

ШАПИРО Д.М.

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
г. Воронеж, Россия

УДК 624.131

КУРС ЛЕКЦИЙ ПО РАСЧЁТНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Ключевые слова: учебный курс, расчётное моделирование, геотехнические объекты.

Наводиться короткий зміст та цілі викладання курсу лекцій з розрахункового моделювання геотехнічних об'єктів в складі програми підготовки магістрів з проектування будівель і споруд.

Излагается краткое содержание и цели преподавания курса лекций по расчётному моделированию геотехнических объектов в составе программы подготовки магистров по проектированию зданий и сооружений.

An account of summary and purposes of lecture course for calculation modeling of geotechnical structures in contents of the program of master education for civil engineering projecting is given.

Автором разработан в 2003 г. и с этого времени в Воронежском государственном архитектурно-строительном университете преподаётся курс лекций и практических занятий по дисциплине «Расчёт и проектирование фундаментов зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях». Преподаваемый курс входит в состав программы подготовки магистров «Расчёт и проектирование зданий и сооружений» направления «Строительство». Целью преподавания является углублённая подготовка учащихся (магистрантов) в области современной механики грунтов, расчётов при проектировании геотехнических объектов (фундаментов, конструкций, взаимодействующих с грунтом, грунтовых сооружений и природных грунтовых массивов) в сложных геологических условиях.

Указанная цель предполагает получение учащимися следующих знаний и представлений:

- о несущей способности и деформировании грунтов как физических тел с позиций теорий упругости и пластичности;
- о современных проблемах фундаментостроения и геотехники; объектах, сооружаемых в сложных геологических условиях; правильном (с разумным сочетанием надёжности и экономичности) использовании строительных свойств грунтов и геоматериалов;
- о нормативно-теоретических основах проектирования и классических методах расчёта (теории линейно-деформируемой и жёсткопластической сред) геотехнических объектов;
- о нелинейных (упругопластических) методах расчёта геотехнических объектов;
- о расчётах оснований и грунтовых массивов средствами МКЭ с использованием современных программных комплексов.
- о причинах аварий и опасностях при проектировании и строительстве геотехнических объектов.

