

Системный подход к подготовке квалификационных работ в техническом вузе

© А.И. Гаврилов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрены эффективные методики подготовки выпускной квалификационной работы по инженерной тематике. Существенное внимание уделено как общим вопросам проектирования, так и концепции инженерного анализа. Рассмотрен системный подход к проведению научных исследований и инженерному проектированию. Приведены рекомендации по представлению материалов исследования, рассмотрены критерии оценки выпускных работ в инженерном вузе. Представленные материалы могут быть полезны как преподавателям — руководителям квалификационных работ, так и студентам-дипломникам.

Ключевые слова: инженерный анализ, научные исследования, дипломное проектирование, техническое творчество, методики подготовки, инженерные кадры.

Введение. Ежегодно в МГТУ им. Н.Э. Баумана выносятся на защиту в государственных аттестационных комиссиях тысячи дипломных проектов, в той или иной мере удачных, но, безусловно, талантливых, перспективных и так нужных современной России. На протяжении более полутора столетий лучший инженерный вуз страны, в соответствии с первым уставом Императорского училища, решает задачу подготовки кадров, «...способных служить Отечеству делами рук своих в различных искусствах и ремеслах» [4]. Залогом успешного решения задачи подготовки квалификационной работы (дипломного проекта, дипломной работы или магистерской диссертации) в инженерном вузе является системный подход, основанный на интеграции и структурировании таких процессов, как инженерный анализ, изобретательство и принятие решений, наряду с активным применением знаний и навыков, полученных студентами в процессе обучения.

Инженерное проектирование и его роль в современном обществе. Решение технических задач, несомненно, — занятие высокоинтеллектуальное, требующее применения знаний и навыков, полученных в процессе обучения. Инженерное проектирование по своей сути не является искусством, а представляет собой вид деятельности, которую можно исследовать и анализировать и, следовательно, овладеть ее основами в процессе обучения.

Инженерное проектирование в современном обществе как процесс, предвещающий создание полезных предметов, тесно связано как

с разными аспектами деятельности человека, так и с различными областями социально-экономической сферы (рис. 1). В связи с этим квалифицированный инженер, помимо подготовки по фундаментальным дисциплинам — физике, химии, механике, математике должен быть также знаком со средствами производства и промышленными технологиями, основами экономики и общественными науками в той мере, в какой они связаны с его инженерной деятельностью. Основой успешного решения задач проектирования является изучение методов и приемов целенаправленного применения полученных знаний.

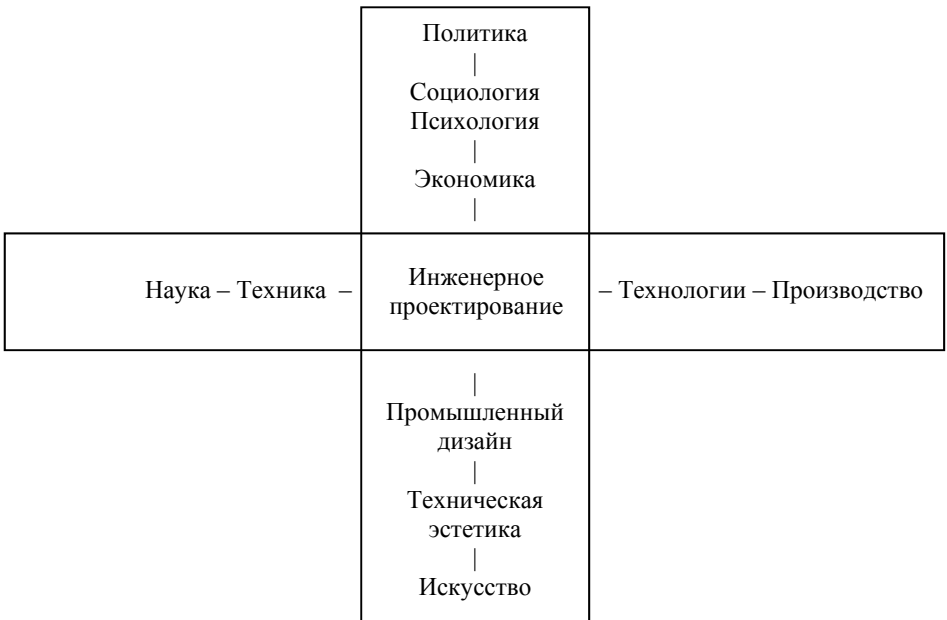


Рис. 1. Инженерное проектирование и социум

Процесс научного исследования. Процесс научного исследования [3] и выбора проектных решений с целью получения результатов в ходе выполнения дипломной работы можно представить в виде следующей логической схемы:

