

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н.Ульянова»

Строительный факультет

Кафедра строительных конструкций

УТВЕРЖДЕНЫ
на заседании кафедры
строительных конструкций
«29 августа » 2017 г.
протокол №__
Заведующий кафедрой
_____ А.Н. Плотников

«29» августа 2017 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

«МЕХАНИКА НЕСУЩИХ СИСТЕМ»

Направление подготовки–08.03.01–Строительство

Квалификация (степень) выпускника - Бакалавр

Методические материалы разработаны на основе рабочей программы дисциплины, предусмотренной образовательной программой высшего образования (ОП ВО) по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

СОСТАВИТЕЛЬ (СОСТАВИТЕЛИ):

Профессор кафедры строительных
конструкций, д.т.н.
старший преподаватель

_____ М.В. Петров
_____ Е.Г. Гоник

СОГЛАСОВАНО:

Методическая комиссия строительного факультета
«30» августа 2017 г., протокол №1

Декан факультета

_____ А.Н. Плотников

Оглавление

1. Методические указания обучающимся по выполнению самостоятельной работы	4
2. Методические рекомендации преподавателю по проведению занятий	4
2.1. Общие положения.	4
2.2. Методические рекомендации по проведению практических занятий.	7
2.3 Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы	10

1. Методические указания обучающимся по выполнению самостоятельной работы.

Самостоятельная работа определяется спецификой дисциплины и методикой ее преподавания, временем, предусмотренным учебным планом, а также ступенью обучения, на которой изучается дисциплина.

Для самостоятельной подготовки можно рекомендовать следующие источники: конспекты лекций и/или практических занятий, учебную литературу соответствующего профиля.

Преподаватель в начале чтения курса информирует обучающихся о формах, видах и содержании самостоятельной работы, разъясняет требования, предъявляемые к результатам самостоятельной работы, а также формы и методы контроля и критерии оценки.

Методические рекомендации по подготовке к зачету.

Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором обучающиеся получают предварительный перечень вопросов к зачёту и список рекомендуемой литературы, их ставят в известность относительно критериев выставления зачёта и специфике текущей и итоговой аттестации. С самого начала желательно планомерно осваивать материал, руководствуясь перечнем вопросов к зачету и списком рекомендуемой литературы, а также путём самостоятельного конспектирования материалов занятий и результатов самостоятельного изучения учебных вопросов.

2. Методические рекомендации преподавателю по проведению занятий.

2.1. Общие положения.

Основу профессиональной деятельности преподавателя составляет его методическая деятельность – деятельность по организации педагогического процесса, направленная на полноценно результативное освоение обучающимися соответствующего учебного предмета. Овладение преподавателем методической деятельностью происходит как в рамках методической подготовки в вузе и учреждениях дополнительного профессионального образования, так и в процессе самообразования. Уровень методической деятельности преподавателя должен быть таким, чтобы он мог помочь студентам быть активными деятелями в постижении знаний и в самосовершенствовании учебной деятельности. Поэтому высокие требования, предъявляемые к уровню методической деятельности преподавателей, автоматически выдвигают высокие требования к организации методической подготовки в вузе, в системе повышения квалификации и переподготовки и к процессу самообразования.

В современных условиях повышение уровня методической подготовки преподавателя может обеспечиваться определением и разработкой новых подходов к целям, содержанию и организации методической подготовки.

Основными требованиями, которые предъявляются в современных условиях к преподавателю курса «механики несущих систем» в вузе являются:

1. Высокий уровень профессиональной инженерной подготовки, предполагающий знание основных законов механики (механики несущих систем) в полном объёме, умение соблюдать преимущество в преподавании механики несущих систем.

2. Владение современным дидактическим инструментарием, позволяющим успешно работать с группой обучаемых, имеющих различный уровень базовой подготовки.

3. Умение осуществлять в учебном процессе дифференцированный, личностно-ориентированный подход к студентам.

4. Знание современных информационных технологий и их возможностей в области механики (механики несущих систем); умение квалифицированно оценивать и отбирать

программные продукты с точки зрения их педагогической целесообразности для использования в учебном процессе.

5. Наличие представлений о специфике смежных дисциплин учебной программы для установления и укрепления межпредметных связей.

6. Умение организовывать самостоятельную работу обучаемых при изучении механики несущих систем.

В основе организации обучения студентов лежит принцип методической поддержки, который требует, чтобы студенты были в достаточной мере обеспечены учебно-методической литературой, позволяющей освоить базовый уровень подготовки.

Критерием реализации принципа методической поддержки служит наличие в учебно-методической литературе материалов следующих видов:

- ориентирующие учебно-методические материалы – тексты, раскрывающие технологии конструирования методической деятельности преподавателя и удовлетворяющие требованиям обоснованности, технологичности, минимальности;

- примеры-образцы методических разработок, которые демонстрируют реализацию ориентировочных основ методической деятельности и удовлетворяют требованиям научности содержания, методов и средств обучения;

- учебно-методические материалы для самоконтроля преподавателя – материалы, позволяющие осуществлять самоконтроль собственных методических разработок и выполнения методических знаний;

- целевые учебно-методические тексты – тексты, раскрывающие цели представленных учебно-методических материалов;

- методические задания, удовлетворяющие следующим требованиям: разработаны на основе анализа практики преподавателей (требование практического обобщения); учитывают те методические вопросы, в решении которых большинство преподавателей испытывают методические трудности (требование методических трудностей); снабжены методической поддержкой, обеспечивающей успешность их выполнения (требование успешности выполнения); являются комплексными (требование комплексности).

Проведение занятий в форме лекций, практических занятий объективно предполагает разработку специальных методических пособий для проведения как лекций, так и для практических занятий. Упрощённо говоря, в основе любой методики лежат два основных компонента – содержание обучения («чему учить») и способы обучения («как учить»). Естественно, при формировании частных методик следует учитывать много субъективных факторов, связанных со специализацией студентов, уровнем их базовой подготовки, объёмом аудиторной нагрузки и т.д.

Задачи, которые решаются в ходе практических занятий по курсу «механики несущих систем», должны:

- 1) расширять и закреплять теоретические знания, полученные в ходе лекционных занятий;

- 2) формировать у студентов практические умения и навыки, необходимые для успешного решения задач механики;

- 3) развивать у студентов потребность в самообразовании и совершенствовании знаний и умений в процессе изучения дисциплины;

- 4) формировать творческое отношение и исследовательский подход в процессе изучения механики несущих систем;

- 5) формировать профессионально-значимых качеств будущего специалиста и навыков приложения полученных знаний в профессиональной сфере.

Разрабатывая методическое пособие для проведения практических занятий по механике несущих систем, в первую очередь необходимо опираться на действующую рабочую программу по дисциплине, в которой обязательно должны быть определены количество и тематика практических занятий на каждый семестр. Для каждого занятия определяются тема, цель, структура и содержание. Исходя из них, выбираются форма проведе-

ния занятия (комбинированная, самостоятельная работа, фронтальный опрос, тестирование и т.д.) и дидактические методы, которые при этом применяет преподаватель (индивидуальная работа, работа по группам и проч.). Целесообразность выбора преподавателем того или иного метода зависит, главным образом, от его эффективности в конкретной ситуации. Например, если преподаватель ставит задачу проверки уровня усвоения теоретического материала лекции, предшествующей данному практическому занятию, то удобно провести в начале занятия устный фронтальный опрос; для выработки навыков решения обычно проводят письменный опрос студентов у доски и т.д.

