

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Первая Всероссийская научная конференция

Молодежная секция

14–22 апреля 2020 г.

Сборник докладов



УДК 001(042.3)
ББК 72я43
М74

М74 Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем: сб. докл. Первой Всероссийской научной конференции, 14–22 апреля 2020 г., СПб. (Молодежная секция). СПб.: ГУАП, 2020. 202 с.: ил.

ISBN 978-5-8088-1501-8

Сборник содержит доклады студентов – участников Первой Всероссийской научной конференции. Представленные материалы отражают весь спектр направлений научных работ, проводимых Институтом фундаментальной подготовки и технологических инноваций ГУАП. Они посвящены актуальным проблемам создания новейшей техники и технологий, конкурентоспособной наукоемкой продукции с учетом экологических норм и требований, а также проблемам управления наукоемкими инновациями.

Оргкомитет конференции

Председатель оргкомитета:

В. В. Окрепилов – академик РАН, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности

Члены оргкомитета:

Ю. А. Антохина – доктор экономических наук, профессор, ректор ГУАП

А. А. Оводенко – доктор технических наук, профессор, президент ГУАП

Е. Г. Семенова – доктор технических наук, профессор, директор Института фундаментальной подготовки и технологических инноваций

А. О. Смирнов – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой высшей математики и механики

В. Г. Фарафонов – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики

И. И. Коваленко – кандидат физико-математических наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой физики

ISBN 978-5-8088-1501-8

© Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического
приборостроения, 2020

УДК 534.422

П. В. Абрамов

студент кафедры инноватики и управления качеством

А. В. Чабаненко

кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

СУММИРУЮЩИЙ СИНТЕЗ, АНАЛОГОВЫЕ СИНТЕЗАТОРЫ

Сфера музыкального оборудования в последнее время активно развивается. Доходы в этой сфере за минувший год составили порядка пятисотой части от мирового экспорта нефти и газа. Этот рынок почти полностью поделен:

- струнные инструменты (40%);
- духовые инструменты (38%);
- мембранные инструменты (13%);
- самозвучающие инструменты (8%).

Между ними остается лишь малый промежуток, отведенный для новых разработок, не относящихся к данной классификации. Однако сравнительно небольшой процент, приходящийся на них, объясняется их малочисленностью, а не востребованностью.

Традиционные музыкальные инструменты почти все стали классикой. Для того чтобы стать профессиональным музыкантом, нужны годы занятий и огромные денежные затраты, из-за чего многие бросают обучение, не дойдя до конца. Также всем им не хватает новизны звука, техники игры и необычного вида инструментов.

Изменить предпочтения музыкантов и приучить их использовать совершенно новые инструменты вместо привычных традиционных – дело не из легких. Однако изобретатели продолжают выводить на рынок новинки. Некоторые из них даже снискали определенную популярность среди потребителей, особенно синтезаторы, способные благодаря суммирующему синтезу давать различное звучание нот.

Конкуренцию традиционным музыкальным инструментам сможет составить VOICEGEN, разработанный на базе инновационной школы «ОРИОН» (рис. 1). Этот новый музыкальный инструмент опережает все остальные по ряду показателей:

- низкая цена;
- независимость от источников питания;
- простота обучения игре;
- большой диапазон звучания (6 октав);
- компактность (200×300×200);
- небольшая масса (2–3 кг);
- новизна устройства.



Рис. 1. Графическая концепция VOICEGEN

VOICEGEN состоит из 72 умножителей частоты с определенными коэффициентами и ключами, динамика, генератора типа FREECHARGE HUMAN POWER (рис. 2).

Генератор дает переменный ток с частотой 20 Гц, который может увеличиться или уменьшиться по желанию музыканта, а также имеется возможность регулировки частоты по желанию музыканта при соответственно увеличении или уменьшении оборотов вращения ротора через ручку. Однако делать это рекомендуется лишь для добавления эффектов при игре, чтобы избежать нечеткости и неточности звучания инструмента. Большой диапазон нот обеспечивают умножители частоты, взятые с определенными коэффициентами умножения, что позволяет воспроизводить через динамик звук с возможными частотами от 65 до 3951 Гц. Принцип суммирующего синтеза и параллельное подключение ключей и умножителей дают возможность проигрывать многоголосия, т. е. играть одновременно несколько нот [1].

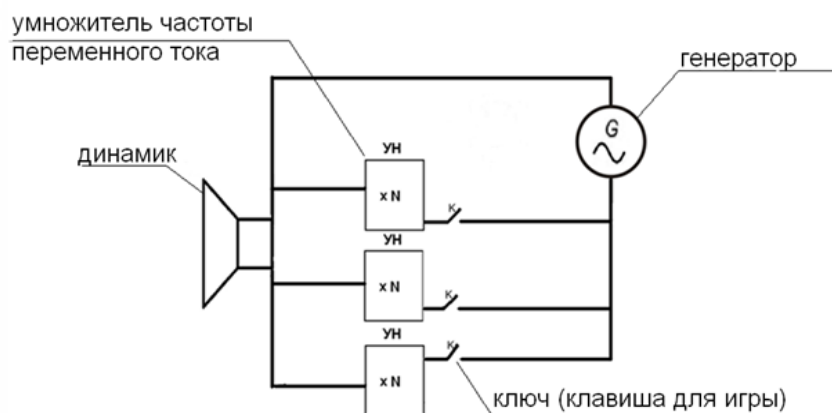


Рис. 2. Схема устройства VOICEGEN

Если изменить схему данного аппарата добавлением дополнительных умножителей частоты, соединенных с динамиком, то у музыканта появится возможность добавлять различные эффекты к звучанию VOICEGEN. Данная конфигурация уже имеется у ряда электромузыкальных инструментов, однако по большей части она требует отдельной покупки и настройки. Встраивание же в сам аппарат позволит снизить затраты для потребителей и избежать потерь при передаче электрического сигнала.

Принцип игры на VOICEGEN:

- музыкант должен вращать ручку генератора одной рукой с частотой один оборот в секунду;
- второй рукой – нажимать на клавиши, расположенные в шесть рядов по октаве;
- звук воспроизводится при нажатии клавиши, соответствующей определенной ноте.

Данный музыкальный инструмент будет способен занять свою нишу на рынке музыкальных инструментов, а особенно будет интересен ценителям новых музыкальных течений.

Для определения сильных и слабых сторон были проведены PEST- и SWOT-анализы, основные пункты в которых – цена (прибор имеет низкую себестоимость), энергоресурсы (данная концепция потребляет лишь ту энергию, что вырабатывает человек) и потребности и способности людей, молодого поколения. Эти и другие пункты дадут концепции большое преимущество в сравнении с конкурентами, относительно которых проводилось исследование (электрогитары, синтезаторы, ударные) [2].

По данным социологических интернет-опросов, основными потребителями станут музыканты-любители и меломаны. Эти люди, как правило, уже знакомы или хотят познакомиться с музыкальными инструментами, и не слишком критичны при его выборе.

При кажущейся наполненности рынка музыкальных инструментов разработанная идея крайне жизнеспособна, имеет множество преимуществ перед конкурентами, отвечает запросам современного потребителя, что позволит ей выйти на рынок электромузыкальных инструментов и быть конкурентоспособной.

Библиографический список

1. Справочное пособие по физике. URL: <http://www.physbook.ru> (дата обращения: 20.11.19).
2. Семенова, Е. Г. Совершенствование процессов управления наукоемким производством и оценки его потенциала / Е. Г. Семенова, А. В. Чабаненко // Радиопромышленность. 2016. № 26 (4). С. 38–43.

УДК 664

А. Ф. Алексеевич, Е. А. Евдокимова

студенты кафедры инноватики и интегрированных систем качества

В. О. Смирнова

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЭКОЛОГИЯ И СФЕРА ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

«Макдоналдс» – это самый популярный ресторан быстрого питания в мире. На данный момент в мире насчитывается около 36 тысяч одноименных ресторанов. Это огромная точка потребления. В каждом ресторане присутствует специальный сотрудник, задача которого – рекламировать ресторан и рассказывать об экологической деятельности компании. Что же делает «Макдоналдс» для поддержания экологии:

- 1) каждый ресторан сдает на переработку картон, фритюрное масло и люминесцентные лампы;
- 2) более 80% упаковки, используемой в российских ресторанах, производится из возобновляемых, переработанных или сертифицированных источников;
- 3) кофе закупается у компании «Паулиг», которая обладает сертификатом UTZ, означающим, что кофе произведен с соблюдением всех требований по защите окружающей среды;
- 4) закупая рыбу у компании «Эсперсен», «Макдоналдс» участвует в независимой экспертизе MSC (*Marine Stewardship Council*). Данная экспертиза следит за состоянием рыбных запасов и сохранением морской среды и биологического разнообразия;
- 5) с 2014 г. компания *HAVI Logistics* начала использовать автотранспорт, осуществляющий доставки в рестораны «Макдоналдс», работающий на газовом топливе, что сокращает выброс CO_2 в окружающую среду [1].

Но данная деятельность обусловлена либо законодательством (сдача фритюрного масла и ламп), либо экономической выгодой компании (закупка продукции у различных сертифицированных поставщиков). Однако как бы не старалась компания, многие проблемы не оговорены и требуют решения. Одной из таких проблем, по нашему мнению, является пленочная упаковка, в которой в рестораны поступает продукция. В такой упаковке привозят глубокомороженные котлеты, курицу и картошку фри. В среднем в каждом ресторане в день выбрасывается около 5 кг такой упаковки.

Можно подсчитать сколько такой упаковки выбрасывается только в Санкт-Петербурге. На данный момент в городе расположено 64 ресторана. Получается, что в день выбрасывается 320 кг такой упаковки, а в год почти 117 т.

По такому же принципу работают и другие рестораны быстрого питания, и, если подсчитать, сколько упаковки из-под продукции выбрасывается всеми точками быстрого питания, получатся ужасающие результаты. В данной статье мы бы хотели описать достаточно простое решение, которое поможет снизить уровень загрязнения окружающей среды от производимого ресторанами полиэтилена и подойдет не только для сети «Макдональдс», но и для других точек быстрого питания.

Первой нашей мыслью было полностью отказаться от полиэтиленовой упаковки и доставлять продукцию в рестораны, используя только картонные коробки. Однако данное решение имеет ряд негативных факторов: в таком виде продукт быстро обветривается, в летний период на нем могут появиться яйца насекомых, микроорганизмы и паразиты, кислород из воздуха вызывает окисление гемоглобина мяса, в результате чего мясо теряет вкус и цвет, продажа мяса без упаковки не отвечает современным требованиям (ГОСТ 32951-2014) [2].

Конечно, отсутствие упаковки помогает экономить, но минусы слишком существенны. Потери продукта достигают 50%. Для снижения потерь и продления сроков хранения рекомендуется использовать шоковую заморозку или инъекции антисептиков. Оба варианта требуют экономических и трудовых затрат, а также сказываются на вкусе продукта. После разморозки теряется около 40% мышечной массы, а антисептики не полезны для здоровья потребителей. Основываясь на этих фактах, можно сделать вывод, что отказаться от полиэтиленовой упаковки невозможно, однако ее можно направлять на переработку для последующего использования в тех же целях.

Для выполнения данной задачи необходимо создать ряд условий:

- 1) установить в ресторанах отдельные урны, находящиеся в служебном помещении, которые будут предназначены только для использованной полиэтиленовой упаковки;
- 2) выделить место для хранения собранной упаковки до момента вывоза ее из ресторана;
- 3) спланировать логистику, благодаря которой упаковка будет доставляться на место переработки (например, вывоз полиэтилена один раз в неделю);
- 4) обеспечить условия для переработки на заводе, производящем упаковку, согласно ГОСТ 16338-85 [3].

Таким образом, будет создан замкнутый цикл использования полиэтиленовой упаковки рестораном «Макдональдс» и снизится негативное воздействие на окружающую среду. Данную схему можно предложить для использования другими ресторанами быстрого питания, так как принципы их работы схожи.

Предложенная схема является достаточно простой в реализации и может быть использована не только на благо окружающей среды, но и в рамках пиар-компании ресторана. Средства для реализации нововведения могут быть частично или полностью собраны благодаря акции, в которой часть прибыли от продажи определенной продукции будет поступать в специальный фонд компании «Макдональдс».

Однако даже если будет реализовано это нововведение, останется еще много нерешенных проблем. Одной из них являются картонные кофейные стаканчики, в состав которых входит пластик, что делает их переработку невозможной. Но есть компания *Frugalcup*, которая готова решить эту проблему в ближайшее время, создав стаканчики из вторсырья с пластиковым вкладышем внутри, благодаря чему после использования их можно спокойно разделить и переработать [4].

Библиографический список

1. Планы по переработке отходов и упаковке продукции на глобальном уровне. URL: <https://mcdonalds.ru/articles/news/1148> (дата обращения: 20.09.19).
2. ГОСТ 32951-2014. Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. Дата введения 2016-01-01.
3. ГОСТ 16338-85. Полиэтилен низкого давления. Технические условия (с Изменением № 1). Дата введения 1987-01-01.
4. ЭкоLife: почему кофейные стаканчики вредят окружающей среде и какие есть экологичные альтернативы. URL: <https://recyclemag.ru/article/eko-pochemu-kofeinie-stakanchiki-vredyat-okruzhayuschei-srede-ekologichnie-alternativi> (дата обращения: 20.09.19).

УДК 504.054, 504.064

К. К. Баева

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. В. Епифанов

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

За последнее десятилетие вырос интерес к проблемам охраны окружающей среды в современном мире в целом и в Российской Федерации в частности. Данные перемены в первую очередь связаны с ухудшением экологической обстановки и все возрастающим ущербом от антропогенного воздействия. В России с каждым годом усиливается контроль над соблюдением природоохранных нормативов и рациональным использованием природных ресурсов, растет объем инвестиций, разрабатывается система привлечения правонарушителей к ответственности. На стадии строительства или реконструкции опасных промышленных объектов безопасность данных объектов для окружающей среды должна быть гарантирована по результатам экологической экспертизы.