Тематические разделы	Содержание
<p>Определяющие уравнения механики грунтов</p>	<p><i>Классификация и физико-механические характеристики грунтов. Строение оснований.</i> Классификация грунтов (структурная схема); физические характеристики (наименование, содержание, размерность); механические характеристики грунтов как прочностные и деформационные параметры законов Кулона и Гука. Скальные грунты. Инженерная схематизация грунтовых объектов.</p> <p><i>Закон Кулона. Условия предельного напряжённого состояния грунтов.</i> Запись закона Кулона и её графическая форма. Метод лабораторного определения грунтов срезу. Задача о подпорной стенке как пример практического использования закона Кулона. Инварианты напряжений и деформаций. Понятия о предельном равновесии и предельном напряжённом состоянии. Испытание грунтов в условиях трёхосного сжатия. Условия предельного напряжённого состояния по Мору–Кулону и Мизесу–Шлейхеру–Боткину (уравнения и их графическая форма) и их место в ряду уравнений текучести жёстко- и упругопластических тел (сред).</p> <p><i>Зависимость между напряжениями и деформациями грунтов. Виды физической нелинейности грунтов.</i> Обобщённый закон Гука, его записи и приложение к грунтам и геоматериалам. Связь между перемещениями и деформациями, соотношения Коши. Фазы напряжённого состояния грунтов (по Н.А. Цытовичу). Диаграмма Прандтля и её связь с зависимостями $\varepsilon=f(\sigma)$ теорий линейного и жёсткопластического деформирования. Скорости и векторы пластических деформаций. Дилатансия и её параметры. О сопротивлении грунтов растяжению.</p>
<p>Нормативно-теоретические основы проектирования геотехнических объектов</p>	<p><i>Расчётные модели механики грунтов.</i> Деление расчётных моделей грунтов на теории линейного деформирования и жёсткопластичности. Метод коэффициента постели. Упругопластическая модель грунта: гипотезы и допущения, место в ряду нелинейных моделей механики грунтов, области практического использования.</p> <p><i>Предельные состояния (ПС) и расчётные проверки СНиП.</i> Определение ПС, группы и виды ПС и их конкретизация в виде расчётных проверок (с присущими им расчётными моделями грунтов).</p>
<p>Классические прикладные задачи механики грунтов</p>	<p>Прикладные задачи как теоретические аналоги геотехнических объектов.</p> <p><i>Решения задач Фламана и Буссинеска и их практические приложения:</i> метод угловых точек, способы определения осадок и кренов оснований, задача о воздействии полосовой нагрузки на полупространство, начальная критическая нагрузка на основание. Расчёт оснований по несущей способности.</p> <p><i>Задачи о давлении грунта на подпорные стенки:</i> активное (основной случай, учёт влияния пригрузки, наклона поверхности засыпки, учёт влияния сцепления) и пассивное давление; давление покоя.</p> <p><i>Расчёт устойчивости откосов</i> (графоаналитический метод). Методы круглоцилиндрических поверхностей скольжения и горизонтальных сил (Г.М. Шахунянца).</p> <p><i>Метод К.С. Завриева:</i> задача о расчёте свай и свайных ростверков на совместное действие вертикальной, горизонтальной нагрузок и момента методом коэффициента постели. Конечно-элементная версия метода К.С. Завриева.</p>
<p>Смешанная (упругопластическая) задача теорий упругости и пластичности. Нелинейные методы расчёта геотехнических объектов</p>	<p>Описание математической модели грунта в соответствии с теорией пластического течения. Метод упругих решений в форме начальных напряжений: идея и способ реализации. Процедура решения и разрешающие уравнения упругопластической задачи (плоская деформация и осесимметричное напряжённое состояние). Графическая форма решения. Критерии сходимости итерации и предельных состояний. Программное обеспечение.</p> <p>Примеры постановки и решения, практические приложения упругопластических задач: задача о полосовой нагрузке на полупространстве, метод расчёта (численное моделирование статического испытания) буронабивных свай и свай в пробитых скважинах), расчёт противоположной подпорной стенки. Расчёты фундаментов в особых условиях: увеличение нагрузок на основание после длительной эксплуатации, влияние боковой пригрузки, фундаменты на откосах.</p>
<p>Опасности и неудачи в геотехнике</p>	<p>Примеры аварийных разрушений, повреждений и деформаций откосных объектов (покровный оползень, глубокий и локальный сдвиги мостовых устоев на слабых основаниях, суффозия песчаного грунта из откоса дорожной выемки) с проектными решениями по обеспечению устойчивости и стабильности сооружений. Классификация оползневых и склоновых явлений по Н.Н. Маслову.</p> <p>Характерные повреждения зданий, связанные с неравномерными осадками оснований при строительстве и эксплуатации (по материалам монографии А.И. Полищука).</p>

