

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**И. В. Хомякова**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (профиль «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»)

Калининград  
2023

УДК 69.074

Рецензент

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительства ФГБОУ ВО  
«Калининградский государственный технический университет»

Л. В. Узунова

**Хомякова, И. В.**

Проектирование пространственных железобетонных конструкций: учеб.-методич. пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студ. магистратуры по направлению подгот. 08.04.01 Строительство (профиль «Проектирование объектов промышленного и гражданского строительства») / **И. В. Хомякова.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 17 с.

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал содержит методические материалы по изучению дисциплины, которые включают тематический план занятий, методические указания по выполнению студентами самостоятельной работы, вопросы для самоконтроля по темам, оценочные средства и критерии оценивания.

Табл. 1, список лит. – 18 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 28.06.2023 г., протокол № 10

УДК 69.074

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2023 г.  
© Хомякова И.В., 2023 г.

## Содержание

Введение .....	4
1. Тематический план занятий .....	6
2. Контрольные вопросы к дифференцируемому зачёту .....	13
3. Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов.....	14
Список рекомендуемой литературы.....	15

## Введение

Дисциплина «Проектирование пространственных железобетонных конструкций» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, и является дисциплиной по выбору магистратуры по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, профиль «Проектирование объектов промышленного и гражданского строительства».

Целью освоения дисциплины «Проектирование пространственных железобетонных конструкций» является формирование компетенций обучающегося в области изучения специальных вопросов расчета и проектирования пространственных железобетонных конструкций зданий и сооружений, отвечающих современным требованиям технического прогресса в области промышленного и гражданского строительства. В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:** классификацию пространственных железобетонных конструкций, область их применения и предъявляемых к ним требования; основные положения проектирования и конструирования пространственных железобетонных систем; основные технико-экономические показатели пространственных железобетонных конструкций и пути их оптимизаций.

**Уметь:** применять пространственные железобетонные конструкции в конкретных объектах проектирования в соответствии с функциональными, технико-экономическими и композиционными требованиями к объекту проектирования; анализировать напряженное состояние и распределение внутренних усилий в конструкции с целью выявления возможных и оптимальных вариантов решения в объекте проектирования.

**Владеть:** навыками расчета и конструирования пространственных железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- задания для практических занятий;
- задания для контрольной работы (для заочной формы обучения);
- тестовые задания по дисциплине.

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Проектирование пространственных железобетонных конструкций» предусмотрены практические работы для всех форм обучения и контрольная работа для заочной формы обучения. На выполнение некоторых практических работ необходимо затратить более двух академических часов.

Перед началом выполнения практической работы обучающиеся изучают задание, и после методических указаний преподавателя приступают к его выполнению. Защита практических заданий (ПЗ) не производится, т.к. основной целью ПЗ является не «оценка» проделанной работы, а понимание процесса расчёта конструкции, т.е. понимания конечного результата. Для обсуждения задач(и) можно изложить убедительный показ ошибок, аргументированный с точки зрения применения норм проектирования различных примеров с их анализом.

*Тестовые задания открытого и закрытого типов* по дисциплине используются для текущего контроля освоения дисциплины. Тестирование студентов проводится на практических занятиях. Каждый вариант теста включает в себя 30 вопросов, на каждый из которых приведены три - четыре варианта ответа, в том числе один правильный.

Оценивание по тестированию осуществляется по следующим критериям: «зачтено» – 41-100 % правильных ответов на заданные вопросы; «не зачтено» – менее 40 % правильных ответов.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Проектирование пространственных железобетонных конструкций» проводится в форме дифференцированного зачета (зачет с оценкой).

Оценивание на дифференцированном зачёте («неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично») осуществляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 1.

Условия допуска к дифференцированному зачёту для студентов:

- положительные результаты текущего контроля успеваемости;
- выполненная и зачтённая контрольная работа (для заочной формы обучения).

Порядок и правила выставления зачёта с оценкой по дисциплине преподаватель сообщает обучающимся в начале учебного семестра.

## **1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ**

**Тема 1. Общее понятие о большепролетных железобетонных конструкциях. Разновидности большепролетных железобетонных конструкций.**

*Ключевые вопросы темы*

1. Классификация пространственных железобетонных конструкций;
2. Различия пространственных железобетонных конструкций (по очертанию, по форме перекрываемой площади, по способу изготовления и возведения).

