

Современные возможности, методы и средства судебно-экспертных строительно-технических исследований

 А.Ю. Бутырин^{1,2},  Е.Б. Статива^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва 129337, Россия

²Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации, Москва 109028, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы использования специальных методов судебной строительно-технической экспертизы. Предложена классификация методов и средств по различным основаниям, в частности по характеру воздействия на объекты и по принципу работы, разобрана специфика их использования в натурных и лабораторных исследованиях. Особое внимание уделено использованию беспилотных летательных аппаратов для осмотра строительных объектов и земельных участков, функционально связанных с ними. Детально представлены следующие методы: физико-механические (элементный, химический, минералогический, фазовый анализ), физические (метод термического анализа), физико-химические (инструментальные методы), механические неразрушающие (основанные на применении молотков Физделя, Кашкарова и Шмидта), механические разрушающие (с применением испытательных прессов, разрывных машин, твердомеров), акустические (ультразвуковые, георадарные), электрофизические (магнитные, электрические и электромагнитные), радиационные (исследование рентгеновскими и гамма-излучениями), радиоволновые, тепловые, голографические, компьютерной томографии, а также расчетные.

Показано, что своевременное пополнение инструментального арсенала эксперта-строителя современными методиками и методами исследования, основанными на последних достижениях науки и техники, является залогом устойчивого развития судебной строительно-технической экспертизы как одного из наиболее востребованных российским судопроизводством направлений экспертной деятельности.

Ключевые слова: *судебная строительно-техническая экспертиза, методы судебной экспертизы, инструменты судебной экспертизы, натурные исследования, лабораторные исследования*

Для цитирования: Бутырин А.Ю., Статива Е.Б. Современные возможности, методы и средства судебно-экспертных строительно-технических исследований // Теория и практика судебной экспертизы. 2023. Т. 18. № 2. С. 12–29. <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2023-2-12-29>

Modern Capacities, Methods, and Means of Forensic Construction Investigations

 Andrey Yu. Butyrin^{1,2},  Ekaterina B. Stativa^{1,2}

¹ National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow 129337, Russia

² The Russian Federal Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Moscow 109028, Russia

Abstract. The article considers the issues of applying specific research methods in forensic construction examinations. The authors propose a classification of methods and means based on various criteria, including the impact on objects and the principles of operation. The specifics of their use in field and laboratory research have also been considered. The authors pay special attention to the use of drones for expert inspections of construction sites and associated land plots. In addition, the following methods have been presented in detail: physical and mechanical (elemental, chemical, mineralogical, phase analysis), physical (thermal analysis method), physical and chemical (instrumental methods), mechanical non-destructive methods (methods based on Fizdel, Kashkarov and Schmidt hammers), mechanical destructive methods (using test presses, bursting machines, tensile testing devices), acoustic (ultrasonic,

ground-penetrating radar), electro-physical (magnetic, electric, and electromagnetic), radiation (X-ray and gamma-ray), radio wave, thermal, holographic, computer tomography, and calculation methods.

It is shown that a timely replenishment of a construction-expert's instrumental arsenal with modern methods and techniques of examination based on the latest scientific and technological advances guarantees sustainable development of forensic construction examinations as one of the most demanded areas of expert activity in Russian legal proceedings.

Keywords: *forensic construction expertise, methods of forensic expertise, instruments of forensic expertise, field studies, laboratory research*

For citation: Butyrin A.Yu., Stativa E.B. Modern Capacities, Methods, and Means of Forensic Construction Investigations. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2023. Vol. 18. No. 2. P. 12–29. (In Russ.).

<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2023-2-12-29>

Введение

В соответствии с действующим законодательством, регламентирующим судебно-экспертную деятельность в Российской Федерации, заключение судебного эксперта должно соответствовать требованиям полноты, достоверности, объективности и всесторонности (ч. 1 ст. 88 УПК РФ, ст. 59, 60, 67 ГПК РФ, ст. 67, 68, 71 АПК РФ, ст. 8 ФЗ о ГСЭД¹).

Проблема обеспечения соответствия заключения судебного эксперта-строителя вышеперечисленным требованиям определяется преимущественно тем, что основные объекты судебной строительно-технической экспертизы (ССТЭ) – здания и сооружения – обычно частично скрыты от исследователя, а наиболее значимые фрагменты строительного объекта (основание и фундамент) недоступны для непосредственного визуального восприятия. Остается невидимой арматура железобетонных каркасов, само «тело» бетона, его структура и текстура. Иными словами, между экспертом и тем, что называется «скрытыми работами»², существует некий познавательный барьер, который в судебно-экспертной практике преодолевается двумя способами:

1) мысленной реконструкцией невидимой части здания или сооружения на основании документальных данных (прежде всего – проектной и исполнительной документации), а также внешних признаков, косвенно характеризующих внутреннее со-

стояние объекта (трещин, прогибов, увлажнения конструкций и пр.);

2) применением технических средств, позволяющих «заглянуть» в недоступную взгляду толщу материала.

Чаще всего судебно-экспертная практика идет по первому пути, и в этом проявляется ее «слабая» сторона. Опираясь на документальные данные, эксперт имеет дело лишь с одной из форм отражения реально существующего материального объекта. А любая форма отражения предполагает искажение и (или) частичную потерю действительной (объективно существующей) информации об объекте исследования. Соответственно, выводы, сделанные экспертом по результатам таких недостаточно полноценных исследований, будут иметь условный характер. Вынося итоговое суждение по поставленным следователем или судом вопросам, эксперт как бы утверждает: «Мои выводы точны, если в приобщенных к материалам дела документах на исследуемый строительный объект содержится исключительно достоверная информация». А поскольку подтвердить или опровергнуть достоверность информации возможно только после определения действительного положения вещей, на данном этапе судопроизводства по конкретному уголовному или гражданскому делу ситуация остается неопределенной.

Второй путь (использование технических средств) позволяет эксперту «продвинуться» значительно дальше в поиске объективных данных, имеющих отношение к предмету исследования.

Специальные методы

Под специальными понимают методы, сфера применения которых ограничена одной или несколькими науками либо отрас-

¹ Федеральный закон от 31 мая 2001 г. № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).

² Скрытыми работами в строительстве называют производственные операции, результаты которых перекрываются последующими работами, что делает невозможным их проверку при сдаче здания или сооружения в эксплуатацию.

лями прикладной деятельности. Специальные методы ССТЭ можно классифицировать по двум основаниям: по характеру воздействия на объекты и по месту проведения исследования.

По первому основанию методы делят на разрушающие и неразрушающие.

При использовании неразрушающих методов изделия, конструкции, здания и сооружения остаются пригодными к эксплуатации. К таким методам относят: радиационный, рентгеновский, гамма-метод, акустический, магнитный, ультразвуковые дефектоскопию и толщинометрию, метод проникающих веществ (капиллярный, течения и т. п.).

При использовании разрушающих методов необратимо нарушается целостность и структура образцов и изделий. К данным методам относятся в частности физико-механические и физико-химические методы исследования образцов материалов, извлеченных из конструкций зданий и сооружений.

По месту проведения судебно-экспертных исследований методы делят на натурные (например, геодезические измерения, геометрические обмеры строительных объектов) и лабораторные (камеральные).

Использование натуральных методов на практике сопряжено с процессуально-организационными проблемами, в частности при распределении обязанностей по вскрытию грунтов (шурфов) и отделочных конструкций стен и перекрытий для определения их конструктивных особенностей.

На сегодняшний день предоставление экспертам спорного строительного объекта для его всестороннего исследования является обязанностью той стороны по делу, которая является собственником исследуемого объекта либо осуществляет его хозяйственное использование.

Требование предоставления объекта в пригодном для исследования виде вытекает из общего принципа цивилистического процессуального права, в соответствии с которым бремя доказывания возлагается на спорящие стороны. Ч. 1 и ч. 3 ст. 65 АПК РФ «Обязанность доказывания» раскрывают это положение достаточно подробно: «Каждое лицо, участвующее в деле, должно доказать обстоятельства, на которые оно ссылается как на основание своих требований и возражений»; «Каждое лицо, участвующее в деле, должно раскрыть доказательства,

на которые оно ссылается как на основание своих требований и возражений, перед другими лицами, участвующими в деле, до начала судебного заседания или в пределах срока, установленного судом, если иное не установлено настоящим Кодексом».

Ст. 16 ФЗ о ГСЭД обязывает эксперта «...составить мотивированное письменное сообщение о невозможности дать заключение и направить данное сообщение в орган или лицу, которые назначили судебную экспертизу, если ... объекты исследований и материалы дела непригодны или недостаточны для проведения исследований и дачи заключения и эксперту отказано в их дополнении...». Вскрытие грунта не является этапом проведения экспертизы, так как это лишь подготовительная работа для приведения в необходимое состояние объекта исследования. Действующее законодательство не обязывает эксперта приводить объекты исследования в пригодный для исследования вид.