Особое внимание следует уделить хронометражу занятия, т.е. выделению на каждый этап занятия определённого времени. Для преподавателя, особенно начинающего, чрезвычайно важно придерживаться запланированного хронометража. Если этого не удастся сделать, то преподавателю необходимо проанализировать ход занятия и, возможно, внести изменения либо в его структуру, либо в форму его проведения.

Обучение студентов на первых практических занятиях должно носить выраженный дифференцированный характер в зависимости от уровня и состояния их предшествующей подготовки. При этом одной из главных задач, которые решаются на данном этапе изучения механики несущих систем, является выравнивание, нивелирование знаний обучаемых. Предполагается, что по завершении обучения на этом этапе (1-2 месяца) студенты будут иметь приблизительно одинаковый уровень подготовки в области решения практических задач по механике (механики несущих систем), и в дальнейшем обучении преподаватель может учитывать это при планировании и проведении занятий.

Решение инженерных задач является универсальным видом учебной деятельности, который успешно применяется в методике всех вузовских технических дисциплин. С его помощью решаются разнообразные дидактические задачи, отражающие специфику целей, форм и методов обучения механики несущих систем.

Следует учитывать тот факт, что к изучению механики несущих систем приступают уже в определённой мере подготовленными в результате предшествующих дисциплин математики, физики, теоретической механики, сопротивления материалов и это следует учитывать при составлении и проведении соответствующих практических работ. Поэтому здесь можно представить задание в более сложном, формализованном виде, не сопровождая его чрезмерно подробными инструкциями по выполнению - достаточно будет привести несколько типичных несложных примеров. С другой стороны, для того, чтобы успешно решать принципиально новые для них задачи, студенты обязательно должны разбирать типовые способы их решения не только на лекциях, но и на практических занятиях. При этом, однако, преподаватель не должен превращать практическое занятие в продолжение лекции.

Чтобы научить студентов применять на практике теоретические знания, полученные при изучении механики несущих систем преподаватель должен уметь выбирать или разрабатывать необходимый технический учебный материал для каждого занятия. Необходимость планировать и анализировать учебно-воспитательный процесс в дидактическом, психологическом, методическом аспектах с учетом современных требований к преподаванию механики несущих систем обуславливает, в свою очередь, необходимость обоснованного выбора эффективных методов, форм и средств обучения, контроля результатов усвоения студентами пройденного материала.

Преподаватель должен систематически проводить самоанализ, самооценку и корректировку собственной деятельности на занятиях по механике несущих систем. Разрабатывать и проводить диагностику для определения уровня знаний и умений студентов, разрабатывать и реализовывать программы для индивидуальных и групповых форм работы с учетом способностей студентов.

Основным условием учебно-методического обеспечения практических занятий по курсу механики несущих систем является непрерывность психолого-педагогического и методического образования преподавателя, взаимосвязь практики с системой изучения

студентами нормативных учебных дисциплин и курсов по выбору, дающих теоретическое обоснование практической деятельности, позволяющих осмысливать и совершенствовать ее с позиций научного анализа.

2.2. Методические рекомендации по проведению практических занятий.

Раздел 1. Статически определимые стержневые системы.

Тема 2. Статически определимые стержневые системы.

Практическое занятие 1. Рассмотрение примеров. Кинематический и статический анализ данных стержневых систем.

Цель занятия: ознакомление с стержневыми системами.

Содержание занятия

Рассмотрение стержневых систем. Подсчет числа лишних неизвестных. Определение статической определимости.

Литература

1. Агапов В.П. Строительная механика, курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Агапов. — Электрон.текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 179 с. — 978-5-7264-1386-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58215.html>. — ЭБС «IPRBooks».

2. Бабанов В.В. Строительная механика. Расчетно-графические работы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Бабанов, Н.А. Масленников. — Электрон.текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — 978-5-9227-0730-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74351.html>. — ЭБС «IPRBooks».

Тема 2. Статически определимые стержневые системы. Методы определения усилий от неподвижной нагрузки

Практическое занятие 2. Рассмотрение примеров. Расчет многопролетной статически определимой балки. Построение эпюр внутренних силовых факторов.

Цель занятия: ознакомление с многопролетной статически определимой балкой. Построение эпюр внутренних силовых факторов для балки.

Содержание занятия

Рассматривается пример многопролетной статически определимой балки. Балка разбивается на основные и вспомогательные статически определимые балки. Строится поэтажная схема. Для каждой статически определимой балки строятся эпюры внутренних силовых факторов.

Тема 3. Методы определения усилий от подвижной нагрузки.

Практическое занятие 3. Продолжение расчета многопролетной статически определимой балки. Построение линий влияния.

Цель занятия: Построение линий влияния для каждой опоры и в сечении. В сечении строят линии влияния поперечных сил и изгибающих моментов.

Содержание занятия

Для каждой опоры строятся линии влияния под всей многопролетной статически определимой балкой. В выбранном сечении строят линии влияния поперечных сил и изгибающих моментов.

Практическое занятие 4. Выполнение контрольной работы по данной теме: многопролетные статически определимые балки.

Литература

1. Агапов В.П. Строительная механика, курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Агапов. — Электрон.текстовые данные. — М. : Московский госу-

дарственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 179 с. — 978-5-7264-1386-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58215.html>. — ЭБС «IPRBooks».

2. Бабанов В.В. Строительная механика. Расчетно-графические работы [Элек-тронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Бабанов, Н.А. Масленников. — Элек-трон.текстовые дан-ные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный уни-верситет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — 978-5-9227-0730-5. — Режим до-ступа: <http://www.iprbookshop.ru/74351.html>. — ЭБС «IPRBooks».

Тема 4. Расчет плоских ферм.

Практическое занятие 5. Статически определимые плоские фермы.

Цель занятия: ознакомление со статическими определимыми фермами. Определе-ние усилий в стержнях фермы при действии внешней нагрузки.

Содержание занятия

Для данной фермы, состоящей из абсолютно жестких стержней, соединенных между собой шарнирами определяют усилия в стержнях при действии внешней нагрузки.

Практическое занятие 6. Статически определимые плоские фермы.

Цель занятия: продолжение знакомиться со статическими определимыми фермами. Определение усилий в стержнях фермы с помощью построения линий влияния.

Содержание занятия

Для данной фермы, состоящей из абсолютно жестких стержней, соединенных между собой шарнирами определяют усилия в стержнях при действии внешней нагрузки с по-мощью построения линий влияния.

Практическое занятие 7. Выполнение контрольной работы по данной теме: статиче-ски определимые плоские фермы.

Литература

1. Агапов В.П. Строительная механика, курс лекций [Электронный ресурс] : учебное по-собие / В.П. Агапов. — Электрон.текстовые данные. — М. : Московский госу-дарственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 179 с. — 978-5-7264-1386-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58215.html>. — ЭБС «IPRBooks».

2. Бабанов В.В. Строительная механика. Расчетно-графические работы [Электронный ре-сурс] : учебное пособие / В.В. Бабанов, Н.А. Масленников. — Электрон.текстовые дан-ные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный уни-верситет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — 978-5-9227-0730-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74351.html>. — ЭБС «IPRBooks».

