

длительностей этапов $MS_L(i)$ сама по себе является нетривиальной задачей. Опыт разработки автоматизированной системы показал, что, во-первых, часто экспертам тяжело оценить длительность этапа точно (вместо этого они дают интервальную оценку длительности, например, 5–10 минут), а во-вторых, оценки экспертов могут быть завышены (суммарная длительность этапов «набор высоты» и «снижение и заход на посадку» по оценкам некоторых экспертов превышала час, в то время как ряд перелетов длился менее 40 минут).

3. Усреднение оценок экспертов по правилу среднего арифметического для каждого этапа полета.

4. Исключение из списка оценок «выбросов» (т.е. оценок, аномально отличающихся от оценок других экспертов, [3]) по критерию максимального значения функции компетентности эксперта $r(i)$:

$$r(i) = \sum_{j=1}^n \left| \ln \frac{\hat{K}_z^i(j)}{\bar{K}_z(j)} \right|, \quad (2)$$

где n – количество этапов полета; j – порядковый номер этапа; $\hat{K}_z^i(j)$ – нормированная оценка i -м экспертом коэффициента нагруженности агрегата на j -м этапе полета; $\bar{K}_z(j)$ – среднее арифметическое коэффициентов нагруженности агрегатов на j -м этапе полета. При этом предлагается исключать оценки порядка 20% экспертов при условии, что их число не меньше пяти.

5. Итоговое усреднение оценок экспертов для каждого этапа полета методом среднего арифметического для «очищенного» (т.е. подвергнутого процедуре исключения «выбросов») списка.

Опыт разработки АС ППАП показал, что в сравнении с методами среднего арифметического и среднего геометрического, а также медианного оценивания, предлагаемый метод усреднения оценок экспертов менее чувствителен к двум основным ошибкам экспертов – осторожности в оценках (когда коэффициенты нагруженности для разных этапов полета почти не различаются) и, наоборот, резкости (когда коэффициенты нагруженности на некоторых этапах, по мнению экспертов, равны нулю).

Представленный в работе метод может быть использован не только при разработке подобных АС ППАП систем, но и, например, при определении остаточного ресурса узлов и агрегатов транспортных средств в условиях трудности/невозможности измерения фактической наработки узла/агрегата в различных режимах и коэффициентов нагруженности во время тестовых испытаний.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013, а также при поддержке Министер-

ства образования и науки РФ в рамках постановления правительства РФ № 218.

Список литературы

1. Бутов А.А., Орлов А.И., Шаров В.Д. Проблемы управления группой авиакомпаний // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011): материалы пятой международной конференции (3-5 октября 2011 г., Москва, Россия). – Т. II. – М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, 2011. – С. 22–25.
2. Бутов А.А., Волков М.А., Макаров В.П., Орлов А.И., Шаров В.Д. Автоматизированная система прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий при организации и производстве воздушных перевозок // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 4(2). – С. 380–385.
3. Орлов А.И. Прикладная статистика. – М.: Экзамен, 2006. – 671 с.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ – ОПОРНАЯ БАЗА ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Гормаков А.Н.

*Национальный исследовательский Томский
политехнический университет, Томск,
e-mail: gormakov@tpu.ru*

Экономика России имеет в настоящее время ресурсный и низкотехнологичный характер. Страна продает свои невозполнимые энергетические ресурсы, приобретая взамен продукцию высоких переделов. За прошедшие двадцать лет в результате всех пертурбаций промышленности России отстала от промышленности ведущих стран мира.

В ведущих странах мира наблюдается переход к шестому технологическому укладу – следующей стадии развития общества и экономики после индустриального общества, в экономике которого преобладает инновационный сектор экономики с высокопроизводительной промышленностью, индустрией знаний, с высокой долей в ВВП высококачественных и инновационных услуг и с конкуренцией во всех видах экономической и иной деятельности. В постиндустриальном обществе эффективная инновационная промышленность насыщает потребности всех экономических агентов, потребителей и населения, постепенно снижая темпы своего роста и наращивая качественные, инновационные изменения.

Чтобы выжить в новом глобальном мире, России нужна новая экономика, с промышленностью, работающей на современной технологической базе и непрерывно совершенствующей технологическую базу [1]. Для этого необходимо привлечь все возможные интеллектуальные, материальные и кадровые ресурсы.