Учитывая диспозицию ст. 65 АПК РФ, можно сделать вывод, что обязанность предоставить спорный строительный объект в подготовленном для судебно-экспертного исследования состоянии является логическим продолжением стремления сторон по делу позиционировать себя в судебном состязательном процессе в качестве активных участников, отстаивающих свои законные интересы. Таким образом, указание в АПК РФ на долженствование выполнения определенных действий истцом или ответчиком условно и предполагает деятельное участие в процессе доказывания по делу: если сторона занимает в судебном процессе пассивную позицию, то долженствования (обязанности по вскрытию грунта) у нее не возникает. При этом, исходя из сложившейся практики, суд рассматривает и принимает решения, исследуя и оценивая доказательства, предоставленные прежде всего активной стороной, а также иные доказательства.

«Немобильность» основных объектов ССТЭ, их особый статус (собственность), крупногабаритность и сложность обуславливают значительные временные затраты на натурные исследования, проводимые экспертом-строителем в присутствии сторон по делу либо их представителей³.

³ Судьи в подавляющем большинстве случаев к месту положения спорной недвижимости не выезжают.

Использование беспилотных летательных аппаратов

Натурные исследования можно проводить как непосредственно на объекте исследования, так и опосредованно (бесконтактно), например, с использованием управляемых с земли дронов – беспилотных летательных аппаратов (БЛА), которые различаются по степени автономности, конструкции, назначению и другим параметрам.

Квадрокоптер – это БЛА с четырьмя несущими винтами, обычно запускаемый с помощью пульта дистанционного управления. Как правило, на нем устанавливается мини-камера, позволяющая вести в полете фото- и видеосъемку и получать качественные снимки участков земли, комплексов зданий, производственных территорий, домовладений и отдельных строительных объектов с точек, обычно недоступных для эксперта (например, над соседними территориями, домовладениями, зданиями, водоемами, котлованами, деревьями и кустарниками).

В ССТЭ используют профессиональные квадрокоптеры 350 класса и выше⁴, то есть «тяжелые» дроны с расширенным функционалом, оборудованные надежными системами безопасности и беспроводной связи, качественными камерами. Их система стабилизации и позиционирования в пространстве обеспечивает устойчивое горизонтальное положение при зависании, чтобы выполненный при этом горизонтальный снимок местности отражал уклон рельефа.

Использование квадрокоптеров в натурных исследованиях строительных объектов и земельных участков⁵ позволяет:

- провести разведку исследуемой территории, комплексов строений либо отдельных протяженных и сложных в строительном плане объектов;
- значительно сократить трудоемкость и временные затраты на натурные исследования;
- обеспечить пространственно-свободную (без привязки оператора к земле) точку съемки объектов;
- провести высококачественную ситуационную аэросъемку участков земли, ком-

плексов зданий, производственных территорий, домовладений и отдельных строительных объектов с определенной высоты;

- осуществить высококачественную общую, обзорную, ориентирующую и узловую съемку исследуемых объектов – как снаружи, так и внутри;

- обеспечить безопасный осмотр земельных участков, строительных объектов, их конструктивных элементов и узлов в труднодоступных и аварийных местах без использования технических средств (лесов, автоподъемников, плавсредств, вездеходов и т. п.), услуг промышленных альпинистов, не подвергая при этом опасности жизнь и здоровье экспертов и не затрачивая дополнительные материальные средства;

- отрисовать ориентировочный абрис участков земли, комплексов зданий, производственных территорий, домовладений для сравнительного анализа с представленными либо составляемыми схемами, выполненными на основе проведенных геодезических работ, во избежание возможных ошибок;

- освидетельствовать пространственное положение сложных комплексов строений и сооружений, образованных в результате плотной застройки и нагромождений, с комбинированным использованием различных строительных материалов, нередко имеющих большой физический износ.

Наряду с перечисленными преимуществами использования дронов в судебно-экспертной практике, существуют некоторые организационные проблемы. Работа аппаратов напрямую зависит от погодных условий, что приводит к корректировке производственных планов судебных экспертов. Использование БЛА требует специального разрешения⁶, его отсутствие может стать препятствием для работы эксперта. Например, когда одна из сторон по делу представляет орган, выдающий такие разрешения или же объект экспертизы расположен вблизи специальных зон, «закрытых» для обзора с воздуха (военных объектов, тюрем, объектов правительственной связи и пр.). При этом дрон, нарушивший воздушное пространство режимного объекта, мо-

⁴ Класс квадрокоптера в цифровом выражении (например, 350, 450) определяет расстояние (в мм) по диагонали от одного мотора этого аппарата до другого.

⁵ Инициатор внедрения дронов в практику ССТЭ – ведущий отделом строительно-технических, экономических и товароведческих экспертиз ФБУ Челябинская ЛСЭ Минюста России А.Е. Фоменко.

⁶ См. ст. 11.4 КоАП РФ «Нарушение правил использования воздушного пространства». Порядок использования воздушного пространства Российской Федерации, в том числе и беспилотными воздушными судами, установлен Федеральными правилами использования воздушного пространства Российской Федерации, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 11.03.2010 № 138.

жет быть нейтрализован или сбит средствами радиоэлектронной борьбы, что повлечет материальный ущерб для судебно-экспертного учреждения (организации).

При соблюдении действующих правил и учета погодных условий использование БЛА весьма перспективно в практике производства ССТЭ. Их применение в комплексе с совершенствующимися «наземными» техническими средствами и оборудованием (в том числе лабораторным) позволит проводить судебно-экспертные строительно-технические исследования на высоком профессиональном уровне, в полной мере отвечающим требованиям современного судопроизводства.

Лабораторные методы

К лабораторным методам ССТЭ относят методы, применяемые в стационарных или лабораторных условиях для исследования образцов и проб, извлеченных из конструкций зданий и сооружений. Это физические, физико-механические, химические и физико-химические исследования, предназначенные для анализа морфологии (внешнего строения), состава (элементного, молекулярного, фазового – качественного и количественного), структуры, физических и химических свойств веществ и материалов, используемых в строительной индустрии.

1. С использованием физико-химических методов в образцах оценивают: прочность, морозостойкость, влажность, плотность, водопроницаемость, реологические свойства (вязкость, предельное напряжение сдвига, тиксотропность вязко-текучих сред – битумов, красок, растворных бетонных смесей и пр.).

Химический анализ строительных материалов – это комплекс лабораторных испытаний. К наиболее распространенным его видам относят: элементный, собственно химический, минералогический и фазовый.

Элементным анализом устанавливают общую массу химических веществ, находящихся в исследуемом строительном материале, а также их природу и функции. Можно определить, к какому типу состава (органическому, минеральному или сложному) он принадлежит.

Химический анализ заключается в определении химических компонентов в составе строительного материала, а также в выявлении их концентрации и установлении общего объема.

Минералогический анализ нацелен на определение совокупности природных и

искусственных соединений минералов в составе строительных материалов, поскольку отличить один материал от другого возможно только в случае, когда известен состав каждого из них.

Фазовый анализ основан на определении совокупности смешанных частей, одинаковых по своим свойствам и структуре. Фазовый состав определяет структуру и характеристики сырья компонентов, содержащихся в строительных материалах.

Так, химический анализ затвердевшего состава бетона или раствора позволяет эксперту определить наличие вяжущего и заполнителей и их соотношение; по составу и количеству солевых отложений в порах строительного материала – вид и интенсивность его коррозионного разрушения.

2. Физические методы ССТЭ основаны на зависимости между химическим составом материала образца и его физическими свойствами. С использованием этих методов определяют:

- электрические (электрическое сопротивление и проводимость, термоэлектрические и гальваномагнитные) свойства;
- акустические (ультразвуковые, акустическую эмиссию) свойства;
- тепловые (калориметрию, теплопроводность, плотность и термическое расширение) свойства.

К тепловым следует также отнести метод термического анализа. Сущность его заключается в изучении превращений, происходящих в условиях нагревания в системах или индивидуальных соединениях при различных физических и химических процессах, сопровождающих их тепловыми эффектами. Термический анализ широко применяется для исследования разнообразных строительных материалов: неорганических и органических, природных и созданных искусственно. Его использование позволяет установить присутствие в материале того или иного включения, обнаружить реакции взаимодействия, разложения и, в ряде случаев, определить количественный состав твердой фазы.

3. Физико-химические исследования строительных материалов позволяют углубленно изучить их состав, структуру и свойства. Полученная с их помощью информация позволяет исследовать эксплуатационную надежность зданий и сооружений.