Тема 5. Понятие о трехшарнирных системах.

Практическое занятие 8. Статически определимые трехшарнирные системы.

Цель занятия: ознакомление со статическими определимыми трехшарнирными сис-темами. На примере арки.

Содержание занятия

Виды трехшарнирных систем. Виды арок. Определение числа лишних неизвестных для арок. Построение эпюр внутренних силовых факторов для арки. Определение распора.

Раздел 2. Статически неопределимые стержневые системы.

Тема 6. Определение перемещений и некоторые основные теоремы механики.

Практическое занятие 9. Статически неопределимые системы. Виды статически неопределимых систем. Определение числа лишних неизвестных.

Цель занятия: ознакомление с методами раскрытия статической неопределимости шарнирно-стержневых систем.

Содержание занятия

Рассмотрение статически неопределимых систем. Виды статически неопределимых систем. Определение числа лишних неизвестных.

Литература

1. Агапов В.П. *Строительная механика, курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Агапов. — Электрон.текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 179 с. — 978-5-7264-1386-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58215.html>. — ЭБС «IPRBooks».*

2. Бабанов В.В. *Строительная механика. Расчетно-графические работы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Бабанов, Н.А. Масленников. — Электрон.текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — 978-5-9227-0730-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74351.html>. — ЭБС «IPRBooks».*

Тема 7. Метод сил.

Практическое занятие 10. Построение эпюр внутренних силовых факторов для статически неопределимой рамы.

Цель занятия: рассмотреть статически неопределимую раму и определить внутренние усилия методом сил.

Содержание занятия

Выбор основной системы. Подсчет числа лишних неизвестных. Построение единичных эпюр.

Практическое занятие 11. Построение эпюр внутренних силовых факторов для статически неопределимой рамы.

Цель занятия: рассмотреть статически неопределимую раму и определить внутренние усилия методом сил.

Содержание занятия

Составление системы канонических уравнений. Решение системы. Определение неизвестных.

Практическое занятие 12. Построение эпюр внутренних силовых факторов для статически неопределимой рамы.

Цель занятия: рассмотреть статически неопределимую раму и определить внутренние усилия методом сил.

Содержание занятия

Определение неизвестных. Переумножение единичных эпюр на неизвестные и сложение эпюр. Получение конечных эпюр внутренних силовых факторов.

Практическое занятие 13. Выполнение контрольной работы по данной теме: расчет рамы методом сил.

Литература

1. Агапов В.П. *Строительная механика, курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Агапов. — Электрон.текстовые данные. — М. : Московский госу-*

дарственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 179 с. — 978-5-7264-1386-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58215.html>. — ЭБС «IPRBooks».

2. Бабанов В.В. *Строительная механика. Расчетно-графические работы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Бабанов, Н.А. Масленников. — Электрон.текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — 978-5-9227-0730-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74351.html>. — ЭБС «IPRBooks».*

Тема 8. Метод перемещений.

Практическое занятие 14. Построение эпюр внутренних силовых факторов для статически неопределимой рамы методом перемещений.

Цель занятия: рассмотреть статически неопределимую раму и определить внутренние усилия методом перемещений.

Содержание занятия

Выбор основной системы. Подсчет числа лишних неизвестных. Построение единичных эпюр, используя готовые формулы. Построение эпюр от внешней нагрузки. Проверка правильности определения единичных коэффициентов. Составление системы канонических уравнений.

Практическое занятие 15. Построение эпюр внутренних силовых факторов для статически неопределимой рамы методом перемещений.

Цель занятия: рассмотреть статически неопределимую раму и определить внутренние усилия методом перемещений.

Содержание занятия

Составление системы канонических уравнений. Решение системы. Определение неизвестных. Перемножение единичных эпюр на неизвестные и сложение эпюр. Получение конечных эпюр внутренних силовых факторов.

Практическое занятие 16. Выполнение контрольной работы по данной теме: расчет рамы методом перемещений.

Литература

1. Агапов В.П. *Строительная механика, курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Агапов. — Электрон.текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 179 с. — 978-5-7264-1386-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58215.html>. — ЭБС «IPRBooks».*

2. Бабанов В.В. *Строительная механика. Расчетно-графические работы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Бабанов, Н.А. Масленников. — Электрон.текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — 978-5-9227-0730-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74351.html>. — ЭБС «IPRBooks».*

2.3 Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы.

Цель расчетно-графической работы – систематизация и закрепление теоретических знаний, и развитие практических навыков по решению задач, выработка навыков анализа статистических данных и формулирования выводов по полученным результатам.

Задачами расчетно-графической работы являются:

– развитие навыков самостоятельной работы в области решения практических задач;

- подбор и систематизация теоретического материала, являющегося основой для решения практической задачи, развитие навыков самостоятельной работы с учебной и методической литературой;
- проведение расчетов по исходным данным и анализ полученных значений;
- формулирование выводов по полученным результатам.

Структура расчетно-графической работы:

1. Титульный лист.
2. Оглавление.
3. Задание. На данном этапе надо полностью изложить данное обучающемуся задание.
4. Исходные данные. Студент предоставляет все существующие исходные данные, которые могут понадобиться для проведения расчетов.
5. Разделы, которые будут содержать практические решения и анализ полученных результатов.
6. Выводы.
7. Список использованных источников.
8. Приложение.

Требования по оформлению работы:

Набор текста производится в текстовом редакторе MicrosoftWord шрифтом TimesNewRoman размером 12 pt через 1,5 интервала или 14 pt через 1 интервал. Рекомендуемое значение поля страницы: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижние 20 мм.

Нумерация страниц расчетно-графической работы должна быть сквозная.

Титульный лист не включается в общую нумерацию страниц.

Все иллюстрации, помещаемые в расчетно-графическую работу, должны быть тщательно подобраны, четко выполнены. Рисунки и диаграммы должны иметь прямое отношение к тексту, без лишних изображений и данных, которые не поясняются.

Критерии оценки расчетно-графической работы:

- уровень освоения учебного материала;
- глубина проработки материала;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- оформление расчетно-графической работы в соответствии с требованиями.

2.4. Пример выполнения расчетно-графической работы:

1. Пример расчета фермы.

1.1. Исходные данные:

Для плоской шарнирной фермы (рис. 1) определить внутренние усилия в стержнях.

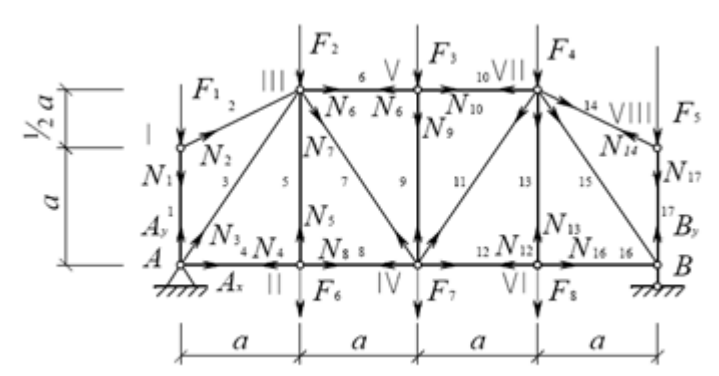


Рис. 1. Конструкция фермы.