- обоснование актуальности выбранной темы;
- определение цели и основных задач работы;
- выбор методов и средств решения поставленных задач;
- конкретизация решения — разработка структуры системы, моделей, алгоритмов, программного и аппаратного обеспечения;
- подтверждение эффективности предложенных решений (вычислительные эксперименты/макетирование);
- оптимизация проектных решений;
- оценка полученных результатов и формулирование выводов.

В зависимости от уровня подготовки студента-дипломника и характера выполняемой работы (магистерская диссертация, дипломная работа, проект) участие руководителя в исследовательской деятельности варьируется в диапазоне 10...30 %, достигая в некоторых случаях 50 % (в среднем). Наибольшая степень участия руководителя (до 70 %) предполагается на этапах 1, 2, 7, снижаясь до 5...10% для этапов 4–6.

Обоснование актуальности работы — начальный этап любого исследования. В реальных условиях подготовки изделий к производству актуальность задачи определяется подразделениями стратегического и технологического планирования, тогда как в рамках выполнения квалификационной работы автор должен продемонстрировать способность выбора темы и ее оценки с точки зрения своевременности и социальной значимости, что характеризует его научную зрелость и профессиональную подготовленность. Оценка актуальности напрямую связана с формулировкой проблемной ситуации, что предполагает наличие кругозора в данной научной области наряду со знанием доступных на современном этапе методов решения задачи.

Первым этапом инженерного проектирования как такового является четкое *определение цели и конкретных задач*, необходимых для ее достижения. В условиях подготовки квалификационной работы студента цели и задачи исследования, как правило, формулируются научным руководителем и фиксируются в регламентированных документах — задании на выполнение работы, сопровождаемом календарным планом. В случае если задача сформулирована преподавателем, студенты получают возможность уделить больше времени разработке конкретных технических решений, подготовке и проведению экспериментов, моделированию и т. п. Тем не менее процесс участия студента в подготовке технического задания не может быть недооценен; здесь целесообразно принимать во внимание пожелания и предложения студентов, как правило, имеющих некоторый опыт работы вне университета и владеющих современными информационными технологиями, вплоть до самостоятельного выбора направления исследований (естественно, в рамках специализации выпускающей кафедры). В этом случае работа может перейти на новый уровень актуальности и научной новизны.

В целом назначение *этапа определения цели и основных задач работы* состоит в том, чтобы перейти от неопределенных общих положений к конкретным вопросам, на которые можно получить ответ посредством *инженерного анализа* [1].

Концепция инженерного анализа. Основные этапы проведения научного исследования в технических областях ассоциируются с процедурой инженерного анализа (рис. 2), основная концепция которого предполагает получение приемлемых решений за адекватное время. Кроме того, «правильное» решение задачи «правильным» ме-

