

*Бусел Иван Андреевич, д-р геолого-минералогических наук,
ЗАО «Стройизыскания», г. Минск, Беларусь*

***Инженерно-геологические основы комплексной технологии
изыскательских, проектных и строительных работ***

***Engineering-geological bases of complex technology of survey,
project and building work***

В статье рассматривается необходимость оптимизации технологии изыскательных, проектных и строительных работ как единого структурного комплекса

The necessity of survey, design and construction work optimization as united system is considered.

В последние годы в Республике Беларусь наблюдается устойчивая тенденция роста объемов строительства. Сложившаяся практика строительства основана, как правило, на устаревших нормативно-методических документах, технологиях и технических средствах, что отрицательно сказывается на эффективности работы строительного комплекса: рост цен, снижение качества, удлинение сроков возведения объектов.

Разработка, освоение и внедрение новых наукоемких технологий идет крайне медленно и не успевает за все возрастающими потребностями строительного рынка.

Требуются принципиально новые подходы к методологии изыскательских, проектных и строительных работ, разработке, привлечению и освоению эффективных инновационных технологий на всех этапах строительного цикла.

Быстрое развитие и становление в последние 20–25 лет объединенной методологии проектно-изыскательских работ как единой системы, обусловленное влиянием новейшей глобальной науки (дизайн инжиниринг), изучающей общие процессы инженерного творчества. Для нее характерна направленность в сторону изучения и формализации самого процесса инженерной деятельности с целью

максимальной замены интуитивно- эмпирического подхода на строго научные методы и применение теории технических систем. В соответствии с таким новым подходом выполненный строительный проект необходимо оценивать не только по качеству и надежности построенного сооружения, но и по качеству самого процесса изыскательских, проектных и строительных работ в целом.

В конце XX века в мировой науке определилось новое научно-техническое направление, охватывающее теоретические и методологические основы проектно-изыскательских и строительных работ.

К достижениям методологии дизайн инжиниринга можно отнести: принятие прогрессивных концепций, основанных на системном подходе, создание инженерно-эвристических методов, совершенствование эмпирических методов исследований и т.д. В то же время существует ряд спорных и недостаточно разработанных методологических вопросов. К их числу относится недооценка инженерно-геологических изысканий при проектировании и строительстве зданий и сооружений, а также не всегда точное и достоверное отражение взаимодействия специалистов по изысканиям, механике грунтов, проектированию и строительству в общей технологии работ.

В современном понимании комплексная технология изыскательских, проектных и строительных работ – это теория и методология строительства, нацеленные не только на обеспечение надежной и безаварийной работы строящихся зданий и сооружений, но и на совершенствовании технологического процесса проектно-изыскательских работ в целом, а также на улучшение их технологических и экономических основ.

Важным элементом теории дизайн инжиниринга является система отслеживания и управления качеством технологических процессов.

В настоящее время развитие методологии дизайн инжиниринга идет по следующим основным направлениям:

- создание научных основ методологии общей технологической системы изыскательских, проектных и строительных работ. С этой целью, в частности производится разработка основных принципов и оптимальной последовательности работ в данной области;

- совершенствование способов использования накопленного опыта строительства и замена упрощенных интуитивно-эмпирических приемов на инженерно-эвристические методы;

– повышение эффективности проектно-исследовательских работ путем улучшения взаимодействия специалистов по инженерной геологии, механике грунтов и проектированию. В этом направлении актуальным является развитие методов эмпирических классификаций и типизации грунтовых условий;

– повышение эффективности изыскательских, проектных и строительных работ в рамках единой методологии на основе принципов активного проектирования.

Важную роль в методологии играет структурирование технологических процессов в целом.

Основные принципы научной методологии комплексной технологии изыскательских, проектных и строительных работ, предназначенные как для оптимизации проектируемых зданий и сооружений, так и для улучшения технологических процессов их создания, включают:

1. *Принцип системности* требует рассматривать объект исследований как единую систему взаимосвязанных характеристик, составляющих объект подсистем в соответствии с целями и задачами исследования.

2. *Принцип природной специфичности* предполагает обязательный учет специфики природы объекта исследований и составляющих его подсистем, закономерностей их существования и развития.