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Где применяются тонкостенные покрытия?
2. Железобетонные оболочки покрытия. Классификация.
3. Какие виды большепролетных железобетонных балок вы знаете?
4. Какие виды большепролетных железобетонных арок вы знаете?

**Тема 2. Исторические этапы развития большепролетных железобетонных конструкций.**

*Ключевые вопросы темы*

1. Развитие железобетонных пространственных конструкций в 19 веке.
2. Развитие железобетонных пространственных конструкций в 20 веке.
3. Сплошные железобетонные оболочки.

4. Сталежелезобетонные оболочки.
5. Купола.
6. Тонкостенные железобетонные оболочки.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Какие достоинства и недостатки имеются у тонкостенных пространственных конструкций?
2. Какими конструктивными особенностями обладают тонкостенные оболочки?
3. Какие покрытия относятся к цилиндрическим оболочкам?

### **Тема 3. Основные требования к расчёту, материалам и конструированию пространственных конструкций**

*Ключевые вопросы темы*

1. Требования СП387.1325800.2018 Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий.
2. Требования к расчету железобетонных конструкций.
3. Методы определения усилий и деформаций в пространственных конструкциях) метод конечных элементов, метод теории упругости и т.д.).
4. Требования к материалам (бетон и арматура).

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов.

#### ***Тема практической работы 1***

*Сбор нагрузок на отдельно стоящую оболочку положительной гауссовой кривизны*

Цель работы: Получение навыков расчета постоянных, временных нагрузок, включая термические коэффициенты сноса снега для оболочек.

### ***Тема практической работы 2, 3***

*Расчет отдельно стоящей оболочки положительной гауссовой кривизны*

Цель работы: Получение навыков расчёта внутренних усилий, армирования оболочек.

### ***Тема практической работы 4,5***

*Проектирование оболочки положительной гауссовой кривизны.*

Цель работы: научиться конструировать и выполнять проектные работы по армированию оболочек гауссовой кривизны.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Пологие оболочки положительной Гауссовой кривизны прямоугольные в плане.
2. Конструктивные схемы.
3. Пологие оболочки положительной Гауссовой кривизны. Эпюры усилий.

### **Тема 4. Сборно-монолитные пространственные конструкции**

*Ключевые вопросы темы*

1. Тонкостенные панельные, блочные или арочные сборно-монолитные пространственные конструкции.
2. Шатровые складки, армирование.
3. Своды -оболочки.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов.

### ***Тема практической работы 6***

*Проектирование сборно-монолитной цилиндрической оболочки*

Цель работы: Получения навыков проектирования сборно-монолитных пространственных конструкций.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Расчет пологих оболочек по безмоментной теории.
2. Основы конструирования.
3. Достоинства. Недостатки.

Таблица 1 – Система и критерии оценивания

Система оценок Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
Осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные данные	В состоянии осуществлять систематический и корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## **Тема 5. Своды**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Общие сведения о сводах (цилиндрические, складчатые, волнистые своды).
2. Особенности сбора нагрузок на своды.
3. Статический расчет сводов.
4. Конструирование сводов.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов.

### ***Тема практической работы 7***

*Конструирование полигональных сводов из ребристых плит.*

Цель работы: иметь навыки проектирования сводов различной конфигурации.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Какая арматура используется при армировании сводов?
2. Какие правила конструирования применяются при проектировании сводов?
3. Как армируются узловые соединения?

## **Тема 6. Треугольные и трапециевидные складки**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Состав складчатых конструкций (балочные складки, призматические складки).
2. Конструктивные схемы треугольных и трапециевидных складок.
3. Особенности сбора нагрузок на складки.
4. Статический расчет складок.
5. Конструирование складок.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов.

### ***Тема практической работы 8***

*Особенности армирования складок. Предварительно-напряжённый стык балочных складок.*

Цель работы: научиться проектировать армирование и конструкции стыков балочных складок.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Испытывает ли кручение поперечное сечение складки после приложения нагрузки?
2. В каких случаях не возникают дополнительные нормальные и касательные усилия в средних волнах?
3. Учет какого параметра следует учесть при расчете стенок и полок складок?
4. Как определяется приведённая толщина бетона стенки для складок с прямоугольным сечением?