1.2. Определим число «лишних» неизвестных связей. Ферма имеет 10 узлов, 17 стержней, 3 опорных связи, следовательно, число степеней свободы:

$$C_{CB} = 2Y - C - C_0 = 2 \cdot 10 - 17 - 3 = 0.$$

Ферма геометрически неизменяема и статически определима.

1.3. Определим опорные реакции. На ферму в шарнирных узлах действуют вертикальные внешние силы.

Реакции на опорах определяются как для балки (рис.2) из условий равновесия:

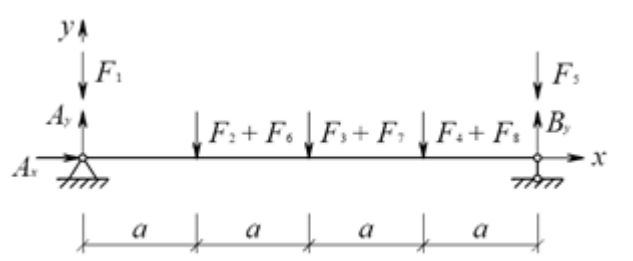


Рис.2. Схема для определения опорных реакций.

Поскольку внешние горизонтальные силы отсутствуют, $A_x = 0$,

$$\sum M_A = (F_2 + F_6)a + (F_3 + F_7)2a + (F_4 + F_8)3a + F_5 \cdot 4a + (F_5 + B_y)4a = 0,$$

откуда

$$B_y = \frac{(F_2 + F_6)a + (F_3 + F_7)2a + (F_4 + F_8)3a + F_5 \cdot 4a}{4a} =$$

$$= \frac{(0 + 70)4 + (50 + 80)8 + (30 + 90)12 + 40 \cdot 16}{16} = 212,5$$

$$\sum M_B = F_1 \cdot 4a - A_y \cdot 4a + (F_2 + F_6)3a + (F_3 + F_7)2a + (F_4 + F_8)a = 0,$$

откуда

$$A_y = \frac{F_1 \cdot 4a + (F_2 + F_6)3a + (F_3 + F_7)2a + (F_4 + F_8)a}{4a} =$$

$$= \frac{100 \cdot 16 + (0 + 70)12 + (50 + 80)8 + (30 + 90)4}{16} = 247,5$$

Проверим правильность определения опорных реакций:

$$\sum Y = A_y + B_y - F_1 - F_2 - F_6 - F_3 - F_7 - F_4 - F_8 - F_5 =$$

$$= 247,5 + 212,5 - 100 - 0 - 70 - 50 - 80 - 30 - 90 - 40 = 0.$$

1.4. Определим усилия в стержнях. Для простоты изображения на схемах усилия всех стержней принято показывать направленными от узла (растягивающими), а получаемый при решении задачи знак покажет действительное направление реакции: «+» – растяжение, «-» – сжатие.

Усилия в стержнях определяют, используя три способа: способ вырезания узлов, способ моментных точек, способ проекций.

Способ вырезания узлов заключается в вырезании характерных узлов: где сходятся два стержня; три стержня, два из которых лежат на одной прямой, а третий им перпендикулярен; четыре стержня, если они взаимно перпендикулярны.

Этот способ можно применить к узлам I, II, V, VI, VIII.

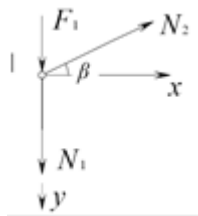


Рис. 3. Узел I

$$\sum X = 0, N_2 \cos \beta = 0, N_2 = 0, \sum Y = 0, N_1 + F_1 - N_2 \sin \beta = 0, N_1 + F_1 - 0 = 0,$$

откуда

$$N_1 = -F_1 = -100 \text{ кН.}$$

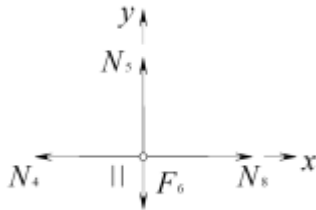


Рис. 4. Узел II

$$\sum Y = N_5 - F_6 = 0; N_5 = F_6 = 70 \text{ кН; } \sum X = N_8 - N_4 = 0, \text{ откуда } N_4 = N_8$$

Аналогично можно вырезать узел V, VI, VIII.

Применим следующий способ моментных точек.

Условно разрежем ферму сечением, проходящим через стержни 2, 3, 4-й (рис. 5). Определим усилия в стержнях 3, 4-й с помощью способа моментных точек.

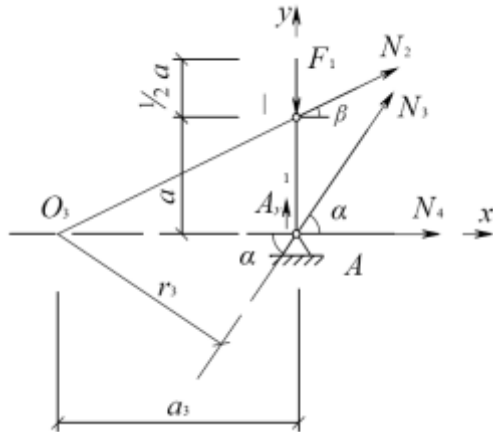


Рис. 5. Левая отсеченная часть фермы.

Первой моментной точкой принимаем точку пересечения стержней 2 и 4-й.

Уравнение равновесия моментов для левой части.

$$\sum M_{O_3}^{лв} = A_y a_3 - F_1 a_3 + N_3 r_3 = 0,$$

откуда

$$N_3 = \frac{F_1 a_3 - A_y a_3}{r_3} = \frac{100 \cdot 2a - 247,5 \cdot 2a}{1,664a} = -177,3$$

так как

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a}{2a} = \frac{1}{2}; \quad \beta = 26,6^\circ; \quad \sin \beta = \sin 26,6^\circ = 0,448$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{3}{2}a}{a} = \frac{3}{2}; \quad \alpha = 62,6^\circ; \quad \sin \alpha = \sin 62,6^\circ = 0,832$$

$$a_3 = \frac{a}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{a}{1/2} = 2a; \quad r_3 = a_3 \sin \alpha = 2a \sin \alpha = 1,664a.$$

Для определения усилия N_4 , кН необходимо взять сумму моментов относительно узла III левой части. Моментная точка – узел III.

$$\sum M_{\text{III}}^{\text{л.ч.}} = F_1 a - A_y a + N_4 \left(a + \frac{a}{2} \right) = 0,$$

откуда

$$N_4 = \frac{A_y a - F_1 a}{\frac{3}{2} a} = \frac{247,5 - 100}{\frac{3}{2}} = 98,3.$$

Разрежем ферму сечением, проходящим через стержни 6,7,8 (рис. 6).

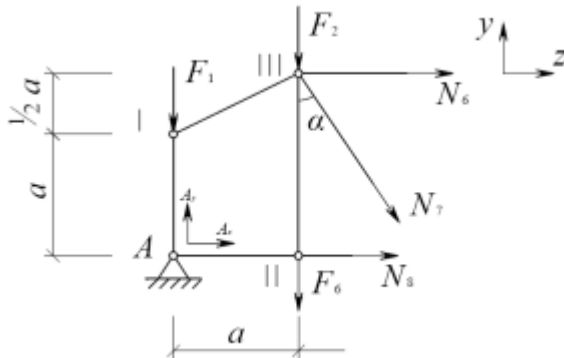


Рис. 6. Левая отсеченная часть фермы.