3. *Принцип оптимизации* описания объекта исследований и составляющих его подсистем. Этот обобщенный принцип можно разбить на ряд конкретных частных принципов оптимизации описания:

а) принцип оптимальности степени формализованности описания, требующий использования формализованных моделей в тех соотношениях с неформальными интуитивными способами описания, которые при выполнении требований задачи прогноза, обеспечивали бы ее решение с минимальными затратами. Этот принцип требует не тотальной формализации описания объекта, а использование аппарата эвристических, интуитивных, творческих, неформализуемых методов решения проблем;

б) принцип минимизации размерности описания, требующий стремиться к описанию объекта при минимальном числе переменных и параметров, обеспечивающих заданную точность и достоверность прогноза. Он предлагает оценку каждой переменной в описа-

нии и отбор наиболее информативных из них с точки зрения оптимальности объекта исследований;

в) принцип оптимального измерения показателей, требующий выбора для измерения каждого показателя таких методов, инженерно-геологических изысканий, которые при минимальных затратах обеспечивали бы извлечение достаточной для проектирования и строительства информации;

г) принцип дисконтирования данных, требующий при анализе объекта исследований по ретроспективной информации большее значение придавать новой информации об объекте и меньшее – информации более ранней по времени. Этот принцип реализуется путем введения различных функций дисконтирования исходных данных и применения при построении объекта метода движущейся (скользящей) средней, метода экспоненциального сглаживания и т.п.

В целом, принцип оптимизации описания объекта исследования сводится к реализации либо всех этих частных принципов, либо некоторых из них.

4. *Принцип аналогичности* предполагает при анализе объекта исследований постоянное сопоставление его свойств с известными в данной области сходными объектами и их моделями с целью отыскания объекта аналога и использования при изысканиях и проектировании его модели или отдельных ее элементов.

Этот принцип позволяет, с одной стороны, минимизировать затраты на проектно-изыскательские и строительные работы путем использования готовых прогнозных моделей, а с другой стороны, обеспечить верификацию прогнозов путем сопоставления с прогнозами объектов-аналогов.

Рассмотрим инженерно-геологические аспекты комплексной технологии изыскательских, проектных и строительных работ на всех этапах технологической последовательности основных работ:

1. Инженерные изыскания

Для повышения качества и эффективности, точности и надежности исходных данных на стадии проведения изыскательских работ необходимо основной объем инженерно-геологических исследований проводить непосредственно в массивах грунтов, которые будут служить основанием проектируемого здания или сооружения. При этом для получения информации о свойствах массива применяются современные прогрессивные методы исследований: геофизические,

пенетрационно-каротажные, статическое и динамическое зондирование.

Существенно влияет на качество изыскательских материалов и эффективность изыскательских работ степень взаимодействия и уровень организации совместной работы изыскателей и проектировщиков на стадии изысканий.

Поэтому методика использования исходных данных при проектировании должна основываться на совершенствовании взаимодействия изыскателей и проектировщиков в рамках единого технологического процесса.

В современной методологии дизайн инжиниринга отмечается некоторое упрощение проблем инженерных изысканий и недооценка фундаментального значения инженерной геологии в общей системе изыскательских, проектных и строительных работ.

2. Проектирование оснований и фундаментов

При расчетах оснований и фундаментов важное значение имеет инженерно-геологическое и геомеханическое моделирование грунтовых массивов.

Моделирование является основным связывающим звеном между изысканиями и проектированием оснований и фундаментов, обеспечивающим переход от множества инженерно-геологических данных к расчетным схемам и выбору оптимальных проектных решений.

Традиционная организационно-технологическая разобщенность изыскателей и проектировщиков обусловила значительную несогласованность между этими основными стадиями дизайн-инжиниринга, не позволяя в полной мере реализовать большие потенциальные возможности современных методов и методик инженерно-геологических исследований и применения новых разработок в области механики грунтов.

Очевидно, что никакой прогресс по отдельности в изысканиях и проектировании оснований и фундаментов не даст существенного эффекта, если не будет ликвидирован разрыв между инженерно-геологическим моделированием грунтовых массивов и математическим моделированием геомеханических процессов.

3. Проектирование зданий и сооружений

Качество инженерно-геологической информации имеет основополагающее значение при принятии проектных решений. Выбор окончательного решения – это сложный многофакторный процесс,

имеющий творческий характер и требующий участия специалистов разных профилей – инженеров-геологов, геомехаников и проектировщиков. Принятие решения должно производиться путем сравнения нескольких альтернативных вариантов и выбора оптимального.

4. Геоэкологические исследования

Важность защиты окружающей среды от инженерно-геологических процессов и явлений, обусловленных строительством зданий и сооружений, определилась в последние годы и еще не все специалисты, работающие в строительном производстве, уделяют ей должное внимание.