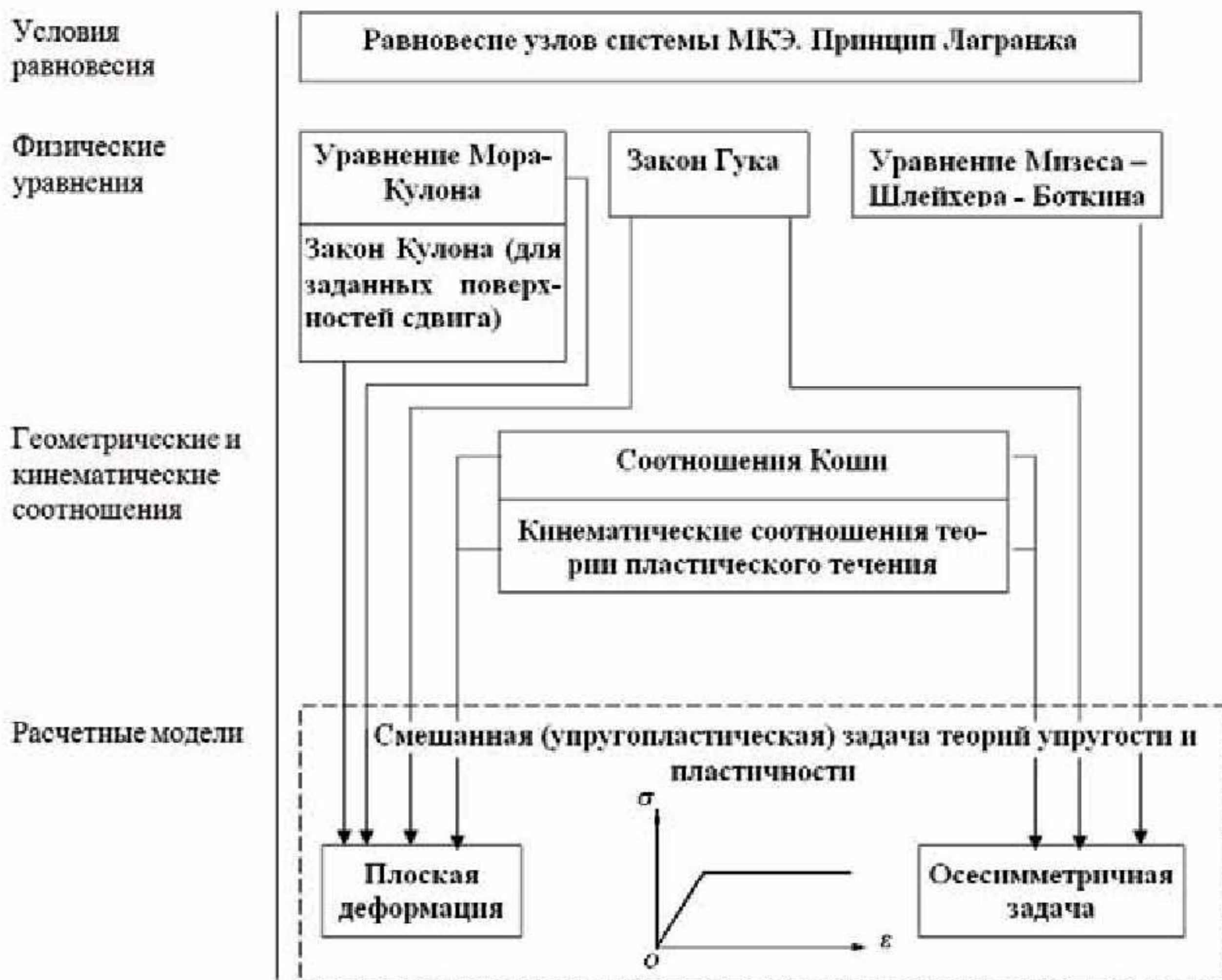


Рис. 1 Структурная схема связей упругопластической модели

Содержание лекционного курса и его деление на тематические разделы представлено в табл. 1.

На рис. 1 показана структурная схема, изображающая комплекс и логические связи уравнений, формирующих упругопластическую модель с определяющими уравнениями механики грунтов для расчёта геотехнических объектов средствами МКЭ. В состав лекций включены подобные структурные схемы, иллюстрирующие связи определяющих уравнений, расчётных моделей и прикладных задач теорий линейно деформируемой и жёсткопластической среды.

ВЫВОДЫ:

1. Содержание лекционного курса отражает идеи и профессиональное наполнение той научной, методической и программной среды, в которой работают практические инженеры и исследователи в области геотехники.
2. Приоритетом автора является подготовка специалистов, владеющих теоретическими знаниями, практическими приёмами в работе и освоении современных наукоёмких программных комплексов. Это предполагает не просто знание расчётных моделей, но также алгоритмов, разрешающих уравнений, особенностей математических процессов, заложенных в программах.