Эти исследования основаны на изучении физических явлений, происходящих

при протекании химических реакций. Например, при использовании кондуктометрического метода изучается электропроводимость строительного раствора, в котором идет реакция, а при использовании колориметрического метода измеряется интенсивность окраски в зависимости от концентрации вещества. Чаще всего физико-химические методы анализа применяют для фиксации окончания аналитической реакции, которое определяют по изменениям оптических, электрохимических и других свойств среды.

Разновидностью физико-химических методов анализа являются инструментальные методы, в которых для получения информации о химическом составе вещества исследуемый образец подвергают воздействию какого-либо вида энергии. В зависимости от вида энергии в веществе происходит изменение энергетического состояния составляющих его частиц (молекул, ионов, атомов), выражающееся в преобразовании того или иного свойства (окраски, магнитных свойств и т.п.). Регистрируя это изменение как аналитический сигнал, можно получать информацию о качественном и количественном составе исследуемого объекта или о его структуре.

Инструментальные методы позволяют автоматизировать и ускорить сам процесс анализа, а некоторые приборы дают возможность проводить анализ на расстоянии, что гарантирует сохранение целостности исследуемого материала. Достоинством инструментального анализа является также использование компьютерной техники как для расчетов результатов, так и для решения других аналитических вопросов [1–6].

Определение первоначального состава затвердевшего бетона и раствора необходимо при установлении соответствия дозировки составляющих готового изделия (в первую очередь цемента) заданной марке бетона. Это распространенная практика проведения судебно-экспертных исследований, направленных на установление причин аварий в строительстве в случаях, когда есть основание считать, что обрушение здания или сооружения произошло из-за недостаточной прочности бетонных конструкций.

Деятельность судебного эксперта-строителя не обходится без применения методов, разработанных для внесудебных исследований и применяемых для установления причин и условий обрушения

строительных объектов [2–3], определения их технического состояния [4–5] и возможности реконструкции; проверки характеристик и свойств продукции производства строительных материалов и изделий, их соответствия данным технических паспортов и сертификатов; определения физико-технических характеристик местных строительных материалов; подбора состава бетонов, растворов, мастик, антикоррозионных и других строительных составов; отбора проб грунта, бетонных и растворных смесей; изготовления образцов и их испытания (разрушающие методы); определения прочности бетона в конструкциях и изделиях неразрушающими методами [6, 7]⁷.

Механические неразрушающие методы

Данные методы нашли широкое применение в строительстве благодаря своей простоте, удобству и возможности выполнить проверку состояния материала в различных точках конструкции.

В экспертной практике в этой области наиболее распространены методы, основанные на применении молотков Физделя, Кашкарова и Шмидта.

1. Молоток Физделя является наиболее простым прибором не только в конструктивном отношении, но и по методике испытания прочности бетона, применяемой в соответствии с методом пластических деформаций. Ударная часть прибора заканчивается стальным шариком. По бетонной конструкции наносится серия локтевых ударов молотком (не менее десяти на одно место испытания) – шарик вдавливается в бетон, в результате на поверхности конструкции остается отпечаток. Этим эффектом обусловлено понятие «метод пластической деформации». По размеру отпечатка определяется приближенное значение предела прочности бетона.

Для измерения отпечатков применяют лупу со шкалой или микроскоп Бринелля. Производится два перпендикулярных по направлению измерения диаметров отпечатка. Определив средний арифметический диаметр, по тарировочной кривой «прочность – диаметр отпечатка» устанавливается прочность бетона.

⁷ В этих работах изложены, в частности, методические основы визуально-измерительного контроля котлованов и земляных сооружений, фундаментов зданий, металлоконструкций, каменных и армокаменных, бетонных, железобетонных и деревянных конструкций.

Молоток Физделя требователен к размерам и массе отдельных элементов. Так, масса молотка должна составлять 250 г, а диаметр шарика – 17,483 мм. Это существенно, ибо на вторичном рынке нередко встречаются бывшие в употреблении молотки Физделя, которые ранее использовались, например, для наклепывания автомобильных рессор. Естественно, что рабочие характеристики такого инструмента отличаются от эталонных (например, шарик часто заклинивает), поэтому полученный результат, скорее всего, будет недостоверным. Кроме этого, эффективность метода зависит от однородности бетона: при наличии крупного заполнителя – щебня фракций от 30 мм и более – точность результатов будет невысокой.

Хотя молоток Физделя – один из первых приборов, который начали массово применять на строящихся объектах, точность измерений с его применением сравнительно низкая, поскольку на диаметр отпечатка влияет не только прочность бетона, но и субъективный фактор – сила удара. В настоящее время молоток рекомендуется использовать только для ориентировочной оценки прочности.

2. Молоток Кашкарова – инструмент, предназначенный для определения прочности железобетонных изделий и монолитного железобетона. Он состоит из сменного металлического стержня с известной прочностью (эталонный стержень), индентора (шарика), стакана, пружины, корпуса с ручкой и головки. Длина молотка составляет 300 мм, масса – 0,9 кг. Принцип действия следующий: молотком наносится удар по поверхности бетона, при помощи углового масштаба или измерительной лупы замеряется величина отпечатков, образовавшихся на бетоне и стержне, а затем определяется прочность стержня из соотношения диаметров отпечатков и вычисляется прочность бетона.

Погрешность измерений молотком Кашкарова может составлять 12–20 % (что довольно много) – это существенный недостаток прибора. Современные электронные склерометры более точны. Кроме того, прочность бетона определяется только в поверхностных слоях (1 см), которые часто подвержены разрушению из-за карбонизации. Вдобавок прибор практически нечувствителен к прочности крупного заполнителя и его зерновому составу.

3. Молоток Шмидта (склерометр механический массой 1,5 кг) используется для

установления прочности бетонных и железобетонных конструкций на сжатие методом упругого отскока⁸. Метод основан на ударе с нормированной энергией бойка и измерении высоты его отскока в условных единицах шкалы прибора, являющейся косвенной характеристикой прочности бетона на сжатие.

Ассортимент измерителя довольно широк: модели отличаются в зависимости от характеристик исследуемых объектов (например, их толщины, размера), а также энергии удара. Для определения прочности бетона в распоряжении эксперта могут находиться электронные инструменты модели Digi Schmidt с модификациями ND и LD, которые работают автоматически, выдавая результаты измерений на монитор в цифровом виде.

К недостаткам измерителя следует отнести зависимость величины отскока от угла удара, влияние внутреннего трения на величину отскока и недостаточную герметизацию, которая способствует преждевременной потере точности.

Механические разрушающие методы

В практике ССТЭ данные методы реализуются с использованием специального оборудования, инструментов и приборов, некоторые виды которых мы приведем ниже.

1. Испытательные прессы.

1.1. Пресс испытательный П-10 (10 т). Назначение: испытание изделий и образцов строительных материалов (бетонов, природных и искусственных камней) на сжатие.

1.2. Пресс гидравлический ручной ПГПР. Назначение: испытание строительных материалов на изгиб, растяжение, сжатие, разрыв.

1.3. Прибор ПОС 30 – МГ4 типа ГПНВ – 5. Назначение: испытание строительных материалов на прочность методом отрыва со скалыванием для установления прочности легких бетонов⁹.

⁸ Молотки Шмидта выпускаются с различными вариантами энергии удара, поскольку могут применяться не только для бетона, но и для кирпичей, для измерения прочности швов со строительным раствором в кирпичной кладке.

⁹ Принцип действия прибора: на испытываемой конструкции выбирают ровный участок и пробивают отверстие глубиной 55 мм; в отверстие вставляют анкер, затем, вращая ручку поршневого насоса, производят извлечение анкера. В момент разрушения испытываемого материала визуально устанавливают максимальное давление по манометру.

1.4. Пресс испытательный малогабаритный МИП-25, МИП-50. Назначение: оперативные испытания в лабораторных условиях.

Отдельные прессы могут работать в автоматическом режиме – управление производится с помощью компьютера (модель ТП-1-1500). Испытательный пресс ИП-500 с максимальной нагрузкой 500 кН представляет собой устройство нового поколения, подходящее для испытаний бетона, асфальтобетона, растворов, половинок кирпича, огнеупоров и пр. Применение цифровых систем автоматического управления позволяет эффективно использовать сложные испытательные прессы по бетону.

Недостатком ряда прессов является то, что они подпрыгивают в момент разрушения бетона, что отражается на эксплуатационных свойствах измерительной аппаратуры. Малогабаритные испытательные прессы такого недостатка не имеют.

Усовершенствование испытательных прессов направлено прежде всего на повышение отражаемой точности получаемых результатов исследований на аппаратуре, подвергаемой ударным воздействиям [8].

2. Разрывные машины.