Экологическая экспертиза нацелена на установление соответствия хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую природную среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий.

Преимуществом экологической экспертизы является разносторонний круг привлекаемых специалистов, компетентных в разных областях знаний. Но при этом узкая специализация экспертов при недостатке привлекаемых экспертов может привести к ошибкам в экспертном заключении.

К основополагающим нормативно-правовым актам в области оценки воздействия на окружающую среду и экологической экспертизы относятся [1–6]:

- Федеральный закон № 174-ФЗ от 23.11.1995 г. «Об экологической экспертизе». Закон регулирует отношения в области экологической экспертизы, направлен на реализацию конституционного права граждан Российской Федерации на благоприятную окружающую среду посредством предупреждения негативных воздействий хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду;

- Приказ Минприроды России № 204 от 06.05.2014 г. «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по предоставлению государственной услуги по организации и проведению государственной экологической экспертизы федерального уровня». Приказ определяет сроки и последовательность административных процедур (действий) при предоставлении Федеральной службой по надзору в сфере природопользования (далее – Росприроднадзор) и ее территориальными органами государственной услуги по организации и проведению государственной экологической экспертизы федерального уровня (далее – государственная экологическая экспертиза), а также порядок взаимодействия между структурными подразделениями Росприроднадзора и территориальных органов Росприроднадзора, их должностными лицами и заявителями при предоставлении государственной услуги;

- Приказ Госкомэкологии РФ № 372 от 16.05.2000 г. «Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации». Приказ регламентирует процесс проведения оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и подготовки соответствующих материалов, являющихся основанием для разработки обосновывающей документации по объектам государственной экологической экспертизы;

- Приказ Минприроды РФ № 539 от 29.12.1995 г. «Об утверждении „Инструкции по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности“». Приказ утвержден для установления единых экологических требований к содержанию нормативной и инструктивно-методической документации, предпроектных и проектных материалов, экологических обоснований лицензий (разрешений) на природопользование и сертификатов, представляемых на государственную экологическую экспертизу;

— Постановление Правительства РФ № 698 от 11.06.1996 «Об утверждении Положения о порядке проведения Государственной экологической экспертизы». Постановление устанавливает порядок проведения государственной экологической экспертизы.

Изучив экологическое законодательство, публикации, мы выявили целый ряд проблем организационного и методологического характера. Особенное значение имеет разграничение полномочий в сфере природопользования и защиты окружающей среды между Российской Федерацией и субъектами [6, 7].

Основные проблемы проведения экологической экспертизы, на наш взгляд:

— высокая загруженность экспертов, нехватка кадров на местах и недостаточное материальное обеспечение, что может привести к необъективным результатам экспертизы. Например, зарплата сотрудников Росприроднадзора по Северо-Западному федеральному округу, занимающихся проведением государственной экологической экспертизы, не превышает 50% от средней по региону, что способствует оттоку высококвалифицированных кадров;

— из-за столкновения интересов различных групп населения экологическая экспертиза не всегда может дать однозначный ответ на конфликтный вопрос. Разногласия возникают между экологической политикой государства и развитием бизнеса, например, тяжелой промышленности, или социально-культурными традициями и экономической выгодой региона, а также между категориями граждан, например, между автомобилистами и пешеходами. Для рационального решения возникших конфликтов стоит уделять внимание общественному мнению, своевременно проводить информирование в СМИ. Например, в 2018 г. был утвержден инвестиционный проект по созданию экотехнопарка «Шиес», который, в частности, предусматривал строительство полигона по захоронению отходов. Утверждение проекта привело к митингам среди жителей Архангельска, Северодвинска и близлежащих населенных пунктов. В результате в середине 2019 г. градостроительные работы были приостановлены для прохождения государственной экологической экспертизы. К настоящему времени полигон еще не прошел государственную экологическую экспертизу, но работы на участке постройки постепенно возобновляются [8].

— в некоторых случаях независимые экологические организации выдают заведомо ложные заключения. Например, в 2016 г. Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ) и экологическая организация «Зеленый крест» подготовили общественные экспертизы, оправдывающие исключение Ключинской косы из заказника «Южное побережье Невской губы» и передачу ее Министерству обороны, чтобы затем коса отошла новому гражданскому глубоководному порту Бронка. Против сокращения территории заказника выступили не только местные жители, но и Министерство природных ресурсов, которое указало, что изъятие части охраняемой территории противоречит закону [9].

Исходя из сказанного, можно сделать вывод, что необходимо дорабатывать положения природоохранного законодательства Российской Федерации в области экологической экспертизы.

Библиографический список

1. Федеральный закон № 174-ФЗ от 23.11.1995 «Об экологической экспертизе».
2. Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.1999 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
3. Приказ Минприроды России № 204 от 06.05.2014 «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по предоставлению государственной услуги по организации и проведению государственной экологической экспертизы федерального уровня».
4. Приказ Госкомэкологии РФ № 372 от 16.05.2000 «Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации».
5. Приказ Минприроды РФ № 539 от 29.12.1995 «Об утверждении Инструкции по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности».
6. Постановление Правительства РФ № 698 от 11.06.1996 «Об утверждении Положения о порядке проведения Государственной экологической экспертизы».

7. Усков, В. М. Пути повышения экологической экспертизы в обеспечении экологической безопасности опасных производственных объектов / В. М. Усков, В. В. Ипполитов // Фундаментальные проблемы системной безопасности. Мат. V Междунар. науч. конф., посвященной 90-летию со дня рождения выдающегося ученого В. Ф. Уткина. Елец. 2014. С. 267.

8. «Нет разговора»: представитель президента РФ о невозможности строительства на Шиесе без экспертизы. URL: <https://29.ru/text/politics/66361606/> (дата обращения: 19.12.2019).

9. Когда экология становится бизнесом. URL: http://www.ng.ru/ecoprom/2017-10-30/5_7105_ecology.html (дата обращения: 19.12.2019).

УДК 532.546

А. А. Баранова

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

Н. А. Жильникова

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ РАСТЕКАНИЯ ПЯТЕН ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ПОВЕРХНОСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Нефть и нефтепродукты – это энергоресурсы, которые играют ключевую роль в экономике всех развитых стран мира. Однако главным негативным аспектом их использования в различных сферах хозяйствования являются аварии, следствием которых становятся залповые выбросы нефти в окружающую среду. Разливы нефти и нефтепродуктов на водную поверхность и почву представляют серьезную экологическую опасность. За сравнительно короткий промежуток времени после попадания нефти на водную поверхность вода загрязняется не только собственно жидкой нефтью, плавающей на поверхности, но и ее водорастворимыми компонентами.

Основные источники, из которых нефть попадает в гидросферу:

1. Транспортирование из районов добычи.
2. Слив танкерами за борт промывочных вод (образуется при мойке танкеров) и балластных вод.
3. Аварии при бурении и испытании скважин.
4. Аварии при эксплуатации самоподъемных плавучих буровых установок.
5. Аварии при проведении бункеровочных операций.

Известно, что нефтяная пленка (пленка дизельного топлива) может быть обнаружена визуально при толщине порядка 5×10^{-5} мм. При толщине 10^{-4} – 10^{-3} мм, ее цвет меняется от серебристого до радужных тонов. При толщине более 2×10^{-3} мм цвет становится светло-коричневым, цветовая дифференциация при больших толщинах невозможна – пленка будет иметь темно-коричневый или черный цвет. В спокойной воде при разливе $0,5 \text{ м}^3$ нефти это значение толщины (т. е., 2 мкм) теоретически достигается в среднем за время порядка 2,5 суток, 100 м^3 – 17 суток, при 400 м^3 – 29 суток. В случае течения и волнения значение толщины нефтяной пленки убывает с ростом интенсивности этих процессов.

Минимальная толщина нефтяной пленки (пленки дизельного топлива) на поверхности воды, представляющая опасность для окружающей среды, в настоящее время не определена никакими нормативными документами, поэтому при моделировании распространения нефти за разумный критерий окончания расчетов можно принять толщины пленки менее 2×10^{-3} мм (2 мкм).

Моделирование гипотетических разливов необходимо для оценки масштабов воздействия на среду, интервала времени, доступного для развертывания сил и средств системы ликвидации аварийных разливов нефти, для оценки вариантов стратегий применения технических средств.

Целью данной работы является получение оценок растекания пятен дизельного топлива по поверхности Балтийского моря при аварийных разливах при штормовом ветре. В этом случае можно оценить пространственно-временную картину развития аварийной ситуации и выбрать обоснованную стратегию борьбы с разливом дизельного топлива в штормовых условиях.

Рассмотрим гипотетическую ситуацию растекание пятен дизельного топлива по поверхности Балтийского моря при аварийных разливах при штормовом ветре. Примем нормы максимально возможного объема разлившихся нефти и нефтепродуктов как для нефтеналивных судов – 2 смежных танка максимального объема.

Максимальный объем топливных баков составляет $482,1 \text{ м}^3$. При средней плотности 0,860 масса топлива составит $482,1 \times 0,860 = 414,6 \text{ т}$. Поэтому можно принять $414,6 \text{ т}$ за величину максимально возможного веса разлива дизельного топлива. При моделировании разливов предполагается, что разлив имеет продолжительность 1 ч.

Объем аварийного разлива – $414,6 \text{ т}$, а место аварии – акватория Балтийского моря (точка 1 на рис. 1 – в районе работ) [1].

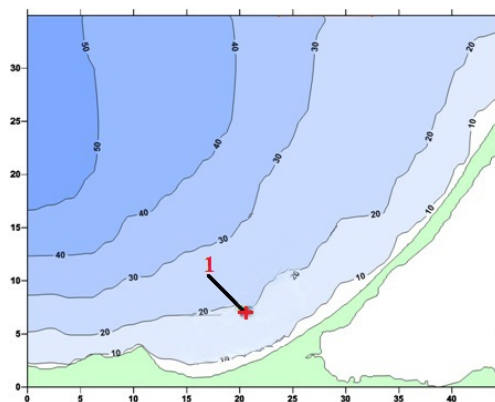


Рис. 1. Глубины в районе работ в Балтийском море:
точка 1 – предполагаемое место аварийного выброса 414,6 т. дизельного топлива

На рис. 2 приведены зоны риска – условные вероятности поражения объектов, находящихся на акватории, 414,6 т. дизельного топлива в условиях шторма за период времени существования пятна разлива. Период существования пятна разлива составил менее суток.

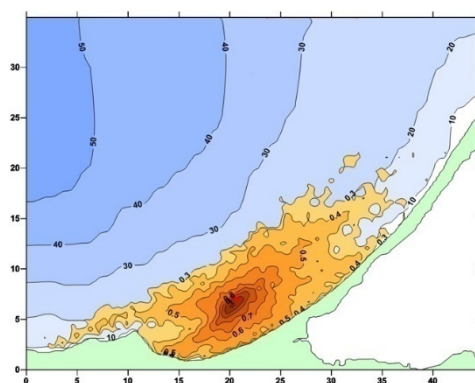


Рис. 2. Условная вероятность поражения объектов в акватории Балтийского моря
в месте предполагаемого аварийного выброса 414,6 т дизельного топлива в штормовых условиях
(рис. 1, точка 1) за период времени существования пятна разлива (масштаб по осям в км)

Как показывает анализ гидрометеоусловий (табл. 1), типичные штормовые ветра в районе расположения причала имеют юго-западные и западные направления. Ветер западного направления по сравнению с ветрами других направлений имеет наибольшую повторяемость при скоростях более 10 м/с [2].

Таблица 1

Градации скорости ветра, м/с	Повторяемость скорости ветра (%)								
	Направление ветра								
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Сумма
0,5–5,0	7,0	3,4	4,8	3,5	5,4	5,2	5,9	3,1	38,5
6,0–10,0	4,1	3,6	4,9	3,3	6,0	7,2	8,5	3,3	41,0
11,0–15,0	1,6	1,2	1,4	1,0	2,1	3,0	3,6	1,2	15,1
16,0–20,0	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	0,7	0,8	0,3	3,2

В табл. 2 представлены результаты расчетов масс – баланса разлива нефтепродукта с учетом выветривания (испарение, диспергирование) при отсутствии операций ликвидации разливов нефти. Расчеты проводились до момента времени, когда процесс выветривания практически прекращается, а количество нефтепродукта на поверхности воды остается практически неизменным.

Результаты моделирования зон распространения максимально расчетного разлива нефтепродукта при штормовых ветрах более 10 м/с западных направлений, имеющих наибольшую повторяемость, т. е. для наихудшей и повторяющейся гидрометеорологической ситуации в рассматриваемом районе, представлены на рис. 3–5 [3].

Таблица 2

Результаты расчета масс – баланса максимального расчетного разлива нефтепродуктов
объемом 482,1 м³ при скоростях ветра свыше 10 м/с

Время с момента разлива, ч	Испарилось, м ³	Диспергировалось, м ³	Осталось на поверхности, м ³
Дизтопливо			
1	43,3	24,1	414,6
2	77,2	67,4	337,4
3	188,0	134,9	159,0

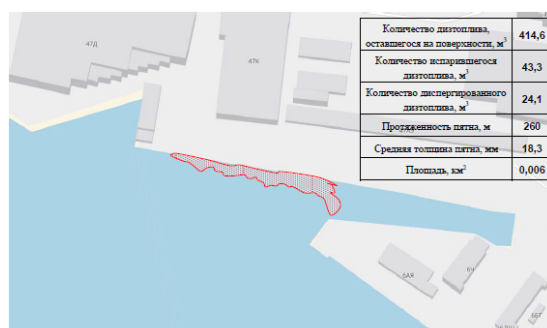


Рис. 3. Зона распространения разлитого дизтоплива через 1 ч. с момента разлива при западном ветре скоростью 10 м/с

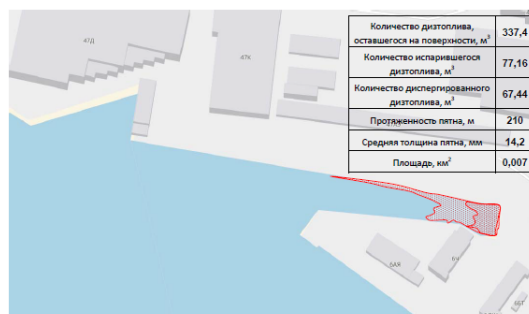


Рис. 4. Зона распространения разлитого дизтоплива через 2 ч. с момента разлива при западном ветре скоростью 10 м/с



Рис. 5. Зона распространения разлитого дизтоплива через 3 ч. с момента разлива при западном ветре скоростью 10 м/с

Если проанализировать траекторию, по которой распространяется аварийный разлив в районе работ, выясняется, что в течение первых 24 ч. после аварии пятна топлива могут достичь береговой зоны (рис. 6) [4].