### **Тема 7. Купола, пологие оболочки положительной гауссовой кривизны**

*Ключевые вопросы темы*

1. Виды и элементы купола.
2. Методы и теории расчета куполов.
3. Схема усилий, возникающих в куполе в предельном состоянии.
4. Пологие оболочки положительной гауссовой кривизны на прямоугольном плане.
5. Расчет несущей способности методом предельного равновесия.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов.

### ***Тема практической работы 9***

*Конструирование оболочки вращения*

Цель работы: научиться членить исходную поверхность оболочки на сборные элементы.

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Покрытия с цилиндрическими оболочками (длинными)
2. Диафрагмы. Бортовые элементы

### 3. Основы расчета и конструирования.

#### **Тема 8. Висячие оболочки, вспарушенные панели с плоской поверхностью**

##### *Ключевые вопросы темы*

1. Висячие оболочки различного очертания (параллельные, радиальные, полигональные, шатровые);
2. Применение материалов в вантовых конструкциях.
3. Основы расчета вантовых конструкций.
4. Анкеровка арматуры в вантовых конструкциях при помощи гильзотупоугольного анкера.

##### *Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Какие рекомендации используют при выборе системы вант?
2. Виды закрепления вант в опорном контуре?
3. Какие конструктивные схемы опорного контура полигонально - вантового покрытия вы знаете?

#### **Тема 9. Панели-оболочки «на пролет здания» и сводчатые конструкции из них**

##### *Ключевые вопросы темы*

1. Основы проектирования панелей - оболочек КЖС (крупноразмерная, железобетонная сводчатая);
2. Расчет панели - оболочки КЖС.
3. Армирование панели - оболочки КЖС

##### *Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Как определяют высоту поперечного сечения панели КЖС?
2. Какая площадь сечения арматуры в процентах должна быть в средней части пролета?
3. Как армируют диафрагмы КЖС?
4. Какова конструктивная схема сегментного свода?

## 2. Контрольные вопросы к дифференцируемому зачёту

1. Области применения и классификация тонкостенных покрытий.
2. Железобетонные оболочки покрытия. Классификация.
3. Основные особенности тонкостенных пространственных конструкций: сущность, достоинства, недостатки.
4. Конструктивные особенности тонкостенных пространственных конструкций.
5. Своды. Основы расчета и конструирования.
6. Складки. Основы расчета и конструирования.
7. Покрытия с цилиндрическими оболочками. Общие сведения. Типы армирования.
8. Длинные цилиндрические оболочки. Общие сведения. Расчет и конструирование.
9. Покрытия с цилиндрическими оболочками. Общие сведения.
10. Длинные цилиндрические оболочки. Общие сведения. Расчет и конструирование.
11. Короткие цилиндрические оболочки. Общие сведения. Расчет и конструирование.
12. Купола. Основы расчета и конструирования.
13. Конструирование купола в сборном варианте.
14. Конструирование купола в монолитном варианте.
15. Пологие оболочки положительной Гауссовой кривизны прямоугольные в плане.
16. Пологие оболочки положительной Гауссовой кривизны. Эпюры усилий. Конструирование.
17. Пологие оболочки отрицательной Гауссовой кривизны прямоугольные в плане.
18. Висячие оболочки. Основы расчета и конструирования.
19. Панели оболочки КЖС. Основы расчета и конструирования.
20. Покрытия с призматическими складками. Общие сведения. Расчет и

конструирование.

21. Напряженно-деформированное состояние оболочки положительной Гауссовой кривизны.
22. Конструирование оболочки положительной Гауссовой кривизны.
23. Напряженно-деформированное состояние оболочки отрицательной Гауссовой кривизны.
24. Конструирование оболочки отрицательной Гауссовой кривизны.
25. Напряженно-деформированное состояние длинной цилиндрической оболочки.

### **3. Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов является обязательной частью образовательного процесса. Наряду с изучением лекционного материала необходимо самостоятельно более подробно рассмотреть указанные в данном пособии темы. Подготовка к практическим занятиям заключается в изучении теоретического материала с использованием учебно-методических пособий, нормативной документации в области проектирования объектов промышленного и гражданского назначения. Только после этого можно приступать к выполнению практических работ.