2.1. Разрывная машина Р-100 для металлов. Назначение: статическое испытание на растяжение образцов металлов и сплавов. Дополнительные приспособления позволяют выполнять испытания на сжатие, изгиб и загиб вплотную¹⁰.

2.2. Универсальная разрывная машина ЕУ-20. Назначение: статическое испытание образцов металлов на растяжение, сжатие и изгиб.

Недостатки разрывных машин сводятся к значительным габаритам и весу по сравнению с параметрами испытуемого образца. Кроме того, под воздействием усилия в ходе испытаний деформируется не только образец, но и элементы машин. Данное обстоятельство необходимо учитывать при оценке результатов [9].

3. Твердомеры.

3.1. Копер маятниковый. Назначение: испытание металлов по методу Шарпи на двухопорный изгиб по ГОСТ 9454-78¹¹. Метод основан на разрушении образца с концентратором посередине (края образца

располагают на опорах) одним ударом маятникового копра. В результате определяют полную работу, затраченную при ударе (работу удара), или ударную вязкость (работу удара, отнесенную к начальной площади поперечного сечения образца в месте концентратора).

3.2. Динамические твердомеры и твердомеры неразрушающего действия, в частности, переносные, работающие по методу отскока, при этом датчик прибора устанавливается на изделие, твердость которого нужно измерить. Метод заключается в определении скорости отскока твердосплавного индикатора от поверхности исследуемого объекта.

Динамические твердомеры не следует использовать для измерения твердости изделий массой менее 5 кг или со стенками тоньше 10 мм. В таких случаях твердость деталей измеряют, притирая их к массивной плите через слой смазки таким образом, чтобы изделие и плита образовали единую монолитную массу. Но такой способ невозможен при испытаниях тонкостенных сосудов, резервуаров и трубопроводов, в этих случаях использование метода измерения твердости нуждается в дополнительном расчетном и экспериментальном обосновании [18].

Данные приборы постоянно совершенствуются, появляются новые модификации твердомеров, работа которых основана на различных методах [19–21].

Акустические методы

Такие методы основаны на возбуждении упругих механических колебаний, по параметрам которых определяют физико-механические характеристики исследуемого материала. В зависимости от частоты колебаний методы делят на ультразвуковые (частота 20 000 Гц и выше), звуковые (до 20 000 Гц) и инфразвуковые (до 20 Гц).

Акустические методы в большинстве случаев используют в ССТЭ для выявления и исследования дефектов конструкций (в том числе трещин, расслоений и пустот), проверки качества швов сварных соединений, дефектоскопии клеевых соединений и стыков, определения толщины изделий из металлических сплавов и прочностных характеристик бетона.

Методы широко применяются на практике, поскольку имеют ряд преимуществ: звуковые волны легко проникают в объект исследования, хорошо распространяются в

¹⁰ Машины разрывные Р-5, Р-10, Р-20, Р-50, Р-100. <https://nd-gsi.ru/grsi/030xx/03761-73.pdf>

¹¹ ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах // Кодекс. <https://docs.cntd.ru/document/1200005045>

металлах, бетоне и других материалах, эффективны при выявлении дефектов с малым раскрытием, чувствительны к изменению структуры и физико-механических свойств материалов, не представляют опасности для экспертов. Возможно использование различных типов волн (продольных, поперечных, поверхностных, нормальных и др.).

На акустических методах основана работа ряда приборов, в частности [22–25]:

- склерометр электронный ИПС-МГ4;
- дефектоскоп ультразвуковой А1212 МА-СТЕР;
- дефектоскоп сварки арматуры «Арматура-1»;
- ультразвуковая измерительная установка серии «Сканер» модель «Скаруч»;
- дефектоскоп ультразвуковой OmniScan;
- дефектоскоп ультразвуковой EPOCH LT (фирма Panametric-NTD);
- ультразвуковой толщиномер А1208;
- ультразвуковой толщиномер УДТ–40¹².

Основные недостатки акустических методов относятся прежде всего к высокочастотным методам. С их помощью затруднительно или даже невозможно исследовать неоднородные, крупнозернистые материалы, объекты малых размеров и сложной конфигурации, определить характер дефектов и их реальные габариты. Эти методы требуют ровной, гладкой поверхности испытуемого образца, а также не позволяют получить при традиционных «ручных» исследованиях объективный документ о факте и результатах их выполнения (подобно рентгеновской пленке).

Принцип действия георадарных методов основан на зондировании электромагнитными импульсами земной поверхности на различную глубину и восстановлении картины раздела сред с различной диэлектрической проницаемостью по отражающему сигналу. Это позволяет установить геологическое строение грунтов, положение изучаемого объекта, глубину заложения фундаментов или погружения свай, наличие коммуникаций, зон обводнения грунтов, факт деформации грунтов и оснований.

Использование георадаров в практике ССТЭ затрудняла необходимость специальной подготовки как для работы с прибором на экспертных осмотрах, так и при декодировании (расшифровке) полученных

результатов в лабораторных условиях. Поскольку малоинформативные инструкции не способствовали эффективному освоению принципов действия устройств, были разработаны методические рекомендации «Порядок проведения геофизических исследований с использованием георадара серии “Лоза” при производстве судебных строительно-технических экспертиз» [25].

Кроме того, установлены пределы технических возможностей устройств и выявлены проблемы, возникающие при их эксплуатации в судебно-экспертной практике. С использованием георадара невозможно получить точные метрические значения исследуемого объекта, поскольку, строго говоря, он не является средством измерения и не внесен в соответствующий госреестр¹³. Наличие металлов, которые часто присутствуют в строительных конструкциях, значительно искажает считываемые технические характеристики. Поэтому эксперту-строителю следует использовать современные георадары в основном как средство ориентирования. Они позволяют установить наличие (отсутствие) искомого материального образования, несущего в себе потенциально доказательственную информацию. При установлении факта его наличия проводится вскрытие грунта и последующие исследования с использованием иных инструментов.

Для получения более точной и детальной, имеющей отношение к предмету экспертизы информации об объекте необходимо назначение и производство комплексной экспертизы с привлечением экспертов нескольких специальностей. На основании методических источников, предписывающих порядок проведения исследований с использованием георадара за рамками судопроизводства¹⁴, в экспертную комиссию следует включить: экспер-

¹³ Государственный реестр средств измерений – это особый документ, который предназначен для регистрации типов средств измерений. Имеет статус государственного документа, удостоверяющего, что зарегистрированное средство измерений и его изготовитель прошли необходимые формальные и существенные (по существу) проверочные процедуры, на основании которых данное средство измерений включено в список измерительных устройств, для которых установлены официальные технические нормы и правила метрологической поверки.

¹⁴ Методика определения точного местоположения и глубины залегания, а также разрывов подземных коммуникаций (силовых, сигнальных кабелей, трубопроводов газо-, водоснабжения и др.), предотвращающих их повреждение при проведении земляных работ. МДС 11–21.2009. М.: ОАО «ЦПП», 2010. 41 с.

¹² Методические рекомендации по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций. М.: Росавтодор, 2004.

та-строителя, эксперта-геофизика и эксперта-геолога.

Эксперт-строитель берет на себя организаторские функции, устанавливая последовательность выполнения исследования и распределяя обязанности между исполнителями.

Эксперт-геолог (совместно с экспертом-строителем) участвует в рекогносцировочном осмотре, отмечает по косвенным признакам изменение грунтово-гидрогеологических условий, определяет места вскрытия грунта (бурения), руководит рабочим процессом, отбирает пробы материалов и грунта для определения их гранулометрического состава и физико-механических свойств в лабораторных условиях.

Эксперт-геофизик формирует конкретную методику проведения исследований, проводит техническое обслуживание аппаратуры, приводит георадар в рабочее состояние, устанавливает начальные параметры измерений, следит за работой георадара и регистрацией радарограммы, изменяет начальные параметры в ходе исследований в зависимости от результатов записи, следит за электропитанием прибора, осуществляет подготовку к его транспортировке по окончании инструментальных исследований.

Эксперт-геолог (совместно с экспертом-геофизиком) в камеральных условиях участвует в обработке и интерпретации радарограмм.

По окончании натурных исследований эксперт-строитель принимает обработанные и интерпретированные радарограммы, а также результаты лабораторных исследований по отобраным пробам материалов и грунтов. Он синтезирует результаты совместных исследований и формулирует общие выводы.

Таким образом, георадарные исследования достаточно сложно организовать. В то же время временные и материальные затраты оправданы в следственно- и судебно-экспертных ситуациях, разрешение которых требует трудоемкого исследования и проведения крупномасштабных земляных, дорожных работ; поиска и обнаружения протяженных подземных и подводных линейных и иных объектов, вовлеченных в сферу уголовного расследования и судебного разбирательства.