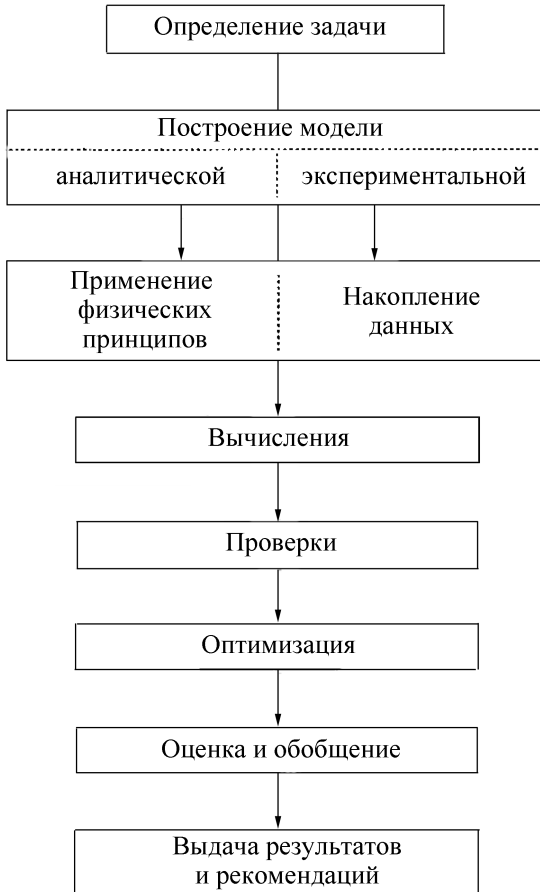


Рис. 2. Типовая процедура инженерного анализа задачи

тодом возможно только при учете ограничений, с которыми сталкивается инженер при решении задач, что приводит к необходимости принятия допущений, учитывающих относительную значимость различных элементов задачи. Квалифицированные инженеры выбирают те методы и подходы к решению задачи, которые, с одной стороны, приводят к достижению поставленной цели, с другой — удовлетворяют ограничениям, свойственным данному способу решения. Развитию подобных навыков необходимо уделять особое внимание при работе над дипломными проектами студентов, принимая, однако, во внимание тот факт, что представленная *методика инженерного анализа* — лишь средство, мобилизующее знания, но не заменяющее их.

Определение (конкретизация) задачи. Инженерный анализ требует четкого определения задачи или вопроса, который будет решаться. Конкретизация постановки задачи означает прежде всего ее формули-

ровку в количественных понятиях, которые можно непосредственно измерить либо оценить в результате вычислительного эксперимента.

Построение модели. Следующим за конкретизацией задачи этапом инженерного анализа является построение аналитической либо экспериментальной модели объекта исследования. Модель выступает идеализированным приближением к реальной ситуации, плодом воображения инженера, основанным на знаниях о структуре и физических принципах функционирования объекта и принятых допущениях, учитывающих относительную значимость различных элементов задачи. Существенную роль играет адекватность модели, т. е. она должна быть достаточно простой для анализа и в то же время достаточно сложной, чтобы отображать поведение реального объекта или явления [2].

Вычисления. После построения модели (аналитической или экспериментальной) в соответствии с процедурой инженерного анализа необходимо получить количественный результат, как правило, с использованием программных систем научно-инженерных расчетов, т. е. провести моделирование на ЭВМ.

Проверки необходимо проводить на каждом этапе инженерного анализа, а не только в конце работы, что позволит избежать затрат на повторное моделирование, проведение эксперимента и т. п. Проверки выполняются либо с использованием математического аппарата, либо исходя из априорных знаний о структуре и физических принципах функционирования объекта исследований.

Оценка и обобщение. После получения результатов численного моделирования их необходимо оценить. Кроме того, нужно установить возможность обобщения результатов на другие объекты.

Оптимизация. Оценка результатов может предусматривать оптимизацию, либо оптимизация может быть составной частью анализа вычислений. Основная задача на этапе оптимизации — повышение эффективности функционирования системы и ее качественных характеристик.

Представление результатов и выдача рекомендаций — заключительный этап инженерного анализа. Полученные результаты необходимо представить в форме, доступной для восприятия, как минимум, специалистами в данной предметной области. Форма представления результатов предполагает подтверждение выполнения поставленных задач исследования наряду с рекомендациями по дальнейшему применению разработанных подходов, методик, алгоритмов и т. п.

Подготовка квалификационной работы и представление материалов ГАК.

Структура работы. Типовая структура квалификационной работы предполагает наличие следующих основных разделов:

- технического задания на выполнение работы;
- содержания;
- списка основных обозначений и сокращений;
- введения;
- основной части, состоящей, как правило, из трех глав;
- заключения;
- списка литературы;
- приложений.