Россия должна вернуться на ранее занимаемое ею место в международном разделении труда как владелица постоянно обновляющихся передовых технологий в ряде отраслей, таких как: авиапромышленный комплекс, атомная

промышленность, ВПК, нанотехнологии, высокотехнологичная химия, информационно-коммуникационные технологии [2].

Опорной базой для решения этой задачи может стать приборостроение. Практически каждая из вышеперечисленных отраслей связана с созданием и развитием интеллектуальных приборов, т.е. входит в область приборостроения на современной технологической базе, где отечественное приборостроение не только эффективно потребляет современные инновации, но и порождает их в массовом порядке.

Распоряжением Правительства РФ от 3 ноября 2011 г. № 1944-р направление подготовки высшего профессионального образования 200100 – «Приборостроение» включено в перечень направлений подготовки в образовательных учреждениях высшего профессионального образования, специальностей научных работников, соответствующих приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики.

В истории развития человечества приборы всегда играли важную роль. Исключи сейчас приборы из повседневной жизни общества, и оно будет отброшено на уровень первобытно-общинного.

К концу второй половины XX века сложились классы приборов:

1. Приборы для обработки и преобразования различной информации: компьютеры, микропроцессорные системы и т.д.

2. Приборы для техники связи: телефоны, факсы, пейджеры и др.

3. Приборы для измерительной техники: измерители массы, силы, давления, скорости, линейных и угловых размеров, температуры, тока, напряжения, мощности и других физических величин.

4. Приборы навигации, ориентации и стабилизации кораблей, самолетов, ракет и других подвижных объектов (гироскопы, акселерометры, астрономические навигационные приборы и системы), а также скважинные приборы (инклинометры). В настоящее время наиболее приоритетным направлением является разработка и применение навигационных приборов, работающих с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГЛО-НААС/ GPS).

5. Приборы для автоматизации технологических и производственных процессов. Чувствительные датчики (сенсоры). Приборы 3 и 5 групп взаимосвязаны, т.к. близки по построению.

6. Оптические приборы: микроскопы, телескопы, геодезические приборы и инструменты: теодолиты, нивелиры, дальнометры и др.

7. Приборы для кинотехники, аудио и видеотехники: магнитофоны, плееры, фотоаппараты, видео и кинокамеры и т.д.

8. Медико-биологические приборы, аппараты, системы и комплексы: искусственные серд-

це, почка и легкое; томографы; кардиографы, лазеры медицинского назначения, хирургические столы и др.

9. Технические игры: механические, электромеханические и радиоуправляемые игрушки, игровые автоматы и т.п.

10. Бытовые приборы: тостеры, стиральные машины, электрические плиты, микроволновые печи и др.

Во всех перечисленных группах приборов применяются в разных пропорциях механические, оптические и электронные, электротехнические узлы и микропроцессорная техника. Уже к началу двадцать первого века приведенная классификация претерпевает трансформацию. Появляются приборы, которые объединяют в себе функции нескольких классов. Так, например, современные модели смартфонов и iPhone кроме функций связи, обеспечивают функции фотоаппарата, кинокамеры, навигатора, компьютера и др.

В науке ведётся постоянная работа по развитию фундаментального задела и созданию теорий следующего поколения. На основе этих новых теорий создаются установки и устройства, которые позволяют анализировать физические процессы на принципиально новом уровне точности и воздействовать на эти процессы исходя из новых возможностей контроля размерности. Работа на границе размерности, достигнутой человечеством, позволяет говорить о контроле критических процессов. Для работы с критическими процессами необходимы специальные научные приборы. В результате работы с критическими процессами, диагностикой их параметров могут быть созданы новые производственные технологии. На базе этих новых технологий создаются массовые производства нового поколения.

Новое представление о приборе

Во-первых, разрабатываемый на основе новых физических принципов и эффектов прибор всегда имеет множество способов употребления в различных областях практики. Такой тип прибора называется мультитипприбором.

Во-вторых, создаваемый прибор является составным прибором, состоящим из множества разных компонентов, каждый из которых имеет свои собственные формы употребления на практике.

В-третьих, при подобном подходе прибор не следует рассматривать только лишь как систему регулирования (управления) существующей промышленной технологией. Создаваемый на основе новых физических принципов и реализуемый в различных областях практики мультитипприбор является опорной точкой реализации новой критической технологии и формирования экономики новой отрасли.