Усилие в стержне 8, кН, определим способом моментной точки. Возьмем сумму моментов относительно узла III левой части. Моментная точка – узел III.

$$\sum M_{\text{III}}^{\text{л.ч.}} = F_1 a + N_8 \frac{3}{2} a - A_y a = 0,$$

откуда

$$N_8 = \frac{A_y a - F_1 a}{\frac{3}{2} a} = \frac{247,5 - 100}{\frac{3}{2}} = 98,3.$$

Для определения усилия в стержне 6, кН, необходимо взять сумму моментов относительно узла IV усилий левой части. Моментная точка – узел IV.

$$\sum M_{\text{IV}}^{\text{л.ч.}} = A_y 2a + N_6 \frac{3}{2} a - F_1 2a - F_2 a - F_6 a = 0,$$

откуда

$$N_6 = \frac{F_1 2a + F_2 a + F_6 a - A_y 2a}{\frac{3}{2} a} = \frac{100 \cdot 2 + 0 + 70 - 247,5 \cdot 2}{\frac{3}{2}} =$$

$$= -150.$$

Усилие в стержне 7, кН, определим способом проекций. Спроецируем усилия левой части (см. рис. 6) на вертикальную ось.

$$\sum Y = A_y - F_1 - F_2 - F_6 - N_7 \cos \alpha = 0,$$

откуда

$$N_7 = \frac{A_y - F_1 - F_2 - F_6}{\cos \alpha} = \frac{247,5 - 100 - 0 - 70}{0,832} = 93,15.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{\frac{3}{2} a} = \frac{2}{3}; \quad \alpha = 33,7^\circ; \quad \cos \alpha = \cos 33,7^\circ = 0,832$$

Аналогичным способом определим усилия в остальных стержнях фермы. Все рассчитанные усилия сведем в таблицу.

1.5. Определение усилий в стержнях с помощью линий влияния.

Линия влияния – график, показывающий, как изменяется усилие при перемещении по ферме единичной сосредоточенной силы.

Построим линии влияния усилий в каждом стержне. По линиям влияния усилий в стержнях усилие (кН) в каждом стержне определяется формулой

$$N_i = \sum F_j S_{ij} = F_1 S_{i1} + F_2 S_{i2} + \dots + F_n S_{in}, \quad (1)$$

где i – номер стержня; j – номер узла; S_{ij} – ордината линии влияния i -го стержня в сечении j -го узла; F_j – внешнее усилие в j -м узле, кН; n – количество узлов в пролете.

Для построения линий влияния используют те же способы, что и в классическом методе, т.е. вырезания узлов, проекций, моментных точек.

Линии влияния опорных реакций строятся путем установления единичной сосредоточенной силы в опору A либо B . В результате опорная реакция $A_y=1$, а на другой опоре $B_y=0$. И наоборот (рис. 7).

Построим линию влияния усилия N_1 (рис. 7):

$$\sum X = 0; N_2 = 0. \quad \sum Y = 0; N_1 + F_1 = 0; N_1 = -F_1 = -1.$$

Строится линия влияния для усилия N_{17} (рис. 8).

Построим линию влияния усилия N_2 (см. рис. 7).

Проведем сечение стержня 2, 3, 4 (см. рис.5). Пусть сила движется справа от сечения. Запишем равновесие левой части;

$$\sum M_A^{лв} = 0; N_2 r_2 = 0; N_2 = 0.$$

Аналогично строится линия влияния для усилия N_{14} .

Построим линию влияния усилия N_3 (см. рис. 7)

Пусть сила $F=1$ движется справа от сечения поверху. Запишем равновесие левой части:

$$\sum M_{03}^{лв} = A_y 3a + N_3 r_3 = 0;$$

$$N_3 = -\frac{A_y a_3}{r_3} = -\frac{A_y 2a}{1,664a} = -1,2A_y.$$

Строим правую часть линии влияния.

Пусть сила $F=1$ движется слева от сечения поверху. Запишем равновесие правой части:

$$\sum M_{03}^{пр} = B_y (4a + a_3) - N_3 r_3 = 0;$$

$$N_3 = \frac{B_y 6a}{r_3} = 3,6B_y.$$

Строим левую часть линии влияния.

При движении силы $F=1$ по низу уравнения те же самые.

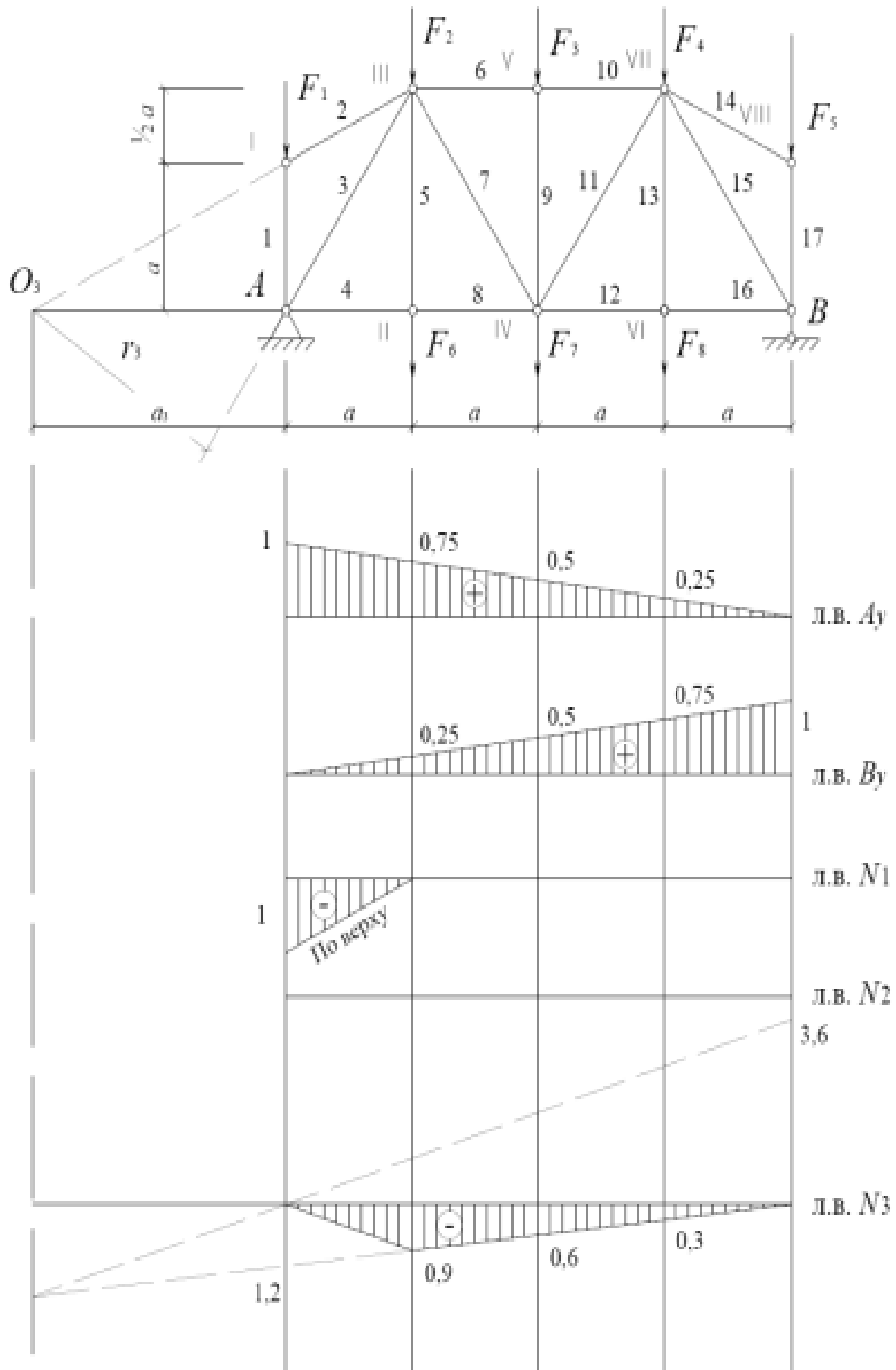
В пределах стержня N_3 на линии влияния наблюдается передаточная прямая.