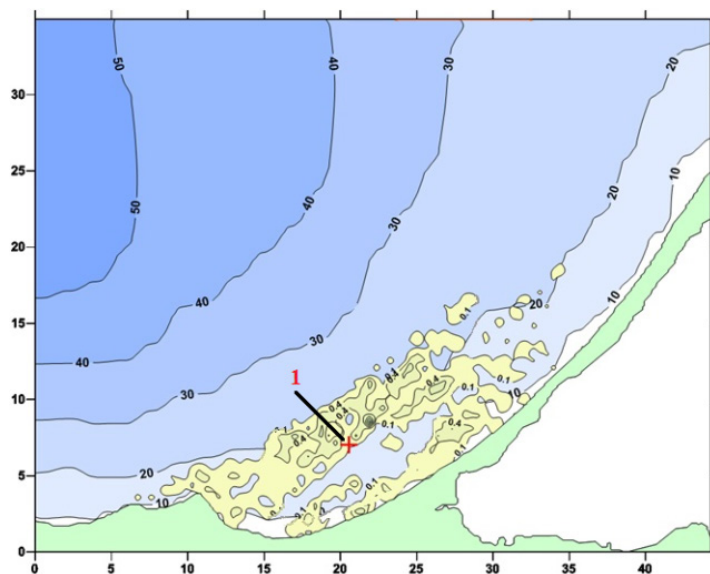


Рис. 6. Толщина пленки дизельного топлива (м^{-6}) на поверхности воды акватории Балтийского моря после аварии судна (рис. 1, точка 1) при штормовом ветре (длительности 1 ч., выброс 414,6 т) через 6 ч. от начала выброса (масштаб по осям в км)

Анализ траекторий распространения аварийного разлива, проведенный с учетом эволюции дизельного топлива, показывает, что берега могут достичь лишь пятна из тонких пленок дизельного топлива (толщиной менее 0,0001 мм) в малом количестве и объеме.

Основные приморские особо охраняемые природные территории в месте проведения работ в Балтийском море – территория национального парка «Куршская коса». Местоположение национального парка представлено на рис. 7 [5].

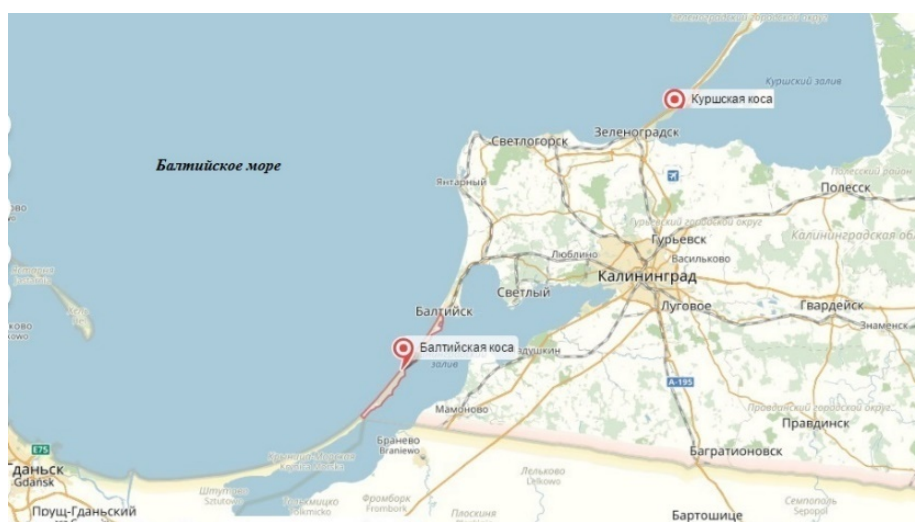


Рис. 7. Местоположение национального парка «Куршская коса»

Учитывая расположение особо охраняемых природных территорий, вероятное поражение объектов на акватории и побережье при аварии в районе работ может затрагивать экологически уязвимые участки в районе работ. Масштабы этого воздействия невелики – толщина пленки дизельного топлива на поверхности моря у берега (рис. 3) не превысит 0,0001 мм.

Полученные в работе оценки растекания пятен дизельного топлива по поверхности воды Балтийского моря в случае разлива вследствие аварии при штормовых условиях показывают, что растекания пятен дизельного топлива будут в небольшом масштабе. При этом толщина пленки дизельного топлива на поверхности моря в основном не превысит 0,001 мм, а значит, не станет представлять опасность для окружающей среды. Это обстоятельство и конкретные особенности пространственно-временной картины развития прогнозируемой аварийной ситуации позволят выбрать и обосновать стратегию борьбы с разливом дизельного топлива.

Библиографический список

1. Баранова, А. А. Моделирование аварийных разливов нефти на водных объектах / А. А. Баранова, Н. А. Жильникова // Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем (Молодежная секция). СПб.: ГУАП, 2019. С. 91–94.
2. Методики моделирования распространения дизельного топлива в случае аварийных разливов при строительстве гидротехнических сооружений / Н. А. Жильникова [и др.] // Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем. СПб.: ГУАП, 2019. С. 148–151.
3. Вицин, Д. Ю. Моделирование аварийного истечения нефтепродуктов на проницаемой поверхности / Д. Ю. Вицин, В. А. Алексеев // Вестник Казанского технологич. ун-та. 2014. № 4. 265 с.
4. Маценко, С. В. Расчетно-аналитические методы определения количественного и качественного состава сил и средств для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в морских портах и на открытых акваториях / С. В. Маценка. Новороссийск: ЮжНИИМФ, 2017. 476 с.
5. Акимов, В. А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски / В. А. Акимов, В. Д. Новиков, Н. Н. Радаев. М.: Деловой экспресс, 2014. 344 с.

УДК 534.422

М. Ю. Белова, Е. М. Торопицына

студенты кафедры инноватики и интегрированных систем качества

С. А. Назаревич

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРИРОДНАЯ ВЫТЯЖКА (УСТРАНЕНИЕ НЕПРИЯТНОГО ЗАПАХА)

Когда речь заходит о воздухе, которым мы дышим, в первую очередь обращаем внимание на содержание в нем пыли или газов, представляющих опасность для здоровья человека, животных или растений. Наиболее распространенные группы загрязнителей воздуха – это атмосферные газы (окислы азота, серы, углерода), углеводороды, фенолы, аэрозоли тяжелых металлов и другие органические и минеральные соединения. Комфортное состояние человека на производстве и в быту, зависит не только от вредных составляющих воздуха, но и от наличия в нем неприятных, хотя и не токсичных включений.

Периодически в средствах массовой информации появляются призывы о помощи со стороны населения, проживающего вблизи предприятий бытовой химии, животноводческих ферм, птицефабрик, перерабатывающих комбинатов и т. п., испытывающего удушающее действие выбросов этих предприятий. Так, на юге Тюменской области, в Ишимском районе, после запуска в 2017 г. АО «АминоСиб» население страдает от ужасного запаха, который появляется вследствие сброса крахмалосодержащих стоков в водоем.

АО «АминоСиб» – это инвестиционный проект федерального значения, а вскоре – крупнейший производитель аминокислот в России, современное высокотехнологичное предприятие по глубокой переработке пшеницы для производства лизина, глутена, спиртов и кормовых добавок для животных.

Удивительно, что очистные канализационные сооружения у данного завода стали работать на полную мощность только в 2018 г., но и то с перебоями. Часть отходов производства попадала в окрестное безымянное озеро и ближайшее болото, где начались процессы брожения и гниения. А так как для производства использовалась пшеница, происходило разложение крахмала в анаэробных условиях, с образованием метана и газообразного водорода, а также аммиака и ряда продуктов, имеющих зловонный запах. Подобный распад получил название *аммонификация*, а микроорганизмы, вызывающие этот процесс, – *аммонификаторы*.

Важно, что данная проблема носит не только экологический, но и эстетический характер. Как сообщил представитель областной больницы № 4, количество обращений пациентов с проблемами, связанными с органами дыхания, за последние два года в медучреждения города Ишима не увеличилось. Официально не зафиксировано случаев отравлений, связанных с выбросами в атмосферу продуктов работы промышленных предприятий.

Тем временем завод уже принял ряд мер борьбы с неприятным запахом. Сотрудники «АминоСиб» откачивают воду из засоренного болота и пропускают его через очистные сооружения. Кроме того, опрыскивают водоемы один раз в два дня (что является нарушением рекомендации производителя) дорогостоящим дезодорантом, который должен создавать на поверхности воды пленку, удерживающую запахи. К сожалению, проблема так не решается – пленка затягивается не везде и рвется в течение суток, поэтому зловонный запах возвращается.

Мы предлагаем решить данную проблему так: установить на предприятии датчик, который будет регистрировать количество химических веществ в воздухе, а после определения доминирующих соединений – аммиака, сероводорода или индола – выбрать соответствующий нейтрализатор и распылитель.

Если в атмосфере содержится большое количество паров аммиака, то способ очистки воздуха заключается в нейтрализации водным раствором 20%-й лимонной кислоты. В результате химического взаимодействия происходит реакция нейтрализации, вследствие которой образуется нетоксичное соединение – цитрат аммония, являющийся безвредной солью лимонной кислоты. Изобретение позволит очистить воздух от паров аммиака, сохраняя экологию окружающей среды.

Лимонная кислота ($C_6H_8O_7$) – кристаллическое вещество белого цвета, температура плавления 153 °С. Благодаря наличию спиртового гидроксила лимонная кислота хорошо растворяется в воде, причем растворимость возрастает с повышением температуры, следовательно, она сможет раствориться в озере. Также лимонная кислота и ее соли легко поддаются микробиологической деградации при очистке канализационных вод, что имеет важное экологическое значение.

Если же окажется, что в воздухе наибольшее количество паров сероводорода или индола, то можно использовать концентраты (нужно смешать концентрат с чистой питьевой водой в соотношении 1:5–1:100 в зависимости от интенсивности неприятного запаха и способа применения), основой которых являются совокупность смеси эфирных масел и органических соединений, извлеченных из растений. Ингредиенты жидкости: терпены, альдегиды, спирт и кетон, производные бензола и различные молекулы, такие как эвгенол и ванилин. Получается, что данные нейтрализаторы не нанесут вред окружающей среде и решат проблему с запахом.

Мы предлагаем предприятию построить цех, в котором будут храниться концентраты и разводиться лимонная кислота. Все будет автоматизировано, так что человек не будет тратить ресурсы, занимаясь этой проблемой.

В качестве распыривателя нейтрализатора мы предлагаем взять водяную пушку Gun 50 – это мобильная распылительная система, создающая мелкодисперсный туман, который разносится сильным потоком воздуха с помощью мощного вентилятора (рис. 1). В состав системы входят: диффузор с вентилятором и мотором, а также рампа с форсунками. Установка может быть дополнена системой подачи воды, поворотной стойкой и прочим оборудованием в зависимости от потребностей.



Рис. 1. Водяная пушка Gun 50

Использование водяной пушки Gun 50 целесообразно для уничтожения неприятных запахов от небольших открытых источников, а также в случае невозможности установки системы распыления *Pump Spray System* из-за конструктивных или экономических соображений, к примеру, из-за следующих причин:

- кратковременное возникновение запаха на данном источнике;
- аварийная ситуация;
- проведение работ, сопряженных с возникновением неприятных запахов.

Но именно для нашей проблемы данное устройство нужно усовершенствовать: прикрепить контейнер, куда человек будет наливать раствор лимонной кислоты или концентраты (в зависимости от содержания химических паров в воздухе), доставлять устройство к месту источника запаха и включать (рис. 2). Водяная пушка через присоединительную арматуру будет доставлять содержимое контейнера

к диффузору с вентилятором и электромотором, начнется распыскивание и, как следствие, нейтрализация запаха.



Рис. 2. Усовершенствованная водяная пушка

Таким образом, данное изобретение поможет заводу при аварийных сбросах химических веществ. Его преимуществом будет являться экономичность, удобство в использовании, экологическая безопасность. Теперь жители города смогут дышать полной грудью.

Библиографический список

1. Прокуратура Ишима признала наличие вредных выбросов. URL: <http://radius72.ru/prokuratura-ishima-priznala-nalich> (дата обращения: 15.10.2019).
2. Биохимическое разложение органических веществ. URL: https://studopedia.ru/6_111977_biohimicheskoe-razlozh (дата обращения: 15.10.2019).
3. Крематоры. Современные способы утилизации биологических отходов. URL: <https://крематоры.рф/blog/krematory-dlya-zhivotnyh/kr> (дата обращения: 13.10.2019).
4. Способы нейтрализации запахов. URL: <http://www.ecolo.ru/technology> (дата обращения: 16.10.2019).
5. ГОСТ 32673-2014. Правила установления нормативов и контроля выбросов дурнопахнущих веществ в атмосферу. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111603> (дата обращения: 16.10.2019).
6. Устройство и принцип работы аэрозольного устройства. URL: https://studopedia.ru/6_50757_ustroystvo-i-printsip-raboti-aerozolnogo-ballona.html (дата обращения: 17.10.2019).