С развитием данного направления исследований эксперты-строители получили возможность проводить их комис-

сионно, без привлечения геофизиков и геологов, так как ССТЭ традиционно аккумулирует в себе знания из смежных областей познавательной деятельности (той же геологии и геофизики) – в пределах, которые позволяют эксперту решать поставленные современным судопроизводством задачи.

Электрофизические методы

Данные методы ССТЭ делят на магнитные, электрические и электромагнитные.

1. Магнитные методы применяют для определения дефектов в металле, качества сварных швов. Их использование основано на искривлении и рассеивании магнитного потока при наличии дефектов конструкции.

2. Электромагнитные методы позволяют установить толщину металлических элементов, а также контролировать натяжение арматуры в железобетонных конструкциях. Для выявления положения и глубины залегания арматуры в железобетонных конструкциях используют приборы магнитно-индукционного типа.

3. Электромагнитный метод положен в основу определения влажности древесины. По замеренному электрическому сопротивлению можно судить о состоянии материала в конструкции по соответствующим зависимостям между электропроводностью и влажностью определенного сорта древесины.

Перечень приборов, работа которых основана на электрофизических методах [26, 27], разнообразен. Среди них:

- измеритель защитного слоя бетона ИПА-МГ4;
- измеритель защитного слоя бетона ИЗС-10Н;
- искатель трубопроводов ИТ-5;
- течеискатель ПТ-11Д пьезоэлектрический дистанционный;
- измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2;
- люксметр Ю116 (от 5 до 100000 лк).

Недостатком электрофизических методов является невозможность применения на участках строительных объектов с выступающими над их поверхностями заземленными элементами инженерного оборудования из электропроводных материалов и при обследовании кровель с защитным слоем из гравия или с загрязненной поверхностью.

Радиационные методы

При проведении строительно-технических исследований применяют радиоактивные вещества. Радиоактивные или ионизирующие излучения представляют собой электромагнитное или корпускулярное самопроизвольное излучение альфа-, бета-, гамма-частиц, нейтронов и рентгеновских лучей.

К приборам, использующим и преобразующим различного рода излучения, относятся дозиметр-радиометр ДРГБ-01 «ЭКО-1» и аппарат искусственной погоды ИП-1-3.

Ионизирующие свойства и проникающая способность радиоактивных изотопов делают возможным их применение для определения плотности, влажности и однородности бетонов и грунтов, позволяют вести наблюдение за ходом различных реакций, технологических процессов и могут применяться для исследования фильтрации воды в грунтах, что особенно важно при исследовании объектов гидротехнического строительства [28].

Неразрушающее исследование с помощью ионизирующего излучения эффективно при обследовании строительных конструкций для различных целей: оно позволяет оперативно получить определяемые характеристики.

При всех преимуществах радиационных методов имеется ряд технических ограничений:

- точность исследований существенно зависит от правильности расположения элементов – излучателя и детектора, а также от подбора фокусного пятна трубки; только при условии идеальных геометрических параметров исследование даст точные результаты;

- ограниченная чувствительность: даже самые точные дефектоскопы имеют определенные ограничения и порой могут не зарегистрировать неоднородности, которые меньше порога чувствительности прибора;

- точность зависит от направления просвечивания, например, при несовпадении плоскости раскрытия трещин с вектором просвечивания заметить такой дефект затруднительно;

- в случае наложения многочисленных деталей дефекты могут «маскироваться» и быть неотличимы от контуров деталей, размещенных ниже исследуемого объекта.

Недостатком радиационных методов является вредное воздействие на человека,

что требует соблюдения специальных мер радиационной безопасности: экранирования, увеличения расстояния от источника излучения и ограничения времени пребывания эксперта в опасной зоне.

Исследование рентгеновскими и гамма-излучениями применяется для оценки физико-механических характеристик материалов и качества конструкций. Прежде всего, с его помощью осуществляют дефектоскопию сварных соединений, а также определяют упругую составляющую деформации металла, выявляют раковины, трещины, включения инородных материалов. В бетоне и железобетоне устанавливается плотность, однородность, а также положение и диаметр арматуры, толщина защитного слоя бетона.

С помощью рентгеновской дефектоскопии можно определять как недостатки, возникшие на стадии изготовления строительных конструкций, так и повреждения, которые появились в результате их эксплуатации.

Этот способ основан на способности рентгеновских лучей проникать сквозь толщу материала. Фиксируя информацию о распределении интенсивности лучей и анализируя ее, сравнивая скорость прохождения лучей через материал с эталонной, получают данные о характере дефекта и его местоположении.

Рентгеновская дефектоскопия отличается высокой степенью точности даже в случаях исследования изделий большой толщины. Отдельный плюс – возможность их проведения без контакта с конструкцией.

В практике используются следующие типы рентгеновских аппаратов:

- переносной рентгеновский аппарат Radioflex RF-200SPS;

- аппарат рентгеновский импульсный наносекундный автономный АРИНА-02;

- переносной рентгеновский аппарат Radioflex RF-300M2F;

- рентгеновские аппараты стационарные и кабельного типа серии ЭКСТРАВОЛЬТ (EXTRAVOLT);

- импульсные рентгеновские аппараты серии АРИОН;

- серия портативных рентгеновских аппаратов постоянного тока АРИОН-200.

Для просвечивания деталей и конструкций применяют также источники нейтронного излучения. Применение данного излучения наиболее эффективно при опре-

делении влажности материалов – бетона, древесины и др.

Радиоволновой метод

В ССТЭ перспективен радиоволновой метод исследования (СВЧ). Приборы, разработанные на его основе, позволяют оценить такие характеристики, как влажность, плотность, пористость строительных материалов, толщину защитного слоя в железобетонных конструкциях.

Применение радиоволнового метода эффективно при исследовании пластмасс, древесины (в том числе и в клеевых конструкциях), бетона, железобетона и ряда других материалов. Радиоволновой метод дает возможность исследовать начальную стадию зарождения очагов нарушения сплошности конструкций, а также ход дальнейшего развития дефектов [29–30].

Тепловые методы

Тепловые методы чрезвычайно полезны при обследовании ограждающих конструкций. На основе этих методов разработаны специальные приборы – тепловизоры. Они позволяют с высокой точностью проводить теплофизические исследования строительных конструкций.

Принцип действия тепловизоров основан на использовании инфракрасного излучения внешнего источника, отраженного от исследуемого материала или прошедшего сквозь него. Применение тепловизоров дает возможность оценить общие теплопотери здания, обнаружить усадку теплоизоляции ограждающих конструкций, исследовать температурные поля, найти пустоты в изоляции, трещины в ограждающих конструкциях, оценить воздухопроницаемость стыковых соединений [31].

К числу современных тепловизоров относятся:

- компактные тепловизионные камеры FLIR серии Ebx;
- тепловизоры Testo 865, Testo 871, Testo 890-1 (различаются своими функциональными возможностями);
- тепловизор серии TH-9100 фирмы NEC (Япония);
- тепловизоры Condrol IR-CAM 1;
- тепловизор ADA Instruments TemPro VISION;
- тепловизор RGK TL-80 и др.

Особенности эксплуатации тепловизоров: уязвимость к механическим воздействиям (что требует особой осторожности)

и зависимость точности полученных результатов от угла съемки, отношения нормали к поверхности объекта, расстояния до него, его отражающей способности. Так, при тепловизионном исследовании стен их облицовка – металлический сайдинг либо иной металлосодержащий материал, обладающий значительной отражающей способностью, искажает фактические результаты исследования «коренных» стен. Ошибки в измерениях возможны в случае попадания в поле зрения тепловизора любых посторонних элементов, из-за чего следует внимательно следить за ориентацией тепловизора во время работы.

Голографические методы

Перспективными для применения являются голографические методы, позволяющие получать при изменении условий рассматривания одной и той же созданной голограммы объемные изображения такими, какими они видны при различном положении точки наблюдения при непосредственном рассмотрении объекта.

Для обнаружения скрытых повреждений конструкций, возникших при пожаре или взрыве, предметов, находящихся в бетоне или жидкости, используют мобильный голографический комплекс «УГНИ» и систему неразрушающего контроля «Эхо+», работа которых основана на методах радио- и акустической голографии.

Указанные приборы дают возможность осуществить в ходе экспертного осмотра предварительные исследования, результаты которых в совокупности с другими сведениями являются исходными данными для выдвижения экспертных версий о причинах и обстоятельствах события, ставшего предметом расследования либо судебного разбирательства [32–33].