Построим линию влияния усилия N_4 (см. рис. 7).

Пусть сила $F=1$ движется справа от сечения. Запишем равновесие левой части, используя способ моментной точки.

$$\sum M_{III}^{лв} = A_y a - N_4 \frac{3}{2} a = 0. \quad N_4 = \frac{A_y a}{\frac{3}{2} a} = \frac{2}{3} A_y.$$

Пусть сила $F=1$ движется слева от сечения. Запишем равновесие правой части.



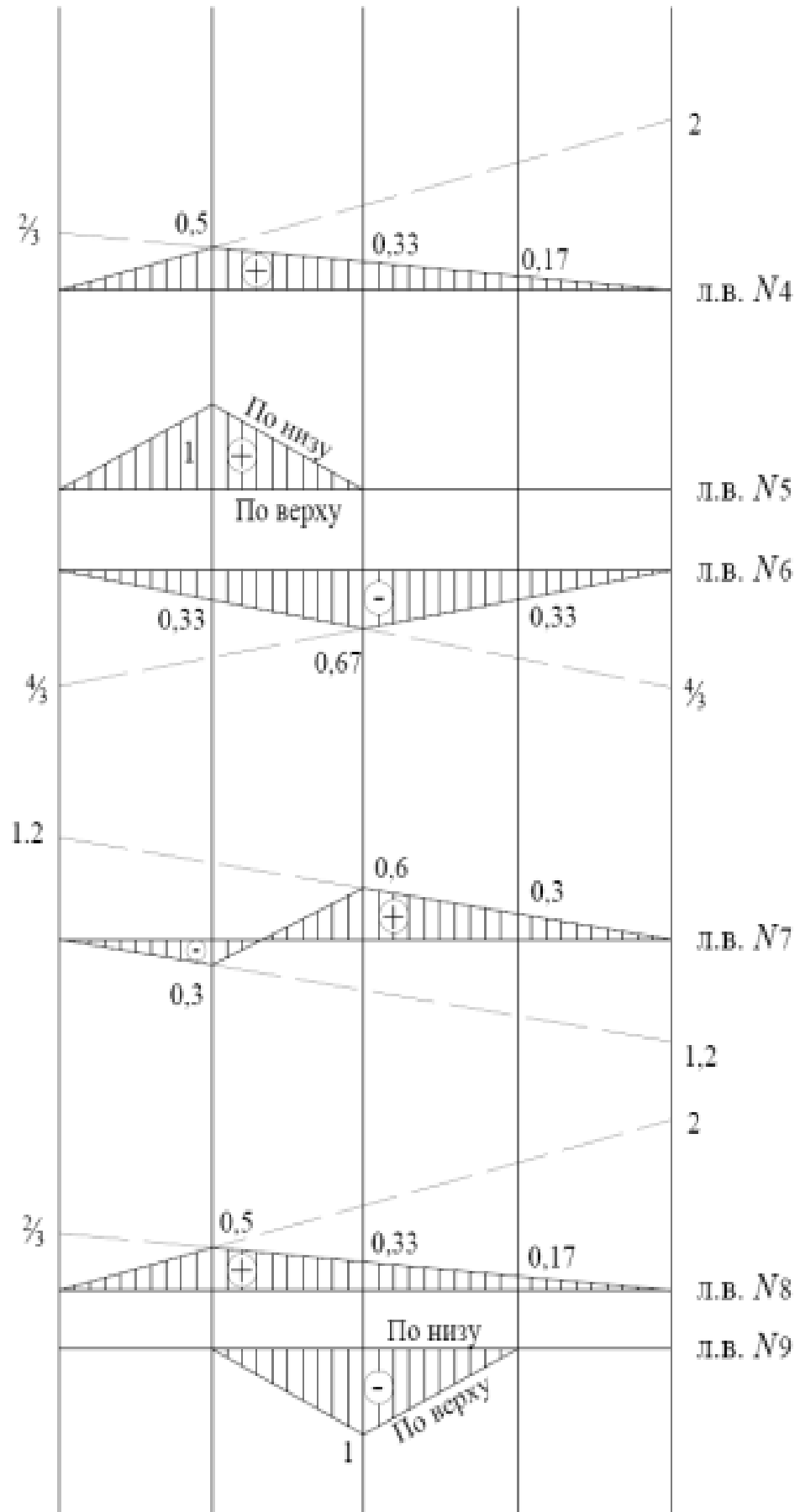


Рис.7.

$$\sum M_{III}^{np} = B_Y 3a - N_4 \frac{3}{2}a = 0. \quad N_4 = \frac{B_Y 3a}{\frac{3}{2}a} = 2B_Y.$$

Построим линию влияния усилия N_5 (рис. 7, рис. 8).

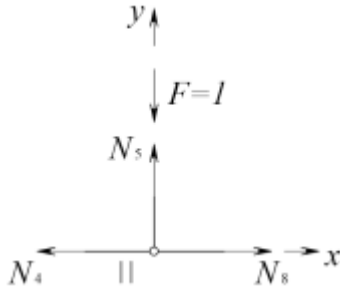


Рис. 8.

Используем способ вырезания узлов.

$$\sum Y = 0; \quad N_5 - F = 0; \quad N_5 = F = 1.$$

Аналогично строятся линии влияния усилий в стержнях 9, 13 (рис. 7, б, см. рис.9).

Построим линию влияния усилия N_6 (см. рис. 7).

Пусть сила $F=1$ движется справа от сечения. Запишем равновесие левой части, используя способ моментной точки.

$$\sum M_{IV}^{лв} = 0; \quad A_Y 2a + N_6 \frac{3}{2}a = 0; \quad N_6 = -\frac{A_Y 2a}{\frac{3}{2}a} = -\frac{4}{3}A_Y.$$

Запишем равновесие правой части.

$$\sum M_{IV}^{пр} = 0; \quad B_Y 2a + N_6 \frac{3}{2}a = 0; \quad N_6 = -\frac{B_Y 2a}{\frac{3}{2}a} = -\frac{4}{3}B_Y.$$

Аналогично строятся линии влияния усилий в стержне 10.

Построим линию влияния усилия N_7 (см. рис. 7).