УДК 516.32

А. А. Бирюков

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

В. М. Милова

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Современное производство сталкивается с множеством проблем. Одной из них является необходимость поддержания высокого уровня качества продукции при одновременном снижении затрат на ее производство. Наиболее результативным современным инструментом считается концепция бережливого производства.

Бережливое производство – это концепция менеджмента, суть которой сводится к ускорению производственных процессов через сокращения потерь, не добавляющих ценности продукту.

Менеджмент бережливого производства ориентирован на выявление потребностей рынка и создание максимальной ценности для клиента при минимальных затратах ресурсов: человеческих усилий, оборудования, времени, производственных площадей. Актуальность организации бережливого производства на промышленном предприятии обуславливается принципом, важным для каждого предприятия: при минимальном использовании ресурсов получить максимальные результаты [1].

На данный момент существует множество инструментов бережливого производства. Наиболее часто встречающиеся в практическом применении: метод 5S, SMED, 5 Why, Kaizen, Kanban, Justintime и Value Stream Mapping.

В данной статье рассмотрены основные проблемы, связанные с внедрением инструментов бережливого производства на российских предприятиях.

Одной из ключевых проблем при внедрении бережливого производства является требование быстрого результата при наименьших изменениях ситуации на предприятии, которые не потребовали бы изменений на уровне высшего руководства, что расходится с самой идеей бережливого производства.

При внедрении концепции необходимо понимать, что увеличение результативности происходит постепенно, благодаря совершенствованию процессов и уходу от потерь. Применение таких методов, как SMED и 5S, приводят к заметному росту результата благодаря сокращению потерь при производственном цикле, но их влияние становится заметно по прошествии времени, когда происходит стандартизация этих методов. На начальных этапах может возникнуть иллюзия их неэффективности, это приводит к свертыванию внедрения бережливого производства, что является в корне неверным решением.

Чтобы этого не произошло, необходимо, чтобы идея внедрения происходила от топ-менеджеров компании. Они должны осознавать необходимость данной концепции в современном производстве и понимать, что для достижения результатов необходимо время.

Кроме того, для эффективного внедрения и дальнейшего совершенствования инструментов бережливого производства необходима постоянная связь между высшим руководством и непосредственно производством. Метод *Gemba* позволяет поддерживать эту связь. Благодаря периодическим собраниям, частота которых определяется менеджментом компании, становится заметна реальная составляющая дел на производстве. Регулярное озвучивание проблем, произошедших на производственной линии, и поиск корневых причин произошедшего позволяет избавиться от периодических их проявлений и воспитывает ответственность за качество конечного продукта у всего персонала: от высшего руководства до операторов линий.

Периодическое присутствие менеджеров компании непосредственно на участках производства продукции позволяет выделить узкие места в процессе и те процессы, на которые до этого обращалось меньше внимания. Большинство из таких нестабильных процессов, создающих небольшие потери на ежедневной основе, не были бы выявлены, если бы менеджеры оставались в офисе.

Главным фактором успешного внедрения метода является высшее руководство. Именно менеджеры должны осознавать всю важность и своим примером воспитывать ответственность в остальных сотрудниках. К сожалению, частой проблемой на российских предприятиях является недостаточное желание высшего руководства изменять текущую ситуацию и проводить регулярные собрания, что, в свою очередь, делает этот метод нерезультативным, так как не позволяет отслеживать динамику изменений.

На примере метода SMED можно проследить за важностью высокого уровня коммуникации между производственной линией и менеджментом компании. Данный метод позволяет сократить время на переналадку оборудования и тем самым повысить показатель OEE (*Overall Equipment Effectiveness* – общая эффективность оборудования), т. е. уменьшить время простоя. Этот показатель высчитывается по формуле

$$OEE = \left(\frac{B}{A} \times \frac{D}{C} \times \frac{E}{D} \right) \times 100\%, \quad (1)$$

где A – чистое рабочее время; B – время работы оборудования; C – запланированная выработка; D – текущая выработка; E – качественные изделия; OEE – общая эффективность оборудования.

Для быстрого внедрения метода SMED необходимо собрать информацию о существующем процессе. Наиболее частым инструментом для этого является видеосъемка текущего процесса переналадки оборудования, выполняемая сотрудником. Происходит замер времени и составление перечня выполняемых действий. В дальнейшем ответственные за реализацию проекта по внедрению выделяют внешние (выполняемые без остановки оборудования) и внутренние (выполняемые с остановкой оборудования) процессы, ищут возможности по переводу внешних процессов во внутренние и занимаются оптимизацией действий для сокращения времени переналадки. Ключевым этапом является стандартизация принятой инструкции по переналадке.

Как показывает практика, на многих предприятиях уделяют недостаточно внимания последнему этапу метода SMED – дальнейшему совершенствованию переналадки для еще большего сокращения потерь времени. Простым и результативным решением этой проблемы может служить привлечение операторов оборудования на данном этапе. При регулярной работе с оборудованием именно операторы способны обнаружить несовершенство существующего стандарта и внести изменение для еще большего сокращения времени переналадки и тем самым повысить показатель OEE, что уменьшит простой оборудования и позволит повысить прибыль. Высокий уровень коммуникации, заключающийся в возможности оператора оперативно донести свою идею до вышестоящих руководителей, является в данном случае необходимым.

Также весомой проблемой при внедрении инструментов бережливого производства является использование инструментов концепции без принятия ее философии, несмотря на то что именно философия бережливого производства является основой успеха предприятия. Она подразумевает глубокую и всестороннюю культурную трансформацию (ориентир на долгосрочную перспективу, непрерывное улучшение, стимулирование сотрудников к развитию). Принятие данной философии высшим руководством, его стремление к развитию и непрерывному улучшению приводит к постепенному пониманию и принятию данной культуры сотрудниками всего предприятия, что позволяет переходить к внедрению более сложных инструментов, малыми шагами приводя предприятие к успешному функционированию. Без принятия философии концепции применение инструментов бережливого производства не приводит к высокому повышению результативности.

В заключение необходимо отметить, что довольно часто после внедрения инструментов бережливого производства на предприятиях не уделяют должного внимания мониторингу функционирования концепции. Без постоянной оценки фактического состояния может возникнуть иллюзия, что многое уже достигнуто и необходимость в постоянном улучшении отсутствует. Такой подход приводит к уменьшению результативности и постепенной потере конкурентоспособности.

Каждое следующее улучшение достигается большими усилиями, и без готовности к непрерывным улучшениям в условиях постоянно изменяющегося рынка предприятие быстро потеряет свои позиции. Те предприятия, которым удастся перенять не только инструменты, но и философию бережливого производства, в дальнейшем получат существенный рост результативности и будут готовы к любым изменениям в будущем, что приведет предприятие к долгосрочному успеху.

Библиографический список

1. Кондрашева, Н. Н. Организация бережливого производства на промышленном предприятии / Н. Н. Кондрашева, Т. Н. Пригоровская // Проблемы экономики и менеджмента. 2017. С. 53–55.

УДК 504.05

А. В. Быстрова

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

В. О. Смирнова

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ВЛИЯНИЕ КУРЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В настоящее время люди часто не задумываются о последствиях. Неприятные глазу картинки и большие надписи: «Курение убивает» никак не действуют на курящего человека. Есть множество причин, из-за которых люди приобретают эту вредную привычку. На данный момент, и это только официальная статистика, в России курит примерно 41 млн взрослых человек. За один день выкуривается примерно 15 млн сигарет. Если учесть, что табачный дым – основной источник окиси углерода, также в состав его смолы входят карбоксильные кислоты, радиоактивные соединения калия, свинца, никеля, полония и стронция [1], то можно сделать вывод, что сигаретный дым намного токсичнее выхлопных газов автомобиля.

Стоит заметить, что человек вдыхает в себя более 4000 различных химических веществ, которые вредят не только, как многие считают, легким, но и всему организму в целом. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, около 90–95% рака легких, 40–45% всех видов рака и 20–25% сердечно-сосудистых заболеваний обусловлено курением. Риск умереть от рака легкого у курящих мужчин в 22 раза выше, чем у некурящих. Курение является основной причиной злокачественных новообразований губы, полости рта, глотки, гортани, пищевода [2]. Однако и пассивное курение тоже вредно, ведь человек дышит тем же табачным дымом, только в меньшей концентрации. Особо опасно пассивное курение для людей, болеющих астматическими заболеваниями, так как сигаретный дым может вызвать приступ удушья или аллергии.

Допустим, человек осознает все факторы риска и понимает последствия, которые ждут его и его друзей или знакомых, что стоят рядом с ним во время курения. Ежегодно табак приводит почти к 8 млн случаев смерти, из которых более 7 млн случаев происходит среди потребителей и бывших потребителей табака, и более 1,2 млн – среди некурящих людей, подвергающихся воздействию вторичного табачного дыма [3]. Но люди почему-то совсем не задумываются о том, как эта привычка вредит окружающей среде.

Начнем с того, что в мире, в основном в Африке, 5% лесов срубается, чтобы посадить там табак. Получается, что одно дерево – это 300 сигарет [1]. Можно подумать, что эта большая цифра, вот только это совсем не так. В одной пачке 20 сигарет, а значит, одно дерево идет на производство всего 15 пачек. Да, для людей, которые курят не так давно или нечасто, этого может хватить на большой срок, однако стоит подумать и о тех курильщиках, которые выкуривают в день более одной пачки. Получается, менее, чем за месяц они «уничтожают» как минимум два дерева. Это больше двадцати четырех деревьев в год.

А теперь вернемся к официальной статистике. Для одной лишь России, в которой на данный момент резко возрастает количество курящих людей, эта цифра становится просто огромной. Уже сейчас около 5 млн га (600 000 000 деревьев) леса каждый год уничтожаются для сушки табака [4]. Вместе с лесами уничтожаются ареалы обитания животных, которые вынуждены покидать данные места. Часть животных, неспособных покинуть территории, а также большая часть лесной флоры в виде древесной, кустарниковой, древесно-кустарниковой растительности, трав, грибов, мхов – погибают [5].

Однако дело не только в том, сколько деревьев срубается каждый год, но и в том, какие вещества содержатся в сигаретах. Часто на улице можно встретить картину, как спешащий куда-то человек выкидывает окурки, не донося его до урны. Немногие могут подумать, что он не разлагается полностью. Не важно, сколько пройдет лет, какая-то часть бывшей сигареты навсегда останется на земле. Также может полить дождь, и остатки сигарет смойтся с улиц, попадут в сточные воды, реки и озера. А окурки, между прочим, считаются одним из самых токсичных видов отходов в мире. К слову, их можно найти в желудках птиц и морских обитателей.

Не стоит также забывать, что 10% пожаров в России возникает из-за непотушенных сигарет, в таких пожарах происходит 40% всех смертей. Опыты показали, что максимальная температура тлеющей сигареты колеблется в пределах +300–420С, время ее тления – 4–8 минут. Сигарета в начальный момент имеет температуру +310–320 °С, которая потом снижается до +240–260 °С, время тления 26–30 минут. Вызвав тление горючего материала, сам окурочек через некоторое время гаснет, но образованный им очаг тления при благоприятных условиях может превратиться в пожар [6]. Следует помнить о том, что непотушенная сигарета может стать причиной пожара не только в квартире, но и в лесу.

Правительство России всячески пытается бороться с табачной зависимостью, повышая цены на продукцию, вводя законы, направленные на уменьшение табакокурения. Однако, возможно, стоит также уделить внимание активной пропаганде здорового образа жизни и правильному обучению подрастающего поколения.

Сигареты – это токсичная вещь, которая не стоит того, чтобы тратить на нее не только здоровье и деньги, но и природные ресурсы.

Библиографический список

1. Корделян, Г. В. Курение с точки зрения экологии. Анализ вредных экологических факторов / Г. В. Корделян, И. В. Рыльский // Сб. тр. Всеросс. науч.-практич. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. Юргинский технологический институт. 2018. С. 196–198.
2. Скитилягина, А. И. Негативное влияние курения на окружающую среду и здоровье молодежи профессиональных образовательных организаций города Нерюнгри РС (Я) / А. И. Скитилягина // XVIII Всеросс. науч.-практич. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов в г. Нерюнгри. 2017. С. 40–43.
3. Табак. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs339/ru> (дата обращения: 29.11.2019).
4. Воронов, Н. В. Курение как фактор ухудшения качества окружающей среды / Н. В. Воронов, В. Б. Сапунов. 2018. Т. 13. № 2. С. 767–775.
5. Курение как экологический фактор, влияющий на состояние окружающей среды / Е. В. Сальникова [и др.] // Universum: химия и биология. 2017. № 7 (37). С. 21–24.
6. Курение – причина пожара. URL: <https://infourok.ru/lekciya-kurenie-prichina-pozhara-1509110.html> (дата обращения: 29.11.2019).

УДК 004.05

А. В. Винниченко

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

К. А. Бакай

старший преподаватель – научный руководитель

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Для развития экономической системы в России был задан курс на цифровизацию экономики. И, очевидно, что развитие цифровой экономики возможно только при высоком уровне развития ИТ-сектора и стимулировании создания инновационных технологий и информационных систем.

В рамках цифровизации экономики создается большое количество информационных систем для решения различных задач как технического, так и социально-экономического характера. Поэтому возникла необходимость рассматривать информационные системы не только в качестве инструмента решения экономических, социальных, технических и многих других вопросов, но и в качестве инвестиционных проектов, для которых характерно обоснование экономической целесообразности и оценка качества и эффективности информационных систем.

При оценке качества системы необходимо учитывать следующие характерные черты и особенности.

Прежде всего для информационной системы определяется и поддерживается жизненный цикл. Жизненным циклом информационной системы является развитие системы начиная со стадии разработки концепции и заканчивая прекращением ее применения [1]. Таким образом, при оценке качества информационной системы обозначаются стадии проекта, среди которых указывается финальная фаза – вывод системы из эксплуатации.

Концептуально различают три классических модели жизненного цикла информационной системы [2]:

- 1) каскадная модель;
- 2) инкрементная модель;
- 3) эволюционная модель.