Проблемы подготовки кадров для инновационного приборостроения

Для большинства отечественных предприятий в приборостроении на одного рабочего

приходится 3 вспомогательных работников: ИТР, управленцев и т.п. Российское государство от оборонных заводов требует соотношение 1/1 [3]. Тогда как на Германских приборостроительных предприятиях соотношение 1/0,2. Региональная система образования должна так подготовить специалистов для приборостроения, чтобы один мог заменить трех текущих специалистов на предприятии. Это возможно, если подготавливать сквозных специалистов (по конструкторской, технологической и организационно-экономической подготовке производства) вместо узких специалистов. Сквозные специалисты высокой квалификации, в совершенстве владеющие информационными технологиями (автоматизирующими большинство рутинных операций на предприятии) успешно заменят не менее трех текущих специалистов, что позволит предприятию быстро прорабатывать и принимать решения, т.е. становиться «быстрым».

О подготовке специалистов для приборостроения в Томском политехническом университете

На сегодняшний день направление 200100 – «Приборостроение» представлено в ТПУ тремя профилями на уровне подготовки бакалавров и шестью профилями в ООП подготовки магистров.

При подготовке бакалавров, начиная с первого курса, культивируется практико-ориентированный и проектно-ориентированный подход в обучении. Возрождается работа студенческого конструкторского бюро. Группа заинтересованных студентов всех курсов, разных профилей и специальностей разрабатывают малый спутник в интересах учебного процесса.

Основываясь на опыте подготовки магистров по указанным программам, при разработке ООП третьего поколения на первом году обучения учебный план максимально интегрирован для всех профилей не только по общенаучному циклу, но и по профессиональному циклу дисциплин. Узкопрофильная специализация осуществляется на втором году обучения и завершается выполнением и защитой выпускной квалификационной работы.

Содержание дисциплин первого курса магистратуры направленно на ознакомление с методологическими проблемами современной науки, на изучение актуальных проблем и инноваций в приборостроении, освоение методов математического моделирования в приборных системах, приобретение навыков планирования и организации научно-исследовательских работ, а также освоение современных коммуникационных систем. Особое внимание уделяется метрологическому обеспечению измерений, контроля и диагностики, а также освоению информационных технологий, необходимых на всех стади-

ях жизненного цикла прибора, начиная с разработки инновационных приборов и технологий и кончая выводением новой продукции на рынок. С этой целью к учебному процессу привлекаются генеральные директора и ведущие специалисты Томских инновационных предприятий. Научно-исследовательская работа запланирована на весь период обучения студента в магистратуре с возрастанием от 10 часов в неделю в первом семестре до 16 часов в неделю в третьем семестре. Темы исследований предлагаются студентам в первый месяц занятий первого семестра. На этой стадии магистрант выбирает тему и руководителя, с которым составляет индивидуальный план работ. В течение первого семестра студент осуществляет обзор научно-технической и патентной литературы по теме, результатом которого является отчет о патентных исследованиях, составленный в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.011-96. На этой стадии обучения студент может сменить тему исследования. Глубокое погружение магистрантов в решение актуальных проблем происходит в период научно-производственной и научно-исследовательской практик общей продолжительностью 11 недель.

Убедившись в актуальности темы, магистрант определяет совместно с руководителем пути решения проблемы. Наиболее значительных результатов обучения в магистратуре достигают при решении актуальных проблем в рамках лабораторий академических институтов, КБ промышленных предприятий и объединений, малых инновационных предприятий, а также при выполнении грантов и договоров на кафедрах.

Подготовка специалистов для приборостроения, способных разрабатывать, проектировать и конструировать новые приборы, осуществлять технологическую и организационную подготовку производства, а также обеспечивать их надежную эксплуатацию – это основная задача, над которой работает коллектив профессорско-преподавательского состава кафедр института неразрушающего контроля, обеспечивающих учебный процесс по образовательной программе 200100 – «Приборостроение» в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

Список литературы

1. Громько Ю., Сергеев П., Соколов П. Метапромышленность как основа национальной стратегии экономического развития: На примере приборостроения // Информационный портал Русский Мир. 15.01.2010 http://www.russkiymir.ru/russkiymir/ru/derzhava/vd_awards/awards0003.html (дата обращения: 5.02.2013).
2. Путин В.В. О наших экономических задачах. – М.: Газета «Ведомости», 2012.
3. Балаханова И.В., Волчков С.А. Техногенез и стратегия развития приборостроения в регионе. – <http://www.penza-online.ru/news.29183.htm> (дата обращения: 5.02.2013).