Пусть сила $F=1$ движется справа от сечения. Запишем равновесие левой части, используя способ проекций.

$$\sum Y^{лв} = 0; \quad A_Y - N_7 \cos \alpha = 0; \quad N_7 = \frac{A_Y}{\cos \alpha} = 1,2A_Y.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{\frac{3}{2}a} = \frac{2}{3}; \quad \alpha = 33,7^\circ; \quad \cos \alpha = \cos 33,7^\circ = 0,832$$

Строим правую ветвь линии влияния.

Пусть сила $F=1$ движется слева от сечения. Запишем равновесие правой части:

$$\sum Y^{пр} = 0; \quad B_Y + N_7 \cos \alpha = 0; \quad N_7 = -\frac{B_Y}{\cos \alpha} = -1,2B_Y.$$

Строим левую ветвь линии влияния.

Соединяем две ветви в пределах стержня 7 – это есть передаточная прямая.

Построим линию влияния усилия N_8 (см. рис.7).

Пусть сила $F=1$ движется справа от сечения, понизу. Запишем равновесие левой части, т.е. сумму моментов относительно т. III.

$$\sum M_{III}^{лв} = 0; \quad A_Y a - N_8 \frac{3}{2}a = 0; \quad N_8 = \frac{A_Y a}{\frac{3}{2}a} = \frac{2}{3}A_Y.$$

Строим правую ветвь линии влияния.

Пусть сила $F=1$ движется слева от сечения, понизу. Запишем равновесие правой части, т.е. сумму моментов относительно точки III.

$$\sum M_{III}^{np} = 0; B_Y 3a - N_8 \frac{3}{2} a = 0; N_8 = \frac{B_Y \cdot 3a}{\frac{3}{2} a} = 2B_Y.$$

Строим левую ветвь линии влияния.

При движении силы поверху уравнения те же самые.

Построим линию влияния усилия N_{11} (см. рис.9)

Пусть сила $F=1$ движется справа от сечения, понизу. Применив способ проекций, запишем равновесие левой части, т.е. сумму всех сил на вертикальную ось:

$$\sum Y^{nb} = 0; A_Y + N_{11} \sin \alpha = 0; N_{11} = -\frac{A_Y}{\sin \alpha} = -1,2A_Y; \sin \alpha = 0,832$$

Строим правую ветвь линии влияния.

Пусть сила $F=1$ движется понизу слева от сечения. Запишем уравнение равновесия правой части.

$$\sum Y^{np} = 0; B_Y - N_{11} \sin \alpha = 0; N_{11} = \frac{B_Y}{\sin \alpha} = 1,2B_Y.$$

Строим левую ветвь линии влияния.

Когда сила движется поверху уравнения те же самые.

В других стержнях линии влияния строятся аналогично.

По построенным линиям влияния определим усилия, кН, в каждом стержне.

$$A_Y = F_1 \cdot 1 + (F_2 + F_6)0,75 + (F_3 + F_7)0,5 + (F_4 + F_8)0,25 =$$

$$= 100 + (0 + 70)0,75 + (50 + 80)0,5 + (30 + 90)0,25 = 247,5.$$

$$B_Y = (F_2 + F_6)0,25 + (F_3 + F_7)0,5 + (F_4 + F_8)0,75 + F_5 \cdot 1 =$$

$$= (0 + 70)0,25 + (50 + 80)0,5 + (30 + 90)0,75 + 40 = 212,5.$$

$$N_1 = F_1(-1) = -100. N_2 = 0.$$

$$N_3 = (F_2 + F_6)(-0,9) + (F_3 + F_7)(-0,6) + (F_4 + F_8)(-0,3) =$$

$$= (0 + 70)(-0,9) + (50 + 80)(-0,6) + (30 + 90)(-0,3) = -177.$$

$$N_4 = (F_2 + F_6)0,5 + (F_3 + F_7)0,33 + (F_4 + F_8)0,17 =$$

$$= (0 + 70)0,5 + (50 + 80)0,33 + (30 + 90)0,17 = 98,3.$$

$$N_5 = F_6 \cdot 1 = 70.$$

$$N_6 = (F_2 + F_6)(-0,33) + (F_3 + F_7)(-0,67) + (F_4 + F_8)(-0,33) =$$

$$= (0 + 70)(-0,33) + (50 + 80)(-0,67) + (30 + 90)(-0,33) = -149,8.$$

$$N_7 = (F_2 + F_6)(-0,3) + (F_3 + F_7)0,6 + (F_4 + F_8)0,3 =$$

$$= (0 + 70)(-0,3) + (50 + 80)0,6 + (30 + 90)0,3 = 93.$$

$$N_8 = (F_2 + F_6)0,5 + (F_3 + F_7)0,33 + (F_4 + F_8)0,17 =$$

$$= (0 + 70)0,5 + (50 + 80)0,33 + (30 + 90)0,17 = 98,3.$$

$$N_9 = F_3(-1) = -50.$$

$$N_{10} = (F_2 + F_6)0,33 + (F_3 + F_7)0,67 + (F_4 + F_8)0,33 =$$

$$= (0 + 70)0,33 + (50 + 80)0,67 + (30 + 90)0,33 = 149,8.$$

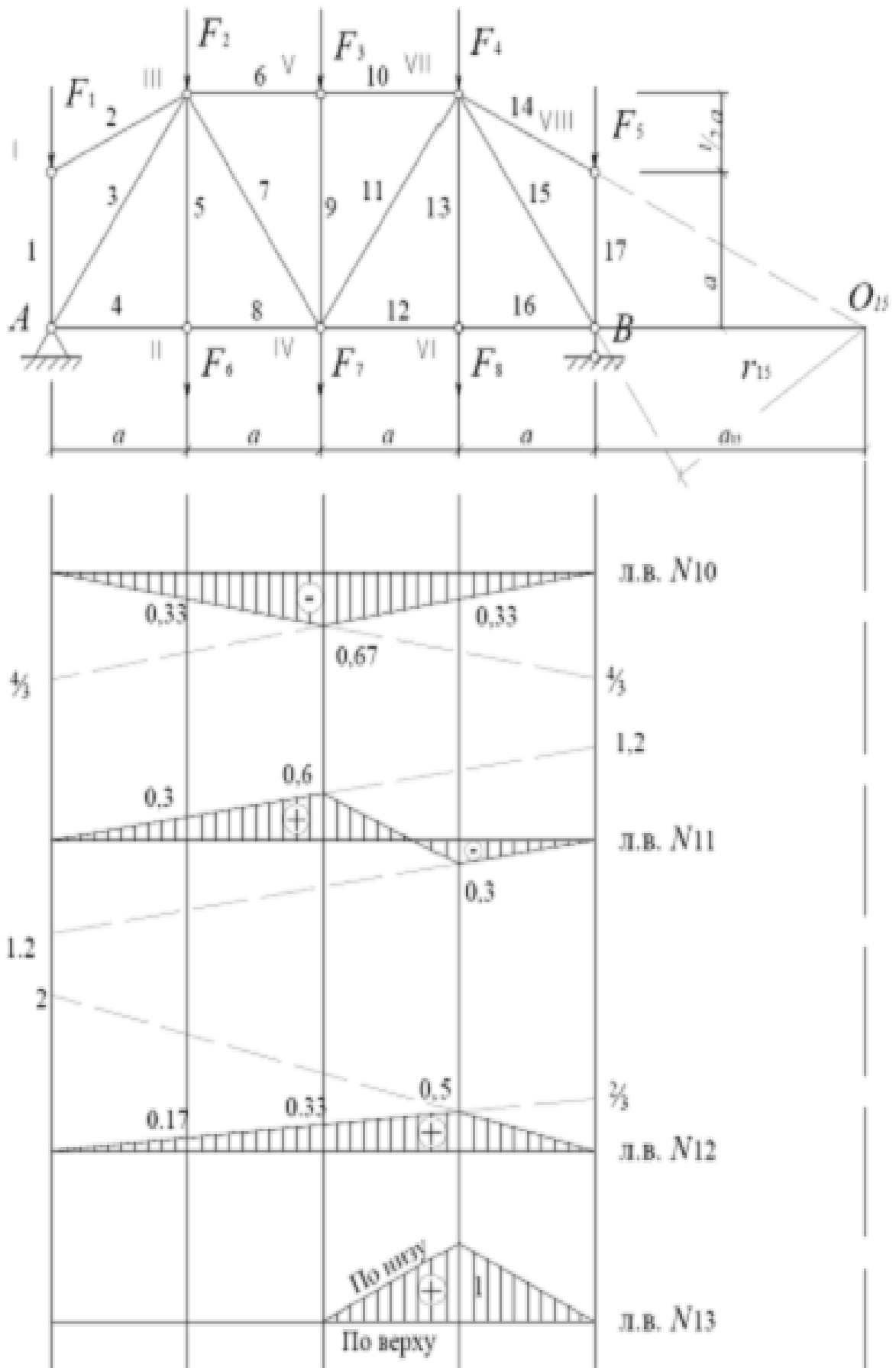
$$N_{11} = (F_2 + F_6)0,3 + (F_3 + F_7)0,6 + (F_4 + F_8)(-0,3) =$$