В каскадной модели стадии и этапы работ находятся в линейной последовательности, но при этом предполагается возможность при необходимости возвращаться на предыдущие стадии. Кроме того, не исключается повторение некоторых этапов. Основным достоинством каскадной модели является то, что она эффективна для сложных единичных проектов. К ее недостаткам относится возникновение проблем при массовости изменений, вносимых в систему в ходе эксплуатации, а это, в свою очередь, повышает затраты (как временные, так и денежные) на сопровождение системы.

Инкрементная модель, напротив, предполагает разработку последовательности уточняющих друг для друга конструкций. То есть в первой конструкции содержится часть требований, и с каждой последующей «надстройкой» эти требования дополняются, пока система не будет создана и окончательно оформлена. Одновременно и недостатком, и достоинством данной модели можно считать то, что задачи процесса разработки выполняются последовательно. Такое постепенное создание позволяет выполнять все необходимые процессы для каждой конструкции, но в то же время невозможно вести разработку некоторых стадий параллельно, пока не будут выполнены все необходимые процессы для предыдущих стадий.

Эволюционная модель также предполагает наличие отдельных конструкций, но в отличие от инкрементной модели требования изначально не могут быть полностью осознаны и установлены. В целом характеристики эволюционной модели во многом схожи с характеристиками инкрементной моделью с той лишь разницей, что при эволюционном методе разработки для каждой конструкции работы и задачи процесса разработки выполняют последовательно или параллельно с частичным перекрытием.

Однако формализация процесса внесения правок и акцентирование моделей на том, что все изменения должны вноситься в проект в рамках немногочисленных редакций системы, привело к появ-

лению более гибких подходов построения систем на основе классических моделей, таких как спиральная, итерационная, модель быстрой разработки и т. д.

Спиральная модель построена на повторении типовой последовательности стадий разработки системы, но на каждом новом повторении выпускается более функциональная и улучшенная версия системы, учитывающая новые требования и запросы. Данная модель стала особенно эффективной при массовом производстве широко тиражируемых систем.

Итерационная модель представляет собой рациональное сочетание каскадной и спиральной моделей.

Итерационный подход подразумевает выполнение работ параллельно с непрерывным анализом получаемых результатов и корректировкой предыдущих этапов работы. Проект при этом подходе в каждой фазе развития проходит повторяющийся цикл: планирование – реализация – проверка – оценка. Итеративная разработка позволяет быстро реагировать на меняющиеся требования, обнаруживать и устранять риски на ранних стадиях проекта, а также эффективно контролировать качество создаваемого продукта [3].

При этом вне зависимости от выбранной модели построения ведение информационной системы опирается на измерение ресурсов и результатов деятельности. Такое измерение систем производят с помощью различных метрик и определяют в целом комплекс эконометрических параметров для расчета эффективности и качества информационной системы.

К основным показателям качества информационной системы относят функциональность, надежность, практичность, эффективность, сопровождаемость, мобильность. Соответственно, под функциональностью понимается способность системы выполнять установленные функции в соответствии с заданными требованиями.

Надежность системы можно рассматривать как совокупность подхарактеристик: безотказность, устойчивость к ошибкам и восстанавливаемость. Надежность является ключевой проблемой современных систем, и ее роль постоянно возрастает, поэтому особое внимание уделяется количественному изучению аспектов, определяющих надежную работу системы. К таким аспектам относят [4]:

- стабильность. Характеризуется частотой отказов при ошибках в программном обеспечении;
- устойчивость к ошибке – это способность поддерживать определенный уровень качества функционирования в случаях программных ошибок или нарушения определенного интерфейса;
- восстанавливаемость. Рассматривается возможность восстанавливать уровень качества функционирования и данные, поврежденные в случае отказа, а также время и усилия, необходимые для этого.

- практичность. Этот показатель можно определить по ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93:

- понятность. Понятность определяется сравнительной простотой и доступностью понимания общей логической концепции системы и ее применимости;
- обучаемость. Характеризуется усилиями пользователей по обучению пользованием информационной системой, т. е. выполнению всех функций программы;
- простота использования. К ней относятся атрибуты, определяющие усилия пользователя по эксплуатации и оперативному управлению.

Эффективность системы характеризуется скоростью выполнения функций и объемом ресурсов, затрачиваемых на выполнение этих функций.

Для сопровождаемости системы характерны такие атрибуты, как анализируемость, устойчивость, изменяемость и тестируемость.

Мобильность системы определяется простотой внедрения, удобством адаптации к различным условиям эксплуатации и ее взаимозаменяемостью.

Все показатели по принципам использования математических моделей можно разделить на первичные и производные.

Первичные показатели представляют собой прямой подсчет или прямую экспертную оценку, например количество выпускаемой продукции, объем инвестиций в производство и т. д. Однако в дальнейшем первичные показатели могут выступать аргументом при формировании производных метрик.

Производные параметры отличаются тем, что для определения их значений необходимо проведение некоторых математических вычислений. К производным метрикам относятся, например, доля затрат на тестирование системы в общих расходах создания проекта, среднее время ответа системы на запрос и т. д.

Метрики качества используются при оценке качества программы (безотказной работы, выполнимости функций, удобства применения интерфейсов пользователей, баз данных и т. п.) и зависят от фазы жизненного цикла системы. Так, каждому показателю качества системы соответствует определенный набор критериев, которые, в свою очередь, определяются одной или несколькими метриками. При этом стоит отметить, что для показателей качества на всех уровнях принимается единая шкала оценки от 0 до 1.

Так, на примере фактора сопровождаемости набор метрик на различных стадиях жизненного цикла будет выглядеть следующим образом.

На фазе анализа информационной системы сопровождаемость характеризуется простой конструкцией и повторяемостью. Они, в свою очередь, содержат метрики «простота архитектуры проекта» и «использование типовых компонентов» соответственно.

На фазе проектирования критерий «простота конструкций» дополняется метриками «сложность архитектуры проекта» и «межмодульные связи». Повторяемость характеризуется не только использованием типовых компонентов, но и использованием типовых проектных решений. Кроме того, добавляется критерий наглядности, который определяется экспертизой принятой системы идентификации.

На фазе реализации информационной системы важна структурность, которая состоит из использования основных логических структур и обоснования декомпозиции программ при кодировании. Сопровождаемость систем на данной фазе характеризуется принятой системой идентификации, комментариями логики проекта и оформлением текста программ, что, в свою очередь, дает полное представление критерия наглядности системы.

Таким образом, для каждого фактора, определяющего качество системы, имеются различные критерии, которые включают в себя разные метрики в зависимости от стадии жизненного цикла системы. Поэтому при определении качества необходимо определить и отметить наиболее важные факторы для каждой конкретной системы и установить набор ключевых критериев и метрик. Если в требованиях к системе было указано использовать несколько показателей, то каждый просчитанный после сбора данных показатель умножается на соответствующий весовой коэффициент, а затем все показатели суммируются для получения комплексной оценки уровня качества системы. На основе измерения количественных характеристик и проведения экспертизы качественных показателей с применением весовых коэффициентов вычисляется итоговая оценка качества продукта.

В конечном итоге результат оценки качества является критерием эффективности и целесообразности применения используемых методов проектирования, инструментальных средств и методик оценивания результатов создания информационной системы на стадиях жизненного цикла.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 15271-2002. Информационная технология. Руководство по применению ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207.
3. Экономика информационных систем / А. Л. Рыжко [и др.]. М.: Юрайт, 2014. С. 13–17.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93. Информационная технология (ИТ). Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению.

УДК 628.316.13

Е. А. Вострикова, А. А. Коврижных

студенты кафедры инноватики и интегрированных систем качества

Е. Н. Киприянова

кандидат технических наук, старший научный сотрудник – научный руководитель

ВЫБОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Важными источниками поступления загрязняющих веществ в водоемы являются сточные воды промышленных производств. К отраслям промышленности, загрязняющим окружающую среду ионами тяжелых металлов (ИТМ), относятся, в первую очередь, горнодобывающая, черная и цветная металлургия, машиностроение, производство стекла, керамики, красителей. В последние годы в России наблюдается рост промышленного производства, в том числе машиностроения и его неотъемлемой части – гальванических технологий.

В этих производствах образуются сточные воды, загрязненные ИТМ, которые содержатся в промывных водах гальванических ванн, отработанных технологических растворах травления, растворах электролитов для нанесения покрытий. Кроме ИТМ в этих водах содержатся различные кислоты, щелочи, цианиды, нефтепродукты и т. п. [1–3].

Уменьшению экологической опасности гальванического производства должны служить очистные сооружения предприятий. Один из видов решения данной проблемы – переход к усовершенствованным системам очистки.

В настоящее время в промышленности наиболее широко используется реагентный метод очистки сточных вод, когда ионы тяжелых металлов переводятся в нерастворимые соединения (гидроксиды, карбонаты и др.). Полученный таким образом шлам подвергается захоронению, загрязняя огромные территории, воздух, поверхностные и подземные воды. Многие соединения тяжелых металлов обладают способностью растворяться, диссоциировать, образовывать комплексные соединения с минеральными и органическими веществами, перераспределяться и мигрировать в объектах окружающей среды. Кроме того, недостатком данного метода является безвозвратная потеря ценных компонентов – тяжелых металлов.

В настоящее время активно ведутся исследования в области применения различных промышленных отходов: резиновой крошки, шинного кокса, металлургических шлаков, шлаков мусоросжигательных заводов и др. в качестве адсорбентов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов [4–7]. При этом полученные насыщенные адсорбенты могут в дальнейшем использоваться для производства тротуарной плитки, асфальтобетона и других строительных смесей. Очищенные таким методом сточные воды (эффективность более 95–98%) можно использовать в оборотных системах водоснабжения.

К технологиям, позволяющим из гальванических растворов выделять тяжелые металлы для их повторного использования, можно отнести исследования, выполненные в последние годы:

- метод комплексообразования и ультрафильтрации (КОУФ) с использованием керамических мембран из природных материалов [8];
- селективное извлечение тяжелых металлов из шламов, образующихся при очистке сточных вод, с применением комплексонов [9];
- ионный обмен [7];
- мембранные технологии [7] и др.

Все эти технологии имеют ряд достоинств и недостатков, отличаются эффективностью очистки, стоимостью оборудования и видом извлечения ИТМ.

Для более высокой эффективности очистки и снижения негативного воздействия на окружающую среду в гальванических цехах целесообразно использовать систему оборотного водоснабжения.

В РХТУ им. Д. И. Менделеева разработана такая технология очистки гальванических стоков [10]. На первой стадии процесса очистки производится усреднение сточных вод и гомогенизация их состава в накопительной емкости, затем в процессе микрофильтрации и ультрафильтрации удаляются органические вещества, после чего стоки под высоким давлением подаются на мем-

бранную установку обратного осмоса многоступенчатого концентрирования. В результате получают два потока: очищенная вода (90%), соответствующая ГОСТ 9.314-90, которая направляется на операции промывки в гальванический цех, и концентрат (10%), который направляется на электрохимическую доочистку либо на выпарную установку.

В процессе электрохимической очистки концентрированного стока производится коррекция pH, необходимая для образования гидроксидов тяжелых металлов, и флотация взвеси данных гидроксидов и гидроксифосфатов в электрофлотаторе.

Образующийся шлам поступает на фильтр-пресс, где обезвоживается, после чего может быть сдан на утилизацию в региональную фирму, занимающуюся захоронением твердых отходов производства. Очищенная вода после электрофлотатора проходит под давлением через каскад фильтров тонкой очистки и сбрасывается в городскую систему канализации [10].

Переход к данной системе водоснабжения обеспечит минимизацию поступления ионов тяжелых металлов в водные объекты, позволит рационально использовать воду, идущую на промывку гальванических ванн, а также поспособствует сохранению ценных компонентов, которые ранее безвозвратно терялись в сбрасываемых сточных водах.

Библиографический список

1. Майстренко, В. М. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов / В. М. Майстренко, Р. З. Хамитов, Г. К. Будников. М.: Химия, 1996. 319 с.
2. Виноградов, С. С. Экологически безопасное гальваническое производство / С. С. Виноградов; под ред. проф. В. Н. Кудрявцева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Глобус, 2002. С. 135–148.
3. ИТС 8-2015. Очистка сточных вод крупных предприятий. М.: Бюро НТД, 2015. 113 с.
4. Jandova, J. Reprocessing of Zink Galvanic Waste Sludge by Selective Precipitation / J. Jandova, J. Maixner, T. Grygar // Ceramic Silikaty. 2002. Vol. 46 (2). P. 52–55.
5. Ульянова, В. В. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов сорбентами на основе модифицированных отходов керамического производства и сельхозпереработки: дисс. канд. техн. наук / В. В. Ульянова. Саратов: ФГБОУ ВПО СГТУ им. Ю. А. Гагарина. 2015. 142 с.
6. Проскурина, И. И. Использование металлургических шлаков для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / И. И. Проскурина, С. В. Свергузова, Н. Н. Василевич // Экология и промышленность России. 2006. № 51. С. 16–18.
7. Зубарева, Г. И. Способы очистки сточных вод от катионов тяжелых металлов / Г. И. Зубарева, А. В. Гуринович, М. И. Дегтев // Экология и промышленность России. 2008. № 1. С. 18–20.
8. Пути решения проблем очистки сточных вод от тяжелых и радиоактивных металлов / Е. А. Камягин [и др.] // Экология и промышленность России. 2008. № 11. С. 21–23.
9. Селективное извлечение тяжелых металлов из гальванических шламов комплексонами / М. В. Бузаева [и др.] // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2011. № 3. С. 102–104.
10. Транснациональный экологический проект. Очистка сточных вод гальванических производств. URL: <http://enviropark.ru/course/category.php?id=5> (дата обращения: 18.11.2019).