**ОБОСНОВАНИЕ И
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ПОДТВЕРЖДЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ
МОДЕЛЕЙ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
ДЕФОРМИРОВАНИЯ
ВЯЗКОУПРУГИХ ПОЧВ**

Золотаревская Д.И.

*Российский государственный аграрный
университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва,
e-mail: zolot@gagarinclub.ru*

Проблема сохранения и повышения плодородия почв является в настоящее время одной из наиболее актуальных в экологии. Для решения этой проблемы необходим комплекс мер, основанный на анализе влияния внешних воздействий, в том числе нагрузки и последующей разгрузки почвы, на изменение ее свойств.

Каждому физическому состоянию почвы в зависимости от ее влажности соответствует своя закономерность деформирования под действием сжимающей нагрузки. При влажностях w почвы, меньших ее полной влагоемкости и при сжимающих напряжениях σ , меньших предела прочности почвы σ_p , почва под действием на нее нагрузки уплотняется и упрочняется, вбок она почти не выдавливается. В результате передачи на почву посредством давления штампа сжимающего напряжения, приращение осадки, вызываемое ростом нагрузки, постепенно затухает и деформации стабилизируются. Настоящая работа посвящена исследованию и математическому моделированию закономерностей деформирования связанных почв, находящихся в таком состоянии.

Материалы и деформируемые среды, для которых зависимости между напряжениями и деформациями включают в себя время t , называют вязкоупругими [1]. Уплотняющиеся связанные почвы относятся к вязкоупругим средам.

В решении практических задач важную роль должны сыграть разработка и широкое применение уточненных методов расчета показателей, характеризующих изменение свойств почв под действием динамических и статических нагрузок. Точность методов расчета показателей воздействия внешних нагрузок на почву определяется в первую очередь выбором математических моделей деформирования почв.

Выполнено большое число экспериментальных и теоретических исследований с целью выявления связей между сжимающими напряжениями σ и относительными ε (а также полными h) деформациями сжатия почв и выбора уравнений для моделирования этих связей (определяющих уравнений). Однако при решении конкретных задач определяющие уравнения для почв принимаются не всегда достаточно обоснованно, условия и границы их применимости не устанавливаются. Это снижает возможности использования полученных результатов в практических расчетах.

Природа деформаций глинистых пород, в том числе и почв, выявлена в работах Н.Я. Денисова [2]. Деформации, возникающие в почвах вследствие приложения внешней нагрузки, делятся на обратимые и необратимые (остаточные). Обратимые деформации складываются из упругих и вязких.

Остаточные деформации твердых тел являются пластическими: они происходят в результате перемещений структурных элементов кристаллической решетки материалов и протекают с весьма незначительным изменением объема. Структурные деформации уплотняющихся почв, происходящие при сравнительно небольших давлениях, но с существенным уменьшением объема, не могут рассматриваться как пластические. Эти деформации представляют собой особый тип деформаций, свойственный только полидисперсным системам, находящимся в состоянии, при котором напряжения в связях между их структурными элементами превышают сцепление между ними. Структурные деформации почв могут быть условно отнесены к вязким, так как они возникают под действием сил любой малой величины и с увеличением действующих сил их скорости возрастают.

Исходные соотношения теории вязкоупругости представляют собой дифференциальные и интегральные уравнения. Имеются работы, в которых математические модели теории вязкоупругости применены для описания свойств почв при решении задач, связанных с исследованием качения жестких цилиндров по почве, воздействия тракторов и других мобильных машин на почву. При исследовании качения колес мобильных машин по почве большее применение нашел аппарат дифференциальных уравнений [3–6].

К наиболее простым определяющим уравнениям теории вязкоупругости относятся: модель Максвелла

$$\sigma'_t + (1/T)\sigma = E\varepsilon'_t; \quad (1)$$

и модель Кельвина

$$\sigma = E\varepsilon + \mu\varepsilon'_t, \quad (2)$$

где E – модуль упругости среды или материала; μ – коэффициент вязкости, $T = \mu/E$ – время релаксации [7].

Уравнения (1) и (2) описывают свойства идеальных вязкоупругих сред. Эти и некоторые аналогичные им соотношения использованы в ряде работ в качестве определяющих уравнений для почв [3–6]. Однако экспериментального подтверждения пригодности моделей (1) и (2) для описания закономерностей деформирования каких-либо реальных почв определенного гранулометрического состава и физического состояния нет.

Если принять, что свойства почвы описываются уравнением (1), то из этого уравнения