После проработки теоретического материала, выполнения практической работы нужно ответить на вопросы для самоконтроля. Ответы должны быть развернутыми, опираться на данные из нормативной документации, дополнительной литературы, материалов исследований и своего опыта.

Необходимо отметить, что при обучении на заочной форме большее количество часов отведено учебным планом на самостоятельное изучение материала.

При освоении данной дисциплины студент должен пройти тестирование.

При выполнении практических работы следует придерживаться следующих правил:

- условия задач должны полностью соответствовать варианту;
- решение задачи необходимо сопровождать пояснениями и подробными вычислениями.

### **Список рекомендуемой литературы**

1. Современные пространственные конструкции (железобетон, металл, дерево, пластмассы). Справочник. Под ред. Ю.А. Дыховичного, Э.З. Жуковского. – М.: Высш. шк., 2018 – 543 с.
2. Шугаев В.В. Инженерные методы в нелинейной теории предельного равновесия оболочек. – М.: Готика, 2001 – 368 с.
3. Шугаев В.В., Соколов Б.С. Расчет несущей способности гладких и ребристых железобетонных оболочек методом предельного равновесия в нелинейной постановке. / Строительная механика и расчет сооружений, №1, 2005 – с. 8–13.
4. Виноградов Г.Г. Расчет строительных пространственных конструкций. Л.: Стройиздат, Ленингр. Отд. 1990. – 264 с.
5. Горенштейн Б.В. Железобетонные пространственные конструкции для строительства на Севере. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1979 – 160 с.
6. Колчунов В.И., Пятикрестовский К.П., Ключева Н.В. Пространственные конструкции покрытий. – М.: Изд. Ассоциации строительных вузов, 2008
7. Пространственные покрытия (конструкции и методы возведения). Под общей редакцией Г. Рюле. В 2-х т. Т. I Железобетон, армоцемент. М., Стройиздат, 1973. – 304 с.
9. Соколов Б.С., Пасхин Д.В., Титаев В.А. Исследование конструктивных параметров пространственных перекрытий рамно-шатрового типа. Вестник НИЦ «Строительство» Бетон и железобетон – проблемы и перспективы: Сб. статей. Вып. 4 (15) / под ред. А.И.Звездова – М.: АО «НИЦ «Строительство». 2017. – с.16–27
10. Стельмах С.И., Хайдуков Г.К. Рекомендации по исследованию железобетонных пространственных конструкций на моделях – В кн.: Пространственные конструкции зданий и сооружений (исследование, проектирование, возведение). М., Стройиздат, 1972. № 1
11. Хайдуков Г.К., Шугаев В.В., Краковский М.Б. Моделирование при исследовании железобетонных пространственных конструкций. – В кн.: Расчет и конструирование железобетонных конструкций, М., Стройиздат, 1972 [11] Кирпичев М.В. Теория подобия. М., Изд-во АН СССР. 1953

12. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. М., Наука, 1972
13. Шугаев В.В., Соколов Б.С., Пасхин Д.В. Экспериментально-теоретические исследования сводчатого покрытия из панелей-оболочек КЖС. «Строительная механика и расчет сооружений», №5, 2007 – с. 67-72
14. Ярмульник Ф.К, Шарапов Г.В., Гайдук В.Г. Методика подбора материала при исследованиях железобетонных конструкций на моделях. Киев, Вища школа, 1974.
15. Мастаченко В.Н. Надежность моделирования строительных конструкций. М., Стройиздат, 1977.
16. Байков В.Н. Железобетонные конструкции. Общий курс: учеб./ В.Н. Байков, Э.Я. Сигалов. – М.: Стройиздат, 1991. - 767 с.
17. Кузнецов, В. С. Железобетонные и каменные конструкции многоэтажных зданий: учебное пособие / В. С. Кузнецов, Ю. А. Шапошникова. — Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. – 152 с. – Электронно-библиотечная система IPR BOOKS – URL: <https://www.iprbookshop.ru/46045.html>
18. Тамразян А. Г. Железобетонные и каменные конструкции. Специальный курс: учебное пособие / А. Г. Тамразян. – 2-е изд. – М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2018. – 732 с. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/75967.html>

Локальный электронный методический материал

Ирина Васильевна Хомякова

Проектирование пространственных железобетонных конструкций

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 1,3. Печ. л. 1,1

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1