УДК 504.064; 502.084

В. А. Гуленко

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

И. В. Мателенок

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МОДИФИКАЦИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПАРАМЕЦИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЙСТВИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ

Инфузории являются сложно устроенными одноклеточными эукариотическими организмами, проявляющими разнообразные реакции на изменения внешней среды благодаря специфической чувствительности и развитым клеточным ультраструктурам. При этом для инфузорий характерна относительно быстрая изменчивость, которая позволяет им адаптироваться к изменению параметров среды обитания. В ходе адаптации, в частности, изменяются скорость движения, темп размножения и способность поглощать пищу, а также форма и размеры тела. Если же характеристики среды не меняются, то свойства инфузорий остаются стабильными, это и позволяет использовать их как тест-объекты в биоиндикации [1].

Чаще всего в соответствующих экспериментах используются представители нескольких видов инфузорий из рода *Paramecium* (парамеций) [2]. Их наличие и показатели жизнедеятельности в пробах среды сигнализируют о протекании в ней каких-либо процессов или присутствии определенных загрязняющих веществ [3].

При этом относительно недавно открылись возможности изучения реакций тест-объектов на загрязнение среды с использованием технологий машинного зрения. В данном направлении исследований имеется широкий спектр еще не решенных задач.

Настоящая работа посвящена оценке реакций двигательной активности инфузорий на попадание в водную среду экотоксикантов, относящихся к органическим топливам, и отработке отдельных элементов, которые могли бы быть положены в основу прогрессивных методик биотестирования на основе машинного зрения.

Задачи:

1. Проанализировать особенности организации экспериментов по изучению двигательной активности инфузорий рода парамеций и опыт их использования в качестве тест-объектов.
2. Выбрать инструментарий для оценки двигательных реакций на экотоксиканты.
3. В ходе серии лабораторных экспериментов с помощью предложенных решений определить характер движений инфузории при отсутствии и наличии в воде керосина и бензина.

В диссертации [4] сказано, что парамеции имеют набор, включающий в себя, по крайней мере, 10 двигательных реакций: 1) реакция избегания; 2) реакция неограниченного попятного движения; 3) реакция оборонительного ускорения; 4) реакция «стохастический клубок»; 5) движение в контакте с ограничивающей поверхностью; 6) тигмотаксис (полная остановка движения); 7) реакции таксисов (хемото, фото, гео и т. п.); 8) реакция поиска комплиментарной зоны полового партнера; 9) реакция разворота в условиях ограниченного пространства; 10) выстрел трихоцист.

Набор этих реакций позволяет парамециям решать самые различные двигательные задачи: поиск питательных веществ и благоприятных факторов внешней среды, поиск комплиментарной зоны полового партнера, защита от действий хищников и неблагоприятных факторов среды, преодоление различных механических препятствий. Показано, что в условиях ограниченного пространства у парамеций запускается реакция разворота, которая позволяет им маневрировать в условиях ограниченного пространства.

В статье [5] показано наличие отличительных особенностей воздействия различных групп токсикантов на характеристики этологических реакций инфузорий, предложен новый метод контроля параметров движения инфузории (длины свободного пробега и углов изменения направления движения), основанный на фоторегистрации.

Было проведено исследование движения инфузорий под воздействием экотоксикантов. В качестве экотоксикантов использовались бензин и керосин, относящиеся к малоопасным. Исследование

проводилось опытным путем, с использованием цифрового микроскопа «МЕГЕОН 33001» и программного обеспечения (ПО) *ImageJ* с плагином машинного зрения *TrackMate* v2.8.1, с помощью которого были зафиксированы параметры движения одноклеточных. Выбор данного ПО был обусловлен его максимальной приспособленностью к решению задач описанного класса, в то время как для достижения подобного результата с помощью *MatLab* потребовалось бы значительно больше ресурсов.

Инфузории были найдены и выращены в аквариумной воде. Аквариумная вода была перелита в стеклянный сосуд объемом 3 л, обеспечивающий оптимальные для роста колонии одноклеточных инсоляцию и воздухообмен. Для питания инфузорий подготовлен субстрат для развития бактерий. В качестве подкорма была выбрана сушеная банановая кожура. Выращивание заняло трое суток.

Суть эксперимента заключалась в сравнении параметров движения одноклеточных в естественной благоприятной водной среде с такими же параметрами движения в среде, куда добавлены бензин/керосин.

На рис. 1 представлены траектории движения инфузорий в благоприятной среде, полученные с помощью *TrackMate*. Из рисунка видно, что инфузории двигались кучно с небольшой средней скоростью, с чередованием плавных спиралеобразных движений и резких «скачков». После добавления бензина произошло смещение клеток в направлении движения фронта загрязнения, характер движения изменился незначительно, но увеличилась его скорость.

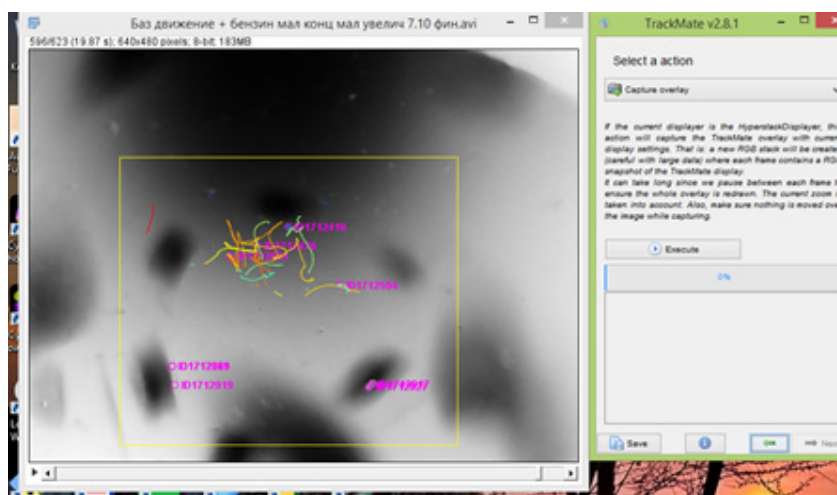


Рис. 1. Траектории движения инфузорий в благоприятной среде

На рис. 2 представлены траектории движения инфузорий в среде после внесения в нее керосина. Характер движений поменялся, кучность исчезла, ряд особей с высокой скоростью по прямолинейным траекториям стремились покинуть загрязненную область, другие демонстрировали медленные маятниковые движения.

В таблице приведена информация о скорости движения парамеций в естественной среде и в той же среде после введения в нее экотоксикантов.

Таблица

Значения некоторых параметров движения парамеций

Вид среды Параметр	Благоприятная среда	Среда с бензином и керосином
Диапазон средних скоростей по треку, пикселей/кадр	0,2–1,7	0,5–18,0
Медианное смещение между кадрами (после фильтрации треков), пикселей/кадр	1,3	3,5
Максимальное смещение между кадрами, пикселей/кадр	22	29

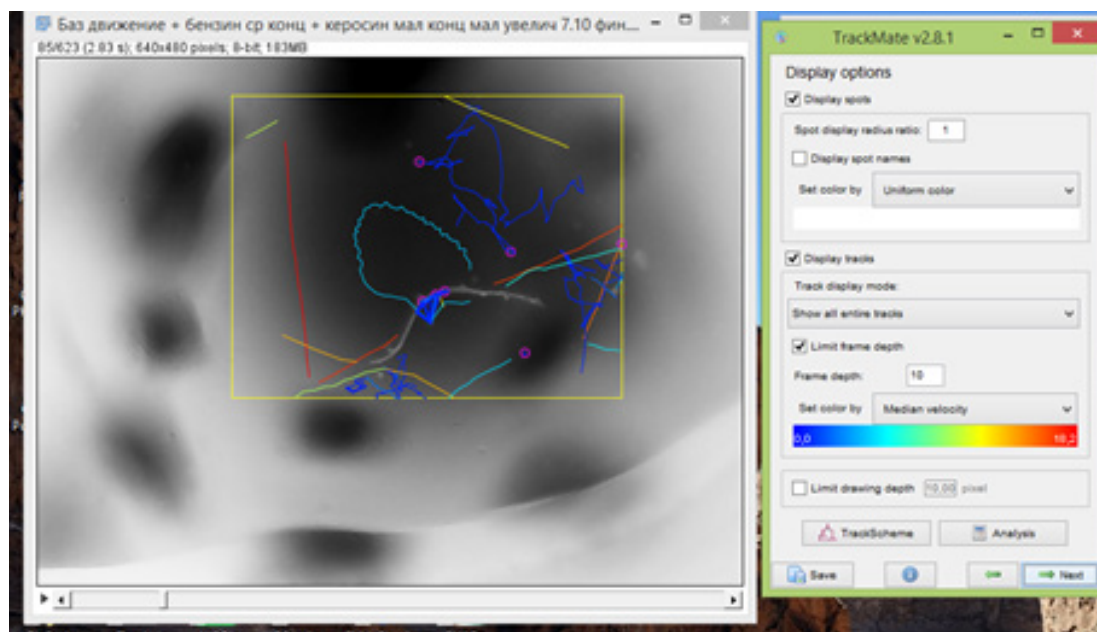


Рис. 2. Траектории движения инфузорий в среде с бензином и керосином малой концентрации

Как показали эксперименты, при добавлении в среду бензина и керосина из класса жидких органических топлив парameции стараются его избежать. В естественной среде движение инфузорий имеет яркий, оживленный характер, траектории движения спиралевидные. При добавлении в среду с инфузориями керосина уже при достаточно малой концентрации их движение угасает (выстрел трихоцист), и одноклеточные быстро погибают (тигмотаксис). Реакция на бензин является менее выраженной, и аналогичные реакции достигаются при больших концентрациях экотоксиканта.

Комплект из цифрового микроскопа с увеличением 400-Х и специализированного ПО *ImageJ* + *TrackMate* позволяет выделять отдельные треки движения, определять их параметры и выполнять сравнительную оценку двигательных реакций парameций на внешние воздействия, а потому может быть рекомендован в качестве инструментальной основы для исследований, подобных описанному.

Библиографический список

1. Габышева, А. Н. Инфузории как тест-объект для определения качества среды / А. Н. Габышева // Раб. VI Междунар. студ. науч. конф. «Студенческий научный форум – 2014». URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014006983> (дата обращения: 19.11.2019).
2. Виноходов, Д. О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий: дисс. док. биол. наук / Д. О. Виноходов. СПб., 2007. 352 с.
3. Кондакова, Г. В. Биоиндикация. Микробиологические показатели / Г. В. Кондакова. Ярославль: ЯрГУ, 2007. 136 с.
4. Котов, Н. В. Двигательная активность *Paramecium caudatum*: дисс. док. физ.-мат. наук / Н. В. Котов. Казань. 2001. 256 с.
5. Ковалевская, А. С. Метод классификации токсикантов на основе выявления характеристик этологических реакций инфузорий / А. С. Ковалевская, О. В. Смолова // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 9. С. 126–130. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-klassifikatsii-toksikantov-na-osnove-vyyavleniya-harakteristik-etologicheskikh-reaktsiy-infuzoriy> (дата обращения: 19.11.2019).

УДК 534.422

Ю. Д. Зидерер, Н. А. Вихарев

студенты кафедры инноватики и интегрированных систем качества

О. В. Кучеренко

студент кафедры высшей математики и механики

А. В. Чабаненко

кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЙ МАТЕРИАЛ И БЕЗЭХОВЫЕ ЭКРАНИРОВАННЫЕ КАМЕРЫ**Введение**

Был проведен анализ рынка радиопоглощающих материалов (РПМ) и было определено, что доля отечественных производителей всего 3–5%. При этом в России в связи с необходимостью импортозамещения радиоэлектронной аппаратуры создаются новые производства, которые необходимо обеспечить качественной испытательной базой, а именно безэховыми экранированными камерами, составной частью которых являются РПМ (см. рисунок).

1. Так как в современном мире почти любая техническая продукция обязана проходить испытания на электромагнитную совместимость, то наша целевая аудитория – практически все современные производства.

2. Масштаб проблемы затрагивает весь рынок РПМ.

3. Выводы сделаны на статистике и указах правительства об импортозамещении.

4. Поддержка государственной политики в области импортозамещения и выступление с более устойчивой конкурентной позицией.

5. Увеличение доли отечественных производителей на рынке РПМ

Предлагаемое решение

Команда предлагает разработанный радиопоглощающий материал для решения проблемы импортозамещения. Это обеспечит производства испытательной базой, которая по своим техническим характеристикам превосходит текущую и обладает в среднем на 30% более низкой ценой.

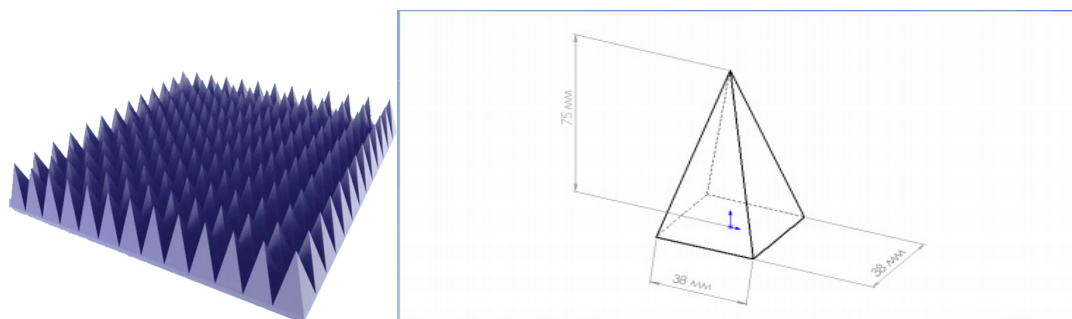


Рис. 1. Макет РПМ

Научно-техническое обоснование решения

Технология изготовления РПМ основывается на создании полуфабриката из пенополиуретана определенных геометрических размеров, подготовки раствора на основе углеродного наполнения коллоидного типа, пропитки заготовки из ППУ, термической обработки в заданном режиме и окраски специальным раствором.