$$= (0 + 70)0,3 + (50 + 80)0,6 + (30 + 90)(-0,3) = 63.$$

$$N_{12} = (F_2 + F_6)0,17 + (F_3 + F_7)0,33 + (F_4 + F_8)0,5 =$$

$$= (0 + 70)0,17 + (50 + 80)0,33 + (30 + 90)0,5 = 114,8.$$

$$N_{13} = F_8 \cdot 1 = 90. N_{14} = 0.$$



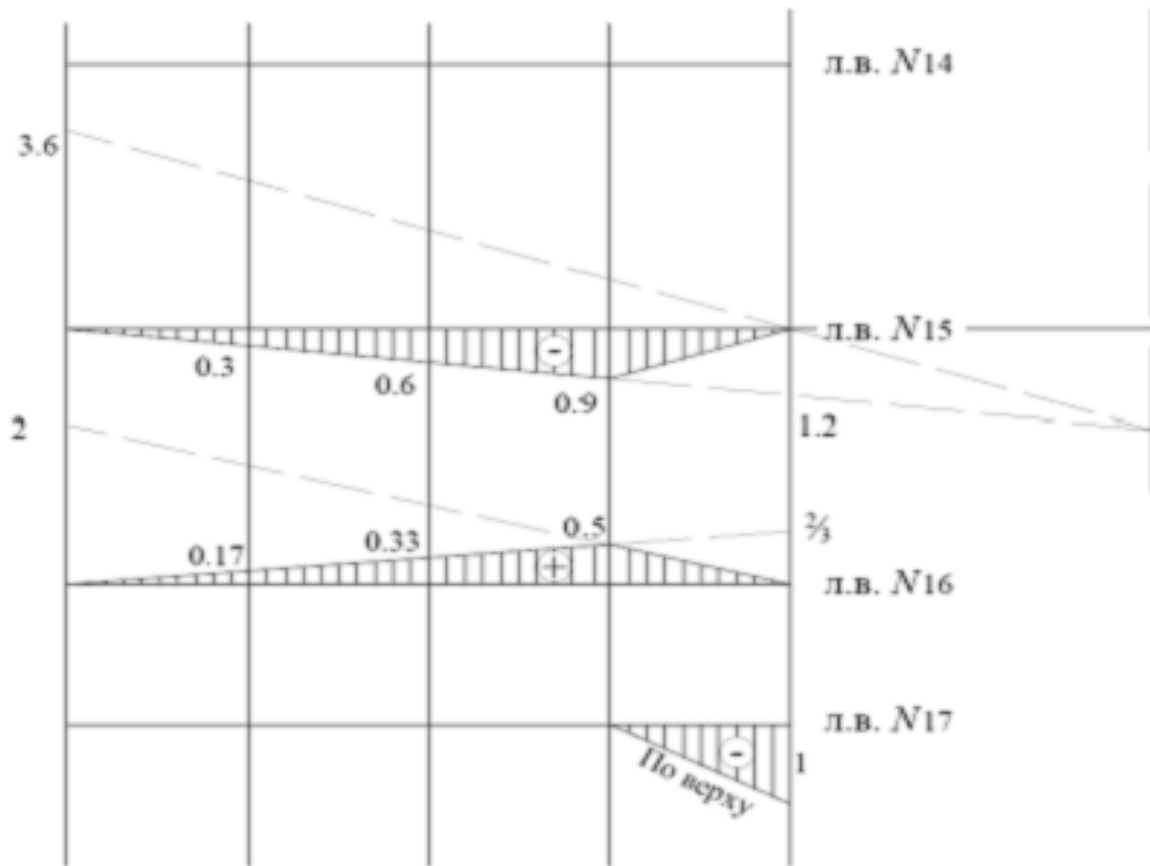


Рис.9

$$N_{15} = (F_2 + F_6)(-0,3) + (F_3 + F_7)(-0,6) + (F_4 + F_8)(-0,9) =$$

$$= (0 + 70)(-0,3) + (50 + 80)(-0,6) + (30 + 90)(-0,9) = -207.$$

$$N_{16} = (F_2 + F_6)0,17 + (F_3 + F_7)0,33 + (F_4 + F_8)0,5 =$$

$$= (0 + 70)0,17 + (50 + 80)0,33 + (30 + 90)0,5 = 114,8.$$

$$N_{17} = F_5(-1) = -40.$$

Усилия в стержнях, определенные классическими методами расчета и с помощью линий влияния, внесем в таблицу.

Номер стержня	Усилие в стержне, кН		Номер стержня	Усилие в стержне, кН	
	По классическому методу	С помощью построения линий влияния		По классическому методу	С помощью построения линий влияния
1	-100	-100	11	63,1	63
2	0	0	12	115	114,8
3	-177,3	-177	13	90	90
4	98,3	98,3	14	0	0
5	70	70	15	-207,3	-207
6	-150	-149,8	16	115	114,8
7	93,15	93	17	-40	-40
8	98,3	98,3	A_y	247,5	247,5
9	-50	-50	B_y	212,5	212,5
10	-150	149,8			

Наибольшее расхождение результатов расчета составляет 0,17%. Погрешность вычислений двумя методами должна составлять меньше 3%.

Литература

1. Агапов В.П. Строительная механика, курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Агапов. — Электрон.текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 179 с. — 978-5-7264-1386-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58215.html>. — ЭБС «IPRBooks».
2. Бабанов В.В. Строительная механика. Расчетно-графические работы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Бабанов, Н.А. Масленников. — Электрон.текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — 978-5-9227-0730-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74351.html>. — ЭБС «IPRBooks».