Грамотное как в научно-исследовательском, так и в стилистическом плане структурирование результатов работы — одна из составляющих успеха на защите ГАК. Весь процесс инженерного проектирования, начиная от определения проблемной области, постановки задачи, аналитического обзора существующих подходов и методов решения, представления математических выкладок и заканчивая описанием конкретных инженерных решений, схемами проведения эксперимента, результатами моделирования, выводами и рекомендациями по практическому применению предложенных решений, находит отражение именно в предваряющем работу разделе «Содержание». Именно «Содержание», а не «Оглавление». Второй термин более подходит к литературным произведениям, объединенным, скорее, сюжетной линией, чем строгими структурно-логическими связями и закономерностями. Именно раздел «Содержание» наиболее часто просматривается членами ГАК, именно он позволяет сделать априорную оценку как объема и характера проведенных исследований, так и способностей дипломника к аналитическому системному мышлению наряду с общей профессиональной квалификацией.

Исчерпывающие рекомендации по компоновке основных разделов пояснительной записки наряду с правилами оформления можно почерпнуть в следующей работе [3].

Критерии оценки дипломной работы. Результаты защиты дипломных проектов определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке протоколов заседаний экзаменационных комиссий.

Дипломный проект (квалификационная работа) оценивается комиссией по следующим основным критериям:

- соответствие темы специальности;
- актуальность темы;
- уровень методологии исследования;
- теоретические результаты;
- практическая значимость;
- обоснованность цели и задач исследования;
- полнота выполнения задания;
- системность работы, логика, качество структуризации;

- степень проработки историографической базы (анализ опубликованных трудов и других источников по теме проекта, объем и качество списка использованных источников);
- понимание студентом методологического инструментария, используемого при решении задач дипломной работы, обоснованность использованных методов и методик исследования;
- самостоятельность суждений, оценок и выводов;
- оригинальность авторских концепций и практических рекомендаций по решению конкретных задач;
- умение выявлять и решать проблемы в процессе выполнения дипломного проекта (дипломный проект должен носить проблемно-ориентированный, а не реферативный характер);
- умение сформулировать теоретические и практические результаты своей работы и дать им оценку;
- стиль и язык изложения (ясность, конкретность, лаконичность, соблюдение правил грамматики русского языка и т. п.);
- качество защиты (содержание и полнота ответов на вопросы комиссии, на замечания рецензента, корректность поведения в процессе защиты и т. п.);
- апробация работы (внедрение результатов в практику, наличие авторских публикаций, выступления по теме проекта на конференциях и пр.).

Процесс защиты дипломной работы в ГЭК является, несмотря на безусловную объективность, высокий профессионализм и широкий кругозор членов комиссии, интригующей лотереей, по счастью — беспроигрышной. Выражаясь иначе, работа, выполненная на высоком научно-инженерном уровне, оформленная и представленная должным образом, без всякого сомнения, будет по заслугам оценена комиссией. Однако даже те работы, которые не были досконально выверены, могут претендовать на положительную и даже отличную оценку за счет грамотного представления результатов исследования, лаконичного доклада и уверенных ответов на дополнительные вопросы, подтверждающих высокую инженерную квалификацию, широту кругозора и наличие профессиональных компетенций автора работы.

Заключение. Рассмотренные концепция инженерного анализа и процедура научного исследования, по сути, являются основополагающими в системном подходе к подготовке квалификационной работы в инженерном вузе. Однако эффективное применение данного подхода возможно только при наличии у студента-дипломника следующих знаний, навыков и личностных качеств инженера-проектировщика:

- изобретательность, т. е. способность в соответствии с поставленной целью генерировать полезные идеи, принципы, нетривиальные инженерные и конструкторские решения, лежащие в основе функционирования объектов или процессов;

- способность проводить инженерный анализ — умение анализировать информацию различного характера, имеющую непосредственное отношение к предмету исследований, используя научные или технические принципы, с целью наискорейшего получения оптимальных решений;
- технические знания — доскональное знание и глубокое освоение конкретной инженерной специальности;
- широкая специализация — способность компетентно и уверенно разбираться в основных проблемах или идеях научных дисциплин, лежащих за пределами данной узкой специализации;
- математическое мастерство — умение применять в ходе решения задачи проектирования математический аппарат наряду с вычислительными методами, реализованными в современных программных системах;
- умение принимать решения в условиях неопределенности с учетом априорной информации и существенных факторов;
- умение представлять информацию о полученных результатах — способность выражать мысли, представлять логические рассуждения, алгоритмы решения задачи и аналитические выкладки (устно, письменно, графически).