Подготовка серийного производства РПМ включает в себя создание оснащенного влагозащитного складского помещения для хранения сырья и полуфабрикатов, участка для подготовки раствора, участка пропитки, сушильной камеры, участка окраски, системы комбинирования, участка контроля готовой продукции, участка упаковки и склада готовой продукции.

Организация производства РПМ реальна и может быть развернута при наличии производственных площадей не менее 100 м².

Радиопоглощающие материалы, изготовленные по вышеописанной технологии, проходят испытания в соответствии с ГОСТ 30381-95, результаты которых свидетельствуют о превосходстве предлагаемых РПМ над зарубежными аналогами по таким характеристикам, как габаритные размеры (универсальность), электромагнитное поглощение (см. таблицу). При этом затраты на изготовление, испытания, доставку готовой продукции до конечного потребителя в среднем на 30% ниже, чем у зарубежных аналогов.

Таблица

Характеристики поглощения

ГГц	Дб	ГГц	Дб	ГГц	Дб	ГГц	Дб	ГГц	Дб
1	-4,1	8,5	-46,65	16	-52,45	23,5	-47,4	31	-38,67
1,5	-20,1	9	-46,83	16,5	-53,58	24	-45,57	31,5	-36,51
2	-25,82	9,5	-51,55	17	-55,31	24,5	-44,16	32	-28,92
2,5	-22,81	10	-53,26	17,5	-55,11	25	-47,63	32,5	-23,19
3	-25,39	10,5	-49,62	18	-46,96	25,5	-47,71	33	-20,75
3,5	-27,97	11	-50,24	18,5	-50,6	26	-44,58	33,5	-17,01
4	-26,7	11,5	-52,76	19	-44,23	26,5	-48,17	34	-15,73
4,5	-34,92	12	-55,92	19,5	-40,85	27	-50,13		
5	-42,66	12,5	-55,49	20	-42,82	27,5	-45,03		
5,5	-43,71	13	-53,17	20,5	-47,15	28	-37,05		
6	-35,59	13,5	-54,24	21	-47,32	28,5	-31,19		
6,5	-41,62	14	-57	21,5	-51,12	29	-30,15		
7	-42,22	14,5	-55,49	22	-49,37	29,5	-25,97		
7,5	-44,78	15	-53,81	22,5	-45,76	30	-20,89		
8	-46,41	15,5	-54,44	23	-48,6	30,5	-29,63		

Заключение

Исходя из анализа данной разработки можно сделать вывод, что наш продукт стоит ниже, чем китайский аналог (в рамках российского рынка), а его качество выше, чем у американского аналога. Следовательно, у нашего продукта большой потенциал.

Библиографический список

1. Управление инновационными проектами / Под общ. ред. проф. И. Л. Туккеля. СПб.: СПбГТУ, 2000. 232 с.
2. Бенди́ков, М. А. Высокотехнологичный сектор промышленности России: состояние, тенденции, механизмы инновационного развития / М. А. Бенди́ков, И. Э. Фролов. М.: Наука, 2007. 375 с.
3. Кочетов, В. В. Инженерная экономика / В. В. Кочетов, А. А. Колобов, И. Н. Омельченко. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. 320 с.

УДК 62-527.7

Д. К. Казадио

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. В. Чабаненко

кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ОБСЛУЖИВАНИЯ 3D-ПЕЧАТИ

FDM (*Fused Deposition Modeling*) – процесс послойного наложения расплавленной полимерной нити. FDM-система позволит превратить концепцию изделия в реальный экземпляр, проверить его на соответствие форме и размерам и даже смоделировать работоспособность изделия, не прибегая к излишним временным и материальным затратам.

В настоящее время известны традиционные способы формообразования деталей, такие как резание, литье, ковка, штамповка. Каждый из методов имеет свои плюсы и минусы в зависимости от масштабов тиражирования. Развитие в последние годы современных аддитивных технологий позволяет ускорить время проектирования и изготовления детали. Но возникают вопросы, относящиеся к прочности и надежности деталей, созданных при помощи аддитивных технологий. Они появляются в связи с тем, что изменение свойств применяемых материалов в процессе формирования изделия слабо изучены, поскольку аддитивные технологии только начали развиваться.

Обработка заготовок резанием на металлообрабатывающих станках осуществляется для получения необходимого качества поверхностей и размеров в соответствии с их допусками. Формообразование поверхностей деталей осуществляется точением, сверлением, фрезерованием, протягиванием, шлифованием, отделочными, электрофизическими и другими методами обработки. Методы обработки определяют точность изготовления, шероховатость поверхности и физико-механические свойства поверхностного слоя деталей, которые имеют большое значение для достижения высоких эксплуатационных показателей изделий, определяющих надежность машин.

Однако этот самый распространенный процесс формообразования поверхности детали осложняется сопутствующими явлениями. К ним относятся деформации заготовки, инструмента, станка и приспособления при обработке. Величины деформаций отдельных звеньев технологической системы влияют на точность обработки. На нее также влияет износ инструментов. Точность обработки непосредственно связана с точностью изготовления режущего инструмента, геометрической неточностью станка, неточностью измерений в процессе обработки и настройки на размер и с другими факторами.

Наша цель – образование упорядоченной системы по созданию и обработке изделия из полимеров ABS. Задачи, которые надо решить:

1. Анализ аддитивной отрасли, аддитивного производства и недостатков технологии для выявления необходимых усовершенствований.
2. Разработка системы, позволяющей свести к минимуму вмешательство человека во время процесса создания изделия.
3. Аprobация разработанной системы в рамках предприятия.

Структура представления планируемой работы

Предмет: аддитивные технологии.

Объект: 3D-принтер, работающий на основе FDM-технологии.

Практическая значимость работы:

1. Повышение качества изделий из полимеров.
2. Увеличение количества создаваемых изделий.
3. Сокращение вмешательства человека в работу установки.

Результаты исследования могут быть использованы в процессах создания изделий с целью повышения их количества и качества.

План по развитию: данный проект может быть применен в создании изделий из ABS- и PLA-полимеров.

Основные планируемые результаты:

- развитие производства в Санкт-Петербурге;
- продвижение FDM-технологий;
- безостановочное ведение производства.

Области возможного использования: предприятия, занимающиеся ремонтом.

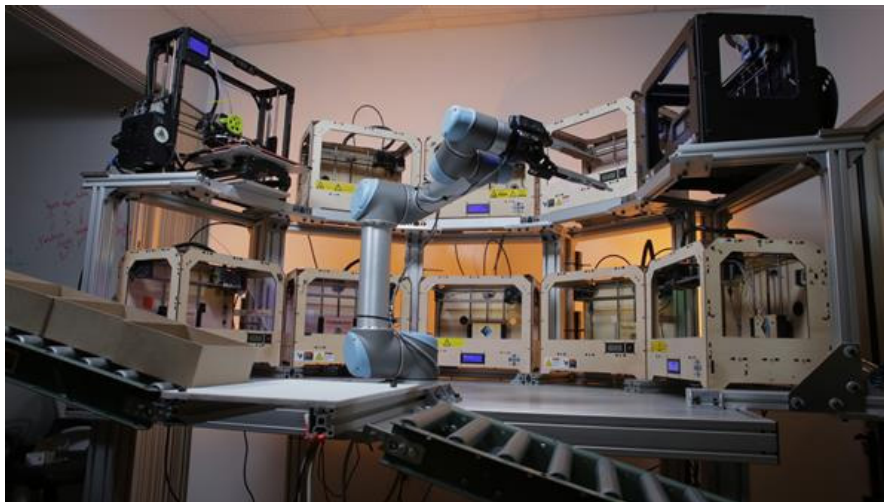


Рис. 1. Роботизированный конвейер

Производители 3D-принтеров соревнуются в получении высококачественного результата с максимально высокой скоростью, стараются упростить интерфейс программного обеспечения, автоматизировать наибольшее количество функций, чтобы для печати модели пользователю достаточно было просто нажать кнопку. Однако 3D-принтеры, как и любое другое технологическое оборудование, со временем могут давать результаты, не удовлетворяющие наши ожидания, или вовсе выйти из строя.

Необходимо регулярно обучать персонал и давать специалистам непрерывный поток задач, что, в свою очередь, приводит к большим затратам. Проникновение роботов во все сферы жизни человека неизбежно, и замена ими специалистов-людей – вопрос времени. Этот сдвиг предопределен второй волной автоматизации, которая концентрируется на искусственном познании, дешевых сенсорах, машинном обучении и распределенном интеллекте.

Технология 3D-печати появилась в 1986 г., когда компания 3D Systems разработала первый специальный принтер – машину для стереолитографии, которая нашла применение в оборонной промышленности. Лазерная стереолитография – одна из технологий быстрого прототипирования. Аппарат для стереолитографии впервые был запатентован Чаком Халлом в 1986 г.

Технология лазерной стереолитографии основана на фотоинициированной лазерным излучением или излучением ртутных ламп полимеризации фотополимеризующейся композиции (ФПК). С помощью этой технологии спроектированный на компьютере трехмерный объект «выращивается» из жидкой ФПК последовательными тонкими (0,1–0,2 мм) слоями, формируемыми под действием лазерного излучения на подвижной платформе, погружаемой в ванну с ФПК. Лазерная стереолитография позволяет в кратчайшие сроки (от нескольких часов до нескольких дней) пройти путь от конструкторской или дизайнерской идеи до готовой модели детали (рис. 1).

Первые аппараты были крайне дорогими, а выбор материала для создания моделей был ограничен. Бурное развитие трехмерной печати началось с развитием технологий проектирования (CAD), расчетов и моделирования (CAE) и механической обработки (CAM). С их помощью изготавливаются детали самолетов, космических аппаратов, подлодок, инструменты, протезы и импланты, ювелирные изделия и др. Первые аддитивные системы производства работали главным образом с полимерными материалами. Сегодня 3D-принтеры, олицетворяющие аддитивное производство, способны работать не только с полимерными материалами, но и с инженерными пластиками, композитными порошками, различными типами металлов, керамикой, песком (рис. 2).

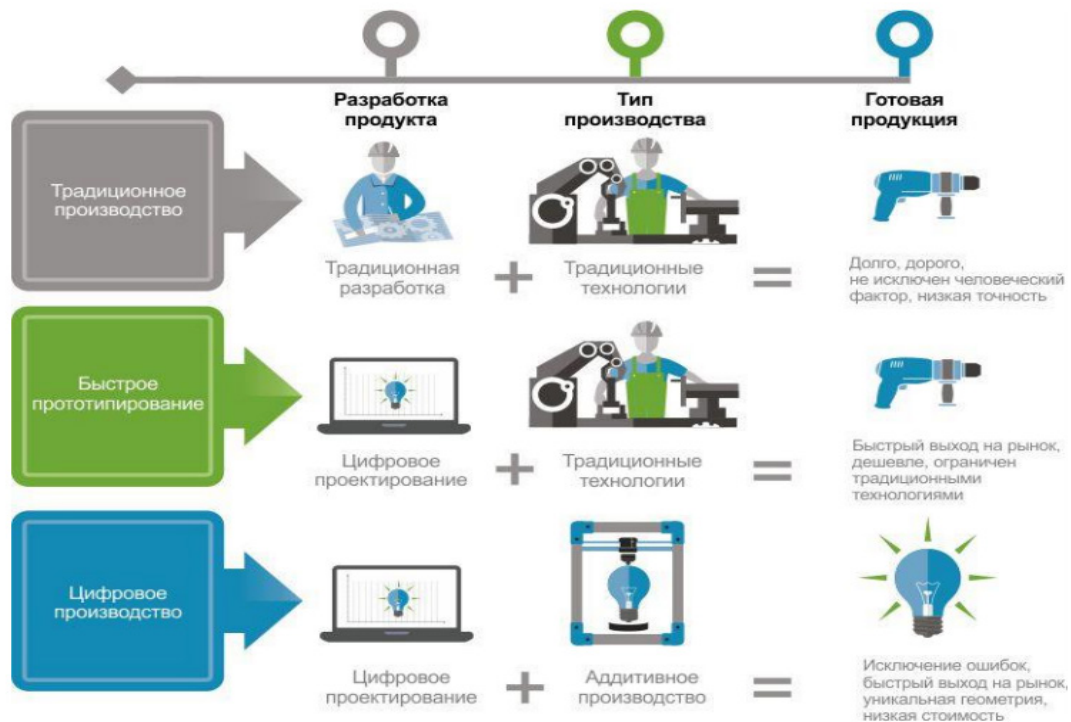


Рис. 2. Сравнение циклов изготовления детали

Основные сложности при внедрении аддитивных технологий:

1. Работа с 3D-принтером требует подготовки.
2. Сложность форм и требования к качеству изделия.
3. Большое количество создаваемых изделий.

Освоенная технология позволит:

1. Создавать изделия круглосуточно, без вмешательства человека.
2. Создавать более сложные изделия путем объединения ранее созданных запчастей.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 12100-1-2007. Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Ч. 1. Основные термины, методология.
2. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования.
4. Семенова, Е. Г. Совершенствование процессов управления наукоемким производством и оценки его потенциала / Е. Г. Семенова, А. В. Чабаненко // Радиопромышленность. 2016. № 26 (4). С. 38–43.

УДК 504.054, 504.064

А. А. Коврижных, Е. А. Вострикова

студенты кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. С. Смирнова

старший преподаватель – научный руководитель

О КАЧЕСТВЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Употребление чистой питьевой воды – важнейший фактор улучшения здоровья и увеличения продолжительности жизни. Однако из-за несовершенства систем транспортировки воды, неудовлетворительного санитарно-технического состояния водоводов внутренней сети зданий и жилых домов потребитель зачастую продолжает получать воду неудовлетворительного качества.

Основные причины загрязнения воды в квартирах:

- изношенность водопроводных систем. Многокилометровые железные трубы под землей со временем становятся непригодными и нуждаются в замене;
- проржавевшие насквозь трубы через трещины пропускают ливневые и грунтовые воды, а также канализационные стоки. Выходит так, что загрязненность можно увидеть невооруженным глазом, нередко вода приобретает характерный металлический вкус и запах [1].