Существуют и другие неразрушающие методы исследования, применение которых наиболее эффективно в комплексе, поскольку физические принципы, на которых они базируются, взаимно дополняют друг друга [34, с. 305–386]. Простота измерений и обработки полученных результатов имеют решающее значение при выборе того или иного метода исследования. Выпускаемые приборы малогабаритны, имеют большой набор сервисных функций и располагают каналом инфракрасной связи с компьютером. Обработка измеряемых параметров производится с помощью компьютерных программ, что обеспечивает ее высокую достоверность.

В приборы для определения прочностных характеристик материала конструкций, выпускаемые ведущими зарубежными фирмами, заложен тот же принцип косвенных измерений и тот же методический подход, что и в отечественные. Отличие состоит в более рациональном наборе сервисных услуг и ускоренной обработке результатов. Например, в нашей стране и за рубежом для определения прочности бетона, раствора, кирпичной кладки широко используются различные модификации молотка Шмидта, позволяющие вести измерения и обработку данных в автоматизированном режиме. Основными критериями при выборе методов и средств исследований являются допустимая предельная погрешность измерений, простота и удобство работы, включая регистрацию и обработку результатов [35, с. 34–63].

Наиболее полная информация об отдельных качественных показателях железобетонных конструкций может быть получена только с помощью неразрушающих методов. Чаще всего для определения прочности бетона прибегают к механическому испытанию образцов, высверленных из конструкций; к методу местного разрушения бетона (отрыва, скола углов, отрыва со скалыванием); к методу упругих либо упругопластичных деформаций и к ультразвуковому методу. Для определения месторасположения и диаметра арматуры прибегают к магнитному и радиационному методам. Для обнаружения дефектов железобетонных конструкций (каверн, раковин, плохо уплотненных участков бетона, разрыва арматуры) — к ультразвуковому, радиационному и магнитному методам. К этой группе методов можно отнести применяемый в ряде случаев для оценки состояния конструкций метод испытания пробной нагрузкой.

Неразрушающих методов, предназначенных для установления прочности арматуры, не существует, поэтому данный показатель определяется по профилю арматуры либо по результатам проводимых на силовом оборудовании испытаний образцов, вырезанных из обследуемой конструкции.

Прочность каменной кладки рекомендуется определять косвенным путем — по маркам раствора и камня; прочность камней и раствора — разрушающими и неразрушающими методами. Использование разрушающих методов предполагает извлечение образцов из конструкции, после-

дующее испытание их на силовом оборудовании, обработку результатов испытаний и установление нормативной либо расчетной прочности кладки по аналитическим зависимостям между прочностью кладки и прочностью камней и раствора [36].

Эксперты-строители достаточно часто исследуют деревянные строения и отдельные деревянные конструкции в целях установления соответствия продукции строительного производства действующим техническим нормам.

При определении влажности древесины используют, наряду с указанными выше, метод высушивания. Для этого из конструкции выпиливают образцы древесины призматической формы размером 20 x 20 x 30 мм, их взвешивают и помещают в сушильный шкаф на 12–24 часа (режим сушки зависит от породы исследуемой древесины). По окончании сушки образцы вновь взвешивают; вычисленная с помощью соответствующих уравнений влажность материала соотносится с нормативной.

Упростить получение данной характеристики позволяет электровлагомер — прибор, действие которого основано на изменении электропроводности древесины в зависимости от ее влажности. Преимущества его использования: быстрота и возможность проверки влажности строительных элементов любого размера. Недостатки: определение влажности возможно только в местах соприкосновения древесины с датчиком, невысокая точность показателей при большой влажности образца (в диапазоне измерения до 30 % погрешность составляет 1,0–1,5 %) [37, с. 21].

С помощью рассматриваемых методов можно также определять прочность древесины, ее твердость, плотность, пористость, тепло- и звукопроводность, способность удерживать металлические крепления и прочее.

При экспертном исследовании эксплуатационных свойств деревянных конструкций может быть использован метод акустической эмиссии (АЭ)¹⁵. Механизмы появления АЭ различны, чаще всего это образование трещин, фазовые превращения и процессы трения. Энергия излучаемых механических волн регистрируется с помощью

¹⁵ Акустическая эмиссия — процесс излучения материалом механических волн, вызванных локальной динамической перестройкой его структуры.

преобразователя АЭ, устанавливаемого на поверхности исследуемого материала.

Метод компьютерной томографии

Метод компьютерной томографии, обычно применяемый для исследования внутренних органов человека, в настоящее время используют и для определения качества древесины. С его помощью выявляют в частности внутренние трещины и уплотнения.

Применение традиционных качественных методик (визуальное исследование, рентгеновская радиография, ультразвук и др.) не всегда позволяет полноценно охарактеризовать дефекты в конструкциях и изделиях из современных, сложных по своей структуре функциональных материалов. Использование компьютерной томографии позволяет с высокой степенью точности определить размер и расположение пустот, инородных включений, обнаружить области с пониженной плотностью, трещины и другие несплошности [38, 39].

Расчетные методы

В ССТЭ широко применяются расчетные методы, разработанные в рамках специальной дисциплины – строительной механики (теории сооружений). Чаще остальных используются методы определения внутренних напряжений в частях конструкций от внешних нагрузок, температурных воздействий и т.п., иных процессов, методы определения деформаций, изучения условий устойчивости, исследования различных изменений в деформациях при длительной эксплуатации сооружений.

Существенную роль в расчете сооружений играет теория пластичности, с ее помощью можно получить представление об истинном запасе надежности строения (сооружения). Для этого выясняют параметры разрушающей нагрузки (параметры предельного состояния конструкций или несущей способности), их сопоставляют с параметрами эксплуатационной нагрузки. Метод расчета по предельным состояниям положен в основу действующих в России строительных норм и правил.

В ходе исследований, проводимых судебным экспертом-строителем, специальные методы используются на основе общенаучных: «Каждый из методов экспертизы связан с другими, иногда даже предопределяет или контролирует результаты другого метода. Они дополняют друг друга, хотя

подчас могут осуществляться в известной последовательности либо приобретать преимущественное применение» [40].

Заключение

Описанные методы заимствованы из несудебных сфер человеческой деятельности. Так, применяемый экспертом-строителем при разработке вариантов раздела строений между собственниками метод графического моделирования включает в себя элементы некоторых используемых в архитектуре методов: проектирования, реконструкции, концептуального моделирования, оптимального функционального решения объекта и других. Этот метод также содержит приемы, заимствованные из строительного проектирования. Вместе с тем, он применяется исключительно для решения задач судебной строительно-технической экспертизы, что придает ему определенную специфику. Это позволяет считать метод графического моделирования строительного объекта в соответствии с условиями, заданными судом, специальным методом ССТЭ, изначально разработанным для проведения исследований в рамках ее производства.

Следует отметить, что у представленных в данной статье постоянно совершенствующихся инструментов и приборов, принцип действия которых основан на использовании неразрушающих (акустических, электрофизических, тепловых, геофизических, голографических, радиоволновых и др.) методов, есть огромный потенциал. Однако судебные эксперты-строители используют их гораздо реже, чем того требуют складывающиеся судебно- и следственно-экспертные ситуации. Создается впечатление, что совершенствование неразрушающих методов проходит в какой-то степени отдельно от развития ССТЭ. Эта ситуация схожа с тем историческим периодом зодчества, когда научная мысль, постигающая закономерности строительного дела, развивалась параллельно практике возведения зданий и сооружений, никак с ней не соприкасаясь.

Например, работы Леонардо Да Винчи (1452–1519) о прочности стройматериалов были малоизвестны и, соответственно, не востребованы до XX века. Исследования Г. Галилея (1564–1642), посвятившего свои труды динамике и решению конструктивно-прочностных вопросов, а также А. Парана (1666–1716), Э. Мариотта (1620–1684), Р. Гука (1635–1703) и других ученых не исполь-

зовались до XIX века. Проектировщики не обращались к расчету конструкций. Достижения науки практически не влияли на работу зодчих – строительство велось по наитию, формируемому опытом. Потребовалось значительное время для того, чтобы строительство стало наукоемкой отраслью, оперативно внедрявшей в производство новейшие технологии, материалы и оборудование.

