой колонны) продольные стержни и в редких случаях дополнительные стержни по граням сечения.

Для плиты перекрытия необходимо установить требуемое количество продольной арматуры четырех слоев: по нижней грани плиты вдоль и поперек здания и по верхней грани также вдоль и поперек здания. Плита по всей площади армируется по верхней и по нижней граням в двух направлениях по минимальному содержанию арматуры. Там, где требуется большее армирование (в пролетах плиты по нижней грани и на опорах плиты по верхней грани) необходимо дополнительное армирование. Программа, как правило, выдает общее (суммарное) количество требуемой арматуры. Таким образом, задавшись минимальным армированием всей площади плиты, в тех зонах плиты, где требу-

ется больше арматуры, необходимо предусмотреть дополнительное армирование на разницу требуемого максимального армирования и уже принятого минимального. При этом необходимо помнить про обеспечение анкеровки арматуры в бетоне (с целью исключения её продергивания) за точку теоретического обрыва арматуры. То есть, там, где согласно мозаикам армирования, уже не требуется дополнительная арматура необходимо арматурные стержни дополнительного армирования продлить по своей длине для обеспечения их анкеровки в бетоне (согласно п. 10.3.21-10.3.25 [1]). Анкеровка дополнительной арматуры как правило выполняется в обе стороны стержня.

Расчет и конструирование плиты перекрытия (при опирании её на колонну) на продавливание необходимо выполнить вручную или также программными средствами. При недостаточности плиты на продавливание, необходимо использовать поперечное армирование (согласно п. 8.1.46-8.1.52 [1]) или предусмотреть капители колонн. Толщина (суммарная с плитой) и длина (вылет от грани колонны) капителей также определяется расчетом на продавливание (без учета поперечной арматуры) по грани колонны и по грани «окончания» капители. В случае устройства капителей необходимо исправить расчетную схему, предусмотрев капители колонн в конечно элементной модели пересчитать схему. Капители колонн также (как и плита) моделируются пластинчатыми КЭ, но смещенными вниз на расстояние между серединами высот капители (утолщенной части плиты) и плиты. На КЭ капители назначаются свои жесткостные характеристики (отличающиеся от плитных КЭ толщиной). Соединение (сопряжение) КЭ капители и КЭ плиты производится через жесткие вставки.

## **5. ЧЕРТЕЖИ КОНСТРУКЦИЙ**

По результатам расчета и конструирования несущих железобетонных конструкций нового перекрытия здания необходимо разработать рабочие чертежи. В состав рабочих чертежей включаются: опалубочные чертежи, чертежи по армированию, ведомости элементов и спецификации (на арматуру и бетон) по типам конструкций.

Как правило, самое большое количество чертежей отводится на плиту перекрытия, по армированию которой приводятся чертежи основной арматуры всех направлений и дополнительной арматуры. Желательно, для удобства чтения чертежей разделять чертежи на армирования основной (фоновой) арматуры и дополнительной. Также возможно потребуется разделение на отдельные чертежи арматуры разных направлений.

Армирование конструкций необходимо выполнять не только арматурой, определенной в программном комплексе, но и необходимой арматурой согласно разделу 10 [1].

Арматурные стержни всех конструкций должны быть замаркированы и сведены в соответствующие спецификации.

В примечаниях к чертежам конструкций необходимо указать расход арматуры на  $1\text{ м}^3$  бетона одной конструкции, а для плиты в дополнение к расходу арматуры на  $1\text{ м}^3$  бетона необходимо указать расход арматуры на  $1\text{ м}^2$  плиты перекрытия.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Москва 2018.
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. Москва, 2016.
3. Шагин, А. Л. Реконструкция зданий и сооружений / А. Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко. – М.: Высш. шк., 1991. – 352 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Компонировка конструкций встроенного этажа.....	3
2. Расчетная схема встроенного этажа.....	4
2.1. Создание расчетной схемы.....	5
2.2. Жесткости конструкций.....	6
2.3. Нагрузки.....	6
2.4. Материалы.....	6
3. Анализ результатов расчета.....	7
4. Конструирование арматуры.....	7
5. Чертежи конструкций.....	8
Библиографический список.....	8

# **ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ВСТРОЕННОГО ЭТАЖА ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению курсового проекта  
и подготовке к практическим занятиям  
для студентов направления  
08.04.01 «Строительство»  
всех форм обучения

### **Составители:**

**Поликутин Алексей Эдуардович**  
**Панфилов Дмитрий Вячеславович**  
**Перекальский Олег Евгеньевич**  
**Макарычев Константин Владимирович**  
**Левченко Артем Владимирович**  
**Зябухин Павел Алексеевич**

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 09.03.2022.

Уч.-изд. л. 0,6.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84