Необходимо также отметить, что подготовка и защита квалификационной работы — это прежде всего труд: кропотливый, настойчивый и вдохновенный совместный труд руководителя проекта и студента-дипломника, в котором основная задача преподавателя — дать возможность студенту почувствовать себя вовлеченным в процесс научного творчества, поверить в себя, увидеть результат нелегкого, но благородного инженерного труда.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Диксон Дж. *Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений*. Пер. с англ. Е.Г. Коваленко. Москва, Мир, 1969, 440 с.
- [2] Пупков К.А., Гаврилов А.И., Зверев В.Ю. и др. *Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления*. Н.Д. Егупов, ред. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001, 774 с.
- [3] Кузин Ф.А. *Методика написания, правила оформления и порядок защиты: практическое пособие для аспирантов и соискателей ученой степени*. Москва, Ось-89, 2006, 224 с.
- [4] Волчкевич И.Л. *Очерки истории Московского высшего технического училища*. Москва, Машиностроение, 2000, 240 с.

Статья поступила в редакцию 05.05.2014

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Гаврилов А.И. Системный подход к подготовке квалификационных работ в техническом вузе. *Гуманитарный вестник*, 2014, вып. 2.

URL: <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/edu/pedagog/176.html>

Гаврилов Александр Игоревич — канд. техн. наук, д-р филос. наук (Университет ДеМонтфорт), доцент кафедры «Системы автоматического управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Победитель конкурса «Лучший преподаватель МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2012/2013 учебном году» в номинации «Дипломное и курсовое проектирование». Имеет более 40 опубликованных научных работ. Область научных исследований: теория управления, системный анализ, цифровая обработка информации, распознавание изображений, автоматизация технологических процессов, методики преподавания в инженерном вузе. e-mail: alexgavrilov@mail.ru

Systematic approach to qualification thesis preparation in a technical university

© A.I. Gavrilov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The research explores effective methods of qualification thesis preparation on engineering topics. Considerable attention is paid to general design issues, as well as concepts of engineering analysis in particular. We develop a systematic approach to research and engineering design, give recommendations for presenting research materials and consider evaluation criteria for graduation work in an engineering university. The materials presented may be useful both for diploma work supervisors and graduate students.

Keywords: *engineering analysis, scientific research, diploma thesis preparation, technical creativity, engineering training techniques.*

REFERENCES

- [1] Dixon J.R. *Design Engineering: Inventiveness Analysis and Decision Making*. McGraw-Hill, 1966. (Russ. ed.: Kovalenko E.G. Proektirovanie sistem: izobretatel'stvo, analiz i prinyatie resheniy. Moscow, Mir Publ., 1969. 440 p.).
- [2] Pupkov K.A., Gavrilov A.I., Zverev V.Yu., et al. *Metody robastnogo, neuro-nechetkogo i adaptivnogo upravleniya*. N.D. Egupov, ed. [Methods of robust, neuro-fuzzy and adaptive control]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2001, 774 p.
- [3] Kuzin F.A. *Metodika napisaniya, pravila oformleniya i poryadok zashchity: Prakticheskoe posobie dlya aspirantov i soiskatelei uchenoi stepeni*. Kand. Diss. [Methods of writing, design rules and defense of a thesis: A practical guide for graduate students and candidates for a degree. PhD Diss.]. Moscow, Os' 89 Publ., 2006, 224 p.
- [4] Volchkevich I.L. *Ocherki istorii Moskovskogo vysshego tekhnicheskogo uchilishcha* [Essays on the history of the Moscow Higher Technical School]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2000, 240 p.

Gavrilov A.G., Ph. D. (Eng.), Dr. Sci. (Phil.) in DeMontfort University, Assoc. Professor of the Automatic Control Systems Department in Bauman Moscow State Technical University, winner of the “The best Bauman MSTU Lecturer in 2012/2013 academic year” competition in the nomination “Degree and course work preparation”. Author of more than 40 scientific publications. Research interests include control theory, system analysis, digital information processing, image recognition, process automation, methods of teaching in an engineering university. e-mail: alexgavrilov@mail.ru