Судебная строительно-техническая экспертиза будет отвечать требованиям современного судопроизводства только при условии своевременного пополнения ее инструментального арсенала методиками и методами исследования (в том числе специальными), основанными на последних достижениях науки и техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макарова И.А., Лохова Н.А. Физико-химические методы исследования строительных материалов. Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Братск: БрГУ, 2011. 139 с.
2. Аюпов Д.А., Фахрутдинова В.Х., Макаров Д.Б. Физико-химические методы исследования строительных материалов. Инструментальный анализ. Казань: КГАСУ, 2018. 129 с.
3. Галузо Г.С., Богдан В.А., Галузо О.Г., Коваженков В.И. Методы исследования строительных материалов. Минск: БИТУ, 2008. 227 с.
4. Величко Е.Г. Строительные материалы и изделия. Ч. 1 и 2. М.: МИСИ-МГСУ, 2020.
5. Семериков И.С., Герасимова Е.С. Физическая химия строительных материалов. Учеб. пособие. Екатеринбург: Уральский университет, 2015. 204 с.
6. Короткова Е.И., Гиндуллина Т.М., Дубова Н.М., Воронова О.А. Физико-химические методы исследования и анализа. Томск: ТПУ, 2011. 168 с.
7. Добромыслов А.Н. Анализ аварий промышленных зданий и инженерных сооружений // Промышленное строительство. 1990. № 9. С. 9–10.
8. Гроздов В.Т. Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений. СПб.: KN+, 2000. 48 с.
9. Сендеров Б.В. Аварии жилых зданий. М.: Стройиздат, 1991. 216 с.
10. Шкинев А.Н. Аварии на строительных объектах, их причины и способы предупреждения и ликвидация. М.: Стройиздат, 1966. 309 с.
11. Добромыслов А.Н. Диагностика поврежденных зданий и инженерных сооружений. М.: МГСУ: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. 301 с.
12. Добромыслов А.Н. Исследование надежности конструктивных систем // Промышленное строительство. 1989. № 12. С. 20–22;
13. Физдель И.А. Дефекты в конструкциях и сооружениях и методы их устранения. М.: Изд-во литературы по строительству, 1978. 260 с.

REFERENCES

1. Makarova I.A., Lohova N.A. *Physicochemical Methods of Analysis of Building Materials, Textbook*. 2nd ed. Bratsk: BrGU, 2011. 139 p. (In Russ.).
2. Ayupov D.A., Fakhrutdinova V.H., Makarov D.B. *Physicochemical Methods of Analysis of Building Materials. Instrumental Analysis*. Kazan: KGASU, 2018. 129 p. (In Russ.).
3. Galuzo G.S., Bogdan V.A., Galuzo O.G., Kovazhenkov V.I. *Methods of Analysis of Building Materials*. Minsk: BITU, 2008. 227 p. (In Russ.).
4. Velichko E.G. *Construction Materials and Products. Part 1 and 2*. Moscow: MISI-MGSU, 2020. (In Russ.).
5. Semerikov I.S., Gerasimova E.S. *Physical Chemistry of Construction Materials. Textbook*. Yekaterinburg: Ural'skii universitet, 2015. 204 p. (In Russ.).
6. Korotkova E.I., Gindullina T.M., Dubova N.M., Voronova O.A. *Physicochemical Methods of Research and Analysis*. Tomsk: TPU, 2011. 168 p. (In Russ.).
7. Dobromyslov A.N. Analysis of Accidents in Industrial Buildings and Engineering Structures. *Industrial Building*. 1990. No. 9. P. 9–10. (In Russ.).
8. Grozdov V.T. *Signs of the Emergency State of Bearing Constructions of Buildings and Structures*. Saint Petersburg: KN+, 2000. 48 p. (In Russ.).
9. Senderov B.V. *Accidents in Residential Buildings*. Moscow: Stroyizdat, 1991. 216 p. (In Russ.).
10. Shkinev A.N. *Accidents at Construction Sites, Their Causes and Ways of Prevention and Elimination*. Moscow: Stroyizdat, 1966. 309 p. (In Russ.).
11. Dobromyslov A.N. *Diagnostics of Damages to Buildings and Engineering Constructions*. Moscow: MGSU: Izd-vo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov, 2008. 301 p. (In Russ.).
12. Dobromyslov A.N. Research of Reliability of Structural Systems. *Industrial Building*. 1989. No. 12. P. 20–22. (In Russ.).
13. Fizdel I.A. *Defects in Structures and Constructions and Methods of Their Elimination*. Moscow: Izd-vo literatury po stroitel'stvu, 1978. 260 p. (In Russ.).

14. Грунин И.Ю., Будько В.Б. Научно-методические принципы визуально-измерительного контроля в строительной экспертизе. М.: Пресса-Принт, 2009. 157 с.
15. Будько В.Б., Бутырин А.Ю., Грунин И.Ю., Makeev A.V., Troitskiy-Markov T.E., Schigrev S.A. Применение визуально-измерительного метода неразрушающего контроля при решении экспертных вопросов, связанных с установлением причин возникновения и развития дефектов каменных ограждающих конструкций жилых и общественных зданий // Теория и практика судебной экспертизы. 2010. № 1 (17). С. 100–135.
16. Бенин А.В. Модернизация испытательных машин (прессов) для механических испытаний строительных материалов // Техника и технологии. 2012. № 3. С. 82–88.
17. Акунец Н.А. Влияние характеристик разрывных испытательных машин на результаты испытаний пластических свойств проволоки РМЛ // Литье и металлургия. 2019. № 1. С. 89–94. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-1-89-94>
18. Казанцев А.Г., Караев А.Б., Саньков Н.И., Сугирбеков Б.А. Об измерении твердости переносными твердомерами ударного действия // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2010. № 4 (32). С. 70–76.
19. Рабцевич А.В., Мацулевич О.В. Новые возможности метода динамического индентирования в приборе Импульс-2М // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2007. № 2. С. 29–36. <https://elib.gstu.by/handle/220612/19624>
20. Стихановский Б.Н., Стихановская Л.М. Контроль качества материалов и конструкций методом упругого отскока бойка с квазипластическим ударом // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2013. № 6. С. 25–29.
21. Мощенок В.И., Ляховицкий М.М., Дощечкина И.В., Кухарева И.Е., Кольцов А.Г. Новые методы определения нано- и микротвердости материалов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2009. № 46. С. 34–38.
22. Вотинов А.В., Семухин Б.С., Ковалев Г.И. Определение теплопроводности строительных материалов акустическим методом // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 6. С. 181–188. <https://vestnik.tsuab.ru/jour/article/view/254>
23. Капустин В.В., Ушаков А.Л., Бакайкин Д.В. Применение акустических методов для обследования строительных конструкций // Разведка и охрана недр. 2008. № 1. С. 25–28.
24. Дзенис В.В., Васильев В.Г., Зоммер И.Э. и др. Акустические методы контроля в технологии строительных материалов. Л.: Стройиздат, 1978. 151 с.
14. Grunin I.Y., Bud'ko V.B. *Scientific and Methodological Principles of Visual Measuring Control in Construction Expertise*. Moscow: Pressa-Print, 2009. 157 p. (In Russ.).
15. Bud'ko V.B., Butirin A.Yu., Grunin I.Yu., Troitskiy-Markov T.E., Schigrev S.A., Makeev A.V. Application of a Visually-Measuring Method of Not Destroying Control to the Decision of the Expert Questions Connected with an Establishment of the Reasons of Occurrence and Development of Defects of Stone. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2010. No. 1 (17). P. 100–135. (In Russ.).
16. Benin A.V. Modernization of Testing Machines (Presses) for Mechanical Testing of Building Materials. *Technics and Technology*. 2012. No. 3. P. 82–88. (In Russ.).
17. Akunets N.A. Influence of the Characteristics of Breaking Test Units on the Results of Testing Plastic Properties of the Wire RML. *Foundry Production and Metallurgy*. 2019. No. 1. P. 89–94. (In Russ.). <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-1-89-94>
18. Kazantsev A.G., Karaev A.B., Sankov N.I., Sugirbekov B.A. Hardness Measuring with Portable Impact Hardness Testing Machines. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*. 2010. No. 4 (32). P. 70–76. (In Russ.).
19. Rabtsevich A.V., Matsulevich O.V. New Possibilities of Dynamic Indentation Method in the Impulse-2M Device. *Vestnik of Sukhoi State Technical University of Gomel*. 2007. No. 2. P. 29–36. (In Russ.). <https://elib.gstu.by/handle/220612/19624>
20. Stichanovskiy B.N., Stichanovskaya L.M. The Material Quality Control of the Elastic Rebound Method of Quasiplastic Stroke. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2013. No. 6. P. 25–29. (In Russ.).
21. Moshchenok V.I., Lyakhovitskii M.M., Doshchekina I.V., Kukhareva I.E., Kol'tsov A.G. New Methods for Determining Nano- And Microhardness of Materials. *Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University*. 2009. No. 46. P. 34–38. (In Russ.).
22. Votinov A.V., Semukhin B.S., Kovalev G.I. Acoustic Method of Measuring Thermal Conductivity of Construction Materials. *Journal of Construction and Architecture*. 2016. No. 6. P. 181–188. (In Russ.). <https://vestnik.tsuab.ru/jour/article/view/254>
23. Kapustin V.V., Ushakov A.L., Bakaikin D.V. Application of Acoustic Methods for Inspection of Building Structures. *Prospect and Protection of Mineral Resources*. 2008. No. 1. P. 25–28. (In Russ.).
24. Dzenis V.V., Vasil'ev V.G., Zommer I.E. *Acoustic Methods of Control in the Technology of Building Materials*. Leningrad: Stroyizdat, 1978. 151 p. (In Russ.).