Несомненно, что геоэкологическими проблемами, значение которых в будущем будет только возрастать, должна заниматься инженерная геология, как наиболее подготовленная к решению этих вопросов из всех наук геологического цикла.

5. Изыскательские работы в период строительства

Сложилось устойчивое представление, что при строительстве зданий и сооружений потребность в новой инженерно-геологической информации существенно снижается. Обычно считается, что изыскатели, выполнив работы для обоснования проекта, полностью завершили свое дело. Однако это не совсем так.

Инженерно-геологическая информация по своей природе не может быть исчерпывающе полной, поскольку процесс познания природы бесконечен.

Полученная в процессе проведения изысканий инженерно-геологическая информация должна быть достоверной. Однако в нашем арсенале отсутствуют простые и дешевые методы или способы оценки ее достоверности.

В связи с этим целесообразно проводить инженерно-геологические работы в процессе строительства в первую очередь крупных и ответственных зданий и сооружений, а также при расположении строительного объекта в сложных инженерно-геологических условиях.

Наиболее важное значение имеет документация строительных котлованов, других строительных выработок и выемок, которая позволяет получить действительно достоверную информацию о вскрытом ими геологическом разрезе (последовательность напластований, условия залегания и взаимоотношения отдельных литологических разностей грунтов). Сопоставление результатов документации

строительных котлованов, выработок и выемок с теми постройками, которые выполнены по результатам инженерно-геологической разведки под конкретные здания и сооружения, позволяют уточнить и детализировать, а иногда и пересмотреть сложившееся представление о геологическом строении участка строительства, внести коррективы в проектную документацию на возводимый строительный объект, проанализировать методику выполненных изысканий, установить информативность применявшихся методов и способов инженерно-геологических работ, их рациональное соотношение и т.д.

Документация строительных котлованов, выработок и выемок должна сопровождаться контрольными определениями физико-механических свойств грунтов, скоростными методами (статическое и динамическое зондирование, пенетрационный каротаж), а в сложных инженерно-геологических условиях – испытаниями грунтов штампами и статическими и динамическими испытаниями свай.

Другое направление инженерно-геологических работ на данной стадии – продолжение начатых при проведении изысканий для обоснования проекта здания или сооружения, наблюдения за факторами, вызывающими или активизирующими развитие неблагоприятных инженерно-геологических процессов. Нередко, данных таких наблюдений, собранных в процессе проведения инженерных изысканий, недостаточно для разработки достоверных прогнозов поведения сложных геотехнических систем, образующихся при строительстве зданий и сооружений, ввиду сжатых сроков выполнения изыскательских работ. Именно поэтому все начатые наблюдения и должны быть продолжены в период строительства с тем, чтобы повысить достоверность разрабатываемых прогнозов.

Таким образом, участие инженеров-геологов должно быть отражено на всех этапах технологической последовательности изыскательских, проектных и строительных работ. При этом необходимо предусмотреть и обратные связи между отдельными этапами и стадиями, имеющими важное методологическое значение. С учетом прогрессирующего возрастания актуальности геоэкологических проблем и слабой разработанностью методики их решения, методологию и технологическую последовательность инженерно-геоэкологических исследований необходимо рассматривать в общей схеме комплексной технологии изыскательских, проектных и строительных работ.

В настоящее время на каждом из рассмотренных этапов решаются частные задачи на основе использования, как правило, устаревших технологий, технических средств и программных продуктов.

В то же время в строительной науке созданы образцы технологий, способные существенно повысить эффективность строительного комплекса в целом, включая снижение стоимости строительства и экономию энергоресурсов. Задача состоит в том, чтобы ускорить их продвижение в практику строительства, используя для этого оправдавшие себя рыночные механизмы.

На сегодняшний день уровень развития мировой строительной науки столь высок, что совершенствование отдельных методов, технологий или технических средств не может существенно отразиться на эффективности строительства в целом.

Актуальной становится задача «подтягивания» практики строительства до уровня существующих научных разработок через привлечение и освоение в строительном производстве новых высокоэффективных технологий.

Вместе с тем, в этих условиях, как известно из опыта других отраслей науки и техники, основным рычагом повышения эффективности становятся управленческие задачи и главные из них – задачи оптимальных решений.

Методология решений этих задач основывается на системном анализе всего технологического процесса (изыскания – проектирование – строительство) с использованием идей и методов теории адаптивного управления и универсального аналитического синтеза реальных геотехнических систем.

Требуется организация разработок новых и привлечение существующих инновационных технологий для повышения эффективности работы каждого из этапов строительства и оптимизация работы всей системы в целом.