25. Чудиевич А.Р., Сафонова Е.А., Кулишенко К.А., Хамидова Д.В. Порядок проведения геофизических исследований с использованием георадара серии «Лоза» при производстве судебных строительно-технических экспертиз. М.: ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, 2019. 76 с.
26. Морозов А.А., Сурин В.И., Батухтин Е.А., Зорин Т.Н. Информационное обеспечение электрофизического метода исследования поверхности материалов // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2011. № 3. С. 59–65.
27. Долгополов Н.Н. Электрофизические методы в технологии строительных материалов. М.: Стройиздат, 1971. 240 с.
28. Назипов Р.А., Храмов А.С., Зарипова Л.Д. Основы радиационного неразрушающего контроля. Казань: КазГУ, 2008. 66 с.
29. Черепанов А.О. Комплекс радиоволновых исследований для решения геокриологических задач в районах развития ММП // Геофизика. 2018. № 1. С. 52–59.
30. Андрияшников А.Ф. Радиоволновой неразрушающий контроль // Novainfo. 2018. № 93. С. 72–76. <https://novainfo.ru/article/15961>
31. Будько В.В., Грунин И.Ю., Комов Е.П., Троицкий-Марков Р.Т., Бутырин А.Ю., Ким-Серебряков Д.В., Макеев А.В. Методические подходы к тепловизионному исследованию конструкций чердачных помещений эксплуатируемых зданий // Теория и практика судебной экспертизы. 2009. № 4 (16). С. 166–186.
32. Григорович В.Л. Собираение и исследование доказательств голографическими средствами и методами // Вестник Сибирского юридического института МВД России. 2011. № 1 (9). С. 169–176.
33. Григорович В.Л. Особенности применения голографической съемки в уголовном судопроизводстве // Проблемы правоохранительной деятельности. 2015. № 3. С. 104–108.
34. Грабовый П.Г., Солунский А.И., Воронин В.А., Грабовый К.П., Загидуллина Г.М. и др. Экспертиза и инспектирование инвестиционного процесса. Учебник для вузов / Под ред. П.Г. Грабового, А.И. Солунского. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. Ч. 1. 460 с.
35. Грабовый П.Г. и др. Методическое пособие к выполнению дипломного проекта для студентов факультета ВШОСЭУН специальности 270115 (291500) «Экспертиза и управление недвижимостью». М.: МГСУ, 2009. С. 34–63.
36. Бедов А.И., Сапрыкин В.Ф. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. М.: АСВ, 1995. 192 с.
37. Григорьев М.А. Материаловедение для столяров, плотников и паркетчиков. М.: Высшая школа, 1989. 173 с.
25. Chudievich A.R., Safonova E.A., Kulishenko K.A., Khamidova D.V. *The Order of Conducting Geophysical Investigations Using "Loza" Series GPR in the Production of Forensic Construction Examinations*. Moscow: RFCSE, 2019. 76 p. (In Russ.).
26. Morozov A.A., Surin V.I., Batukhtin E.A., Zorina T.N. Informational Support of Electrophysical Method for Research the Surface of Materials. *Informational Technologies in Design and Production*. 2011. No. 3. P. 59–65. (In Russ.).
27. Dolgoplov N.N. *Electrophysical Methods in the Technology of Building Materials*. Moscow: Stroyizdat, 1971. 240 p. (In Russ.).
28. Nazipov R.A., Khramov A.S., Zaripova L.D. *Fundamentals of Radiation Nondestructive Testing*. Kazan: KazGU, 2008. 66 p. (In Russ.).
29. Cherepanov A.O. The Radio Wave Research Complex for Solving Geocryological Problems in the Permafrost Areas. *Geophysics*. 2018. No. 1. P. 52–59. (In Russ.).
30. Andryushenkov A.F. Radio-Wave Non-Destructive Control. *Novainfo*. 2018. No. 93. P. 72–76. (In Russ.). <https://novainfo.ru/article/15961>
31. Bud'ko V.V., Grunin I.Yu., Komov E.P., Troitskii-Markov R.T., Butyrin A.Yu., Kim-Serebryakov D.V., Makeev A.V. Methodical Approaches to the Thermal Imaging Investigation of the Attic Structures of the Premises. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2009. No. 4 (16). P. 166–186. (In Russ.).
32. Grigorovich V.L. Collection and Study of the Evidence by Holographic Means and Methods. *Bulletin of the Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2011. No. 1 (9). P. 169–176. (In Russ.).
33. Grigorovich V.L. Peculiarities of Application Holographic Shooting in Criminal Legal Proceedings. *Problems of Law Enforcement*. 2015. No. 3. P. 104–108. (In Russ.).
34. Grabovyi P.G., Solunskii A.I., Voronin V.A., Grabovyi K.P., Zagidullina G.M., et al. *Expertise and Inspection of the Investment Process: Textbook for Universities* / P.G. Grabovyi, A.I. Solunskii (eds.). Part 1. Moscow: Izd-vo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov, 2006. 460 p. (In Russ.).
35. Grabovy P.G. et al. *The Methodical Guide for the Performance of the Diploma Project for the Students of Higher School of Economics Specialty 270115 (291500) "Expertise and Management of Real Estate"*. Moscow: Moscow State University of Civil Engineering, 2009. P. 34–63. (In Russ.).
36. Bedov A.I., Saprykin V.F. *Inspection and Reconstruction of Concrete and Stone Structures of Premises*. Moscow: ASV, 1995. 192 p. (In Russ.).
37. Grigoryev M.A. *Material Science for Joiners, Carpenters, and Woodworkers*. Moscow: Vysshaya shkola, 1989. 173 p. (In Russ.).

38. Прусов Е.С. Компьютерная томография для задач трехмерного материаловедения // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 5–2. С. 318–323.
39. Гоголев А.С., Казарян М.А., Филатов Н.А., Обходский А.В., Попов А.С., Чистяков С.Г., Кизириди А.А. Томографические исследования с учетом спектральной информации // *Краткие сообщения по физике ФИАН*. 2018. № 6. С. 20–28.
40. Винберг А.И., Малаховская Н.Т. Судебная экспертиология (общетеоретические и методологические проблемы судебных экспертиз). Учеб. пособие. Волгоград: НИИРИО ВСШ МВД СССР, 1979. 183 с.
38. Prusov E.S. Computer Tomography for the Tasks of Three-Dimensional Materials Science. *Fundamental'nye issledovanie*. 2015. No. 5–2. P. 318–323. (In Russ.).
39. Gogolev A.S., Filatov N.A., Obkhodsky A.V., Popov A.S., Chistyakov S.G., Kiziridi A.A., Kazaryan M.A. Tomography Imaging Taking into Account Spectral Information. *Bulletin of the Lebedev Physics Institute*. 2018. No. 6. P. 20–28. (In Russ.).
40. Winberg A.I., Malakhovskaya N.T. *Forensic Expertology (Theoretical and Methodological Problems of Forensic Examinations)*. Textbook. Volgograd: NIIRIO VSSh MVD SSSR, 1979. 183 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бутырин Андрей Юрьевич – д. юр. н., профессор кафедры организации строительства и управления недвижимостью Московского государственного строительного университета; начальник отдела строительно-технической экспертизы ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России; e-mail: stroisud@mail.ru

Статива Екатерина Борисовна – к. юр. н., доцент кафедры организации строительства и управления недвижимостью Московского государственного строительного университета; ведущий государственный судебный эксперт отдела строительно-технической экспертизы ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России; e-mail: stroisud@mail.ru

Статья поступила: 12.04.2023
После доработки: 10.05.2023
Принята к печати: 25.05.2023

ABOUT THE AUTHORS

Butyrin Andrei Yur'evich – Doctor of Law, Professor at the Department of Construction and Property Management, Moscow State University of Civil Engineering; Head of the Department of Construction Forensics of the Russian Federal Centre of Forensic Science of the Russian Ministry of Justice; e-mail: stroisud@mail.ru

Stativa Ekaterina Borisovna – Candidate of Law, Associate Professor at the Department of Construction and Property Management, Moscow State University of Civil Engineering; Leading State Forensic Expert of the Department of Construction Forensics of the Russian Federal Centre of Forensic Science of the Russian Ministry of Justice; e-mail: stroisud@mail.ru

Received: April 12, 2023
Revised: May 10, 2023
Accepted: May 25, 2023