Целью данного исследования является гигиеническая оценка обеспечения населения Санкт-Петербурга безопасной, безвредной и физиологически полноценной питьевой водой.

Для анализа запросов потребителей питьевой воды был проведен опрос среди жителей Санкт-Петербурга и студентов СПбГУАП об их знаниях о качестве питьевой воды. В опросе приняло участие 40 человек.

На вопрос «Какую воду вы пьете?» ответы были следующие: колодезную – 10 человек (25%), водопроводную – 22 человека (55%), бутилированную – 8 человек (20%).

На вопрос «Используете ли дома фильтр для очистки воды?» 80% ответили, что используют дома фильтр, 20%, соответственно, не используют.

На вопрос «часто ли думаете о качестве воды, которую пьете?» «Часто» ответили 6 человек (15%), «редко, иногда» – 23 человека (57,5%), «не думаю» – 11 человек (27,5%).

На вопрос «Как вы думаете, влияет ли на организм человека качество питьевой воды?» ответили «да» 33 человека (82,5%) и «нет» всего 7 человек (17,5%).

Таким образом, из результатов опроса видно, что жители пьют воду из разных источников, 80% опрошенных людей воду очищают, что говорит о низком качестве питьевой воды, и 72,5% задумываются о том, какую воду они пьют. Также большинство понимают и знают, что на здоровье человека оказывает влияние качество питьевой воды. Это еще раз доказывает, что проблема чистой питьевой воды очень актуальна.

Для наглядного примера полученные данные отобразили на диаграмме (см. рисунок).

В Санкт-Петербурге основным источником водоснабжения является река Нева. При этом водочистка проводится на пяти крупных водопроводных станциях: главная водопроводная станция (ГВС), северная водопроводная станция (СВС), южная водопроводная станция (ЮВС), волковская водопроводная станция (ВВС), водопроводные очистные сооружений (ВОС) г. Колпино.

Поскольку проведенное исследование предполагало анализ вод из Красногвардейского района, была выбрана ГВС, которая входит в систему центральной зоны водоснабжения и включает в себя адмиралтейский, красногвардейский, центральный районы. Было выбрано четыре места отбора проб: общежитие ГУАП № 2 по адресу: ул. Передовиков, д. 13/1, отфильтрованная вода из общежития ГУАП № 2, река Нева – Смольная набережная (водозабор), бутилированная негазированная вода марки «БонАква».

В табл. 1 перечислены основные нормативные документы, которые были задействованы для анализа воды.



Результаты социологического опроса

Таблица 1

Анализ методов оценки показателей качества воды

Показатели	Предельно допустимая концентрация	Метод анализа	Нормативный документ
рН	6,0–9,0	Потенциометрический	ГОСТ Р 8.857-2013. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). рН-метры. Методика поверки [2]
Сухой остаток	1000 мг/л	Гравиметрический	ГОСТ 18164-72. Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка [3]
Общая жесткость	7 ммоль/л	Титриметрический	ГОСТ 4151-72. Вода питьевая. Метод определения общей жесткости [4]
Нефтепродукты	ПДК _{рб} = 0,03 мг/л ПДК _{хб} = 0,1 мг/л	Флуориметрический	ГОСТ Р 51797-2001. Вода питьевая. Метод определения содержания нефтепродуктов [5]
Активный хлор	0,1 мг/л	Титриметрический	ГОСТ 18190-72. Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора [6]
Кальций (Ca ²⁺)	200 мг/л	Метод капиллярного электрофореза	СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [7]
Магний (Mg ²⁺)	10–85 мг/л		
Натрий (Na ⁺)	30–140 мг/л		

В результате лабораторных анализов было установлено, что превышений по перечисленным показателям не наблюдалось, однако при этом в воде отмечена нехватка полезных минеральных веществ, необходимых человеку:

- вода из общежития: общая жесткость 0,65 ммоль/л < 1,5 ммоль/л; сухой остаток 87,6 мг/л < 100 мг/л;
- вода из р. Нева: общая жесткость 0,65 ммоль/л < 1,5 ммоль/л; сухой остаток 74,8 мг/л < 100 мг/л;
- отфильтрованная вода: общая жесткость 0,65 ммоль/л < 1,5 ммоль/л; сухой остаток 57,6 мг/л < 100 мг/л.

В итоге получаем негативное влияние на организм в виде ломкости костей, кариеса, понижении иммунитета, болезней опорно-двигательного аппарата.

У бутилированной негазированной воды марки «БонАква» общая жесткость 2,6 ммоль/л < 4 ммоль/л; сухой остаток 353,2 мг/л < 1000 мг/л, что говорит о большем содержании минеральных веществ, но недостаточном для регулярного потребления.

К тому же в анализируемых водах содержится минимальная концентрация полезных минеральных веществ (Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+}), которые необходимы для поддержания здоровья человека. Химический состав бутилированной негазированной воды «БонАква», заявленный производителями, не соответствует полученным результатам (Ca^{2+} – 41,06 мг/л, Mg^{2+} – 2,520 мг/л, Na^+ – 6,205 мг/л).

Анализ полученных результатов показал, что для улучшения качества питьевой воды необходимо соблюдать рекомендации, перечисленные в табл. 2.

Таблица 2

Рекомендации по улучшению качества воды

Минеральные вещества	Не забывать о дополнительных пищевых добавках, минеральной воде и поливитаминах, содержащих полезные минеральные вещества, необходимые для поддержания иммунитета
Сменные картриджи фильтров	Употреблять отфильтрованную воду, используя фильтры более дешевого и выгодного аналога со сменным модулем, в который добавлены гранулы магния (перламутровый доломит, который сохраняет магний в очищенной воде)
Обратноосмотические фильтры с картриджами-минерализаторами	Рекомендуется установка шестиступенчатого обратноосмотического фильтра. Важным отличием данного фильтра является наличие картриджа-минерализатора, главная задача которого – обогащение воды необходимыми минералами, такими как кальций, магний, натрий [8]

Библиографический список

1. Ruswater: Бытовые системы очистки питьевой воды. URL: <https://www.ruswater.com/sistemi-ochistki-vodi-dom/ochistka-pitevoi-vody> (дата обращения: 11.09.2019).
2. ГОСТ Р 8.857-2013. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). pH-метры. Методика поверки. М.: Издательство стандартов, 2014. 14 с.
3. ГОСТ 18164-72. Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка. М.: Издательство стандартов, 2010. 4 с.
4. ГОСТ 4151-72. Вода питьевая. Метод определения общей жесткости. М.: Издательство стандартов, 2002. 8 с.
5. ГОСТ Р 51797-2001. Вода питьевая. Метод определения содержания нефтепродуктов. М.: Издательство стандартов, 2010. 16 с.
6. ГОСТ 18190-72. Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора. М.: Издательство стандартов, 2010. 7 с.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. М.: Издательство стандартов, 2002. 46 с.
8. Производство и продажа систем водоочистки для дома и офиса. Минерализатор осмоса. URL: <https://biokit.ru/video-instructions/mineralizator-osmosa> (дата обращения: 11.09.2019).

УДК 62-503.54

Т. И. Комаров, А. В. Винниченко

студенты кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. В. Чабаненко

кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

ВНЕДРЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

На данный момент форма и геометрия производимых деталей на любом конвейере претерпевает различные усложнения. Отсюда вытекает ряд проблем, с которыми сталкивается производство и, в частности, специалисты по контролю качества.

Функции контроля качества все чаще возлагаются на операторов производственных линий, которые, как правило, не имеют ни опыта, ни знаний в области метрологии, а когда знания все-таки приобретаются, их часто переводят на другую, более высокую должность.

Из-за увеличения сложности деталей вытекает проблема скорости контроля качества, которая должна приводиться в соответствие со скоростью производства.

Как найти баланс между тщательным контролем качества деталей со сложной геометрией и отделкой и проверкой этих деталей менее квалифицированными операторами производственных линий?

Одним из решений перечисленных проблем может стать технология автоматизированного лазерного 3D-сканирования:

- технология способна за короткое время производить контроль качества и выдавать по ним точный отчет;
- при использовании данной технологии от персонала не потребуются какие-либо сложные в освоении знания и навыки.



3D-сканер

3D-сканеры немного похожи на обычные камеры (см. рисунок). Различие между этими двумя устройствами заключается в том, что камера передает только информацию о цвете поверхности, а 3D-сканер собирает информацию о расстояниях на поверхности. Это позволяет определить положение каждой точки на картинке сразу в трех плоскостях.

Плюсы 3D-сканеров:

- он точен и позволяет получать уровень точности, сопоставимый с КИМ (контрольно-измерительными машинами);

- 3D-сканер на порядок быстрее традиционных методов проверки, что влечет за собой более раннее возможное выявление проблем, дефектов и отклонений, а впоследствии – повышение производительности;

- он прост в использовании, нужно лишь импортировать 3D-модель в программное обеспечение контроля качества, определить план проведения проверок и указать, какой геометрический объект необходимо проверить;

- сканер можно настроить на любой тип поверхности независимо от сложности геометрии детали.

При проведении экономических расчетов установки двух 3D-сканеров было выяснено, что окупаемость проекта составит менее трех лет, что является экономически целесообразно. Но, конечно, каждый случай требует индивидуального подхода.

Подводя итог, можно сказать, что проведение измерительного контроля в современных условиях ставит перед инженерами множество сложных проблем. Тем не менее сегодня есть решения, которые могут облегчить им жизнь, обеспечив необходимый уровень точности, производительности, простоты и гибкости.

Библиографический список

1. *Семенова, Е. Г.* Совершенствование процессов управления наукоемким производством и оценки его потенциала / Е. Г. Семенова, А. В. Чабаненко // Радиопромышленность. 2016. № 26 (4). С. 38–43.
2. *Попадюк, С. М.* 3D-решения для промышленности, науки и бизнеса / С. М. Попадюк. URL: <https://blog.iqb-tech.ru> (дата обращения: 28.09.2019).

УДК 534.422

А. О. Луцко

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. В. Чабаненко

кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

СМАРТ-КОЛЬЦО ORII

Сегодня все больше вещей стараются сделать умными. Сфера вспомогательных гаджетов уже переполнена различными смарт-браслетами, часами, беспроводными наушниками, а также всевозможными их вариациями. Очередь дошла и до украшений. Компания ORII выпустила смарт-кольцо (рис. 1). Само кольцо больше напоминает перстень, так как над основной кольцевой частью возвышается довольно большая передающая часть. На верхней крышке кольца располагается логотип ORII, по бокам кольца расположены микрофоны и кнопка включения/выключения, в передней части кольца расположен LED-индикатор, в нижней части – два контакта для зарядки устройства и передающая мембрана.

Устройство кольца внутри довольно простое: Bluetooth-приемник, преобразователь сигнала, передатчик-мембрана и аккумулятор, который питает кольцо.

Работа кольца построена на принципе костной проводимости. Кольцо подает звуковые колебания в палец, которые распространяются по костям, при поднесении пальца к уху сигнал передается через кости черепа, и звук формируется во внутреннем ухе (рис. 2). Кольцо отлично транслирует разговор, и собеседники отмечают отличную слышимость. При прослушивании музыки могут пропадать средние частоты, а на максимальной громкости музыка может быть слышна окружающим, поскольку палец начинает выступать как колонка.



Рис. 1. Внешний вид кольца



Рис. 2. Пример использования

К дополнительным функциям этого кольца можно отнести вызов голосового ассистента с помощью кнопки на боковой панели, LED-индикатор показывает различные уведомления разными цветами, которые вы сами запрограммируете. Кольцо обладает влагозащитой, так что не сломается из-за дождя.

Кольцо необычно и не имеет аналогов, но оно нуждается в доработке, так как у него пока что много недостатков. Во-первых, малая емкость аккумулятора. Емкости аккумулятора хватает на 20–60 минут в зависимости от громкости, а на зарядку требуется около часа. Во-вторых, минусом является довольно большой размер кольца. Сейчас он больше напоминает огромный перстень. В-третьих, довольно высокая цена. За такую же сумму можно купить смарт-часы, несколько браслетов или пару наушников.

Концепция кольца интересна и может получить большое распространение в современном мире, но для этого необходимо как минимум уменьшить размеры и увеличить емкость аккумулятора и время работы.

Библиографический список

1. Технический журнал «ROZETKED». URL: <https://rozetked.me> (дата обращения: 20.10.2019).

УДК 658.5.012.14

В. Д. Матвеева

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

С. А. Назаревич

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПЕРСПЕКТИВА АКТУАЛИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТА ЕСКД – КАРТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ

В современном мире, где идет неумолимое развитие технологий и технических процессов во всех сферах человеческой деятельности, актуальность понятия «инновация» резко возросла. Сегодня инновационный уровень – один из определяющих критериев рыночной конкуренции, которая требует от производителя быстрого принятия решений, интеллектуальной безопасности и увеличения инновационности на производстве.

Инновационный уровень зависит от показателей технических характеристик новшества в сравнении с конкурентом или признанным эталоном в рассматриваемой области. Подобный анализ продукции упорядочивает документ ГОСТ 2.116–84 «Карта технического уровня и качества продукции» (КТУ), относящийся к системе конструкторской документации (ЕСКД), но стандарт нуждается в совершенствовании.

Задачей исследования является модернизация карты технического уровня путем внедрения в нее раздела оценки инновационности продукта с целью повышения конкурентоспособности производства на нынешнем рынке. Решение состоит в разработке метода оценки инновационности продукции, заключающегося в сравнении характеристик новшества с конкурентом и эталоном. Анализ новшества включает в себя оценку технического уровня и рассчитывается исходя из содержания нормативно-технических документов. Объектом исследования является портативный аккумулятор, его рыночный конкурент и эталон.

Таблица 1

Анализ технического уровня для проекта

Характеристики	Новшество	Конкурент	Отклонение показателей от аналогов, %	Эталонный объект	Отклонение показателей от эталона, %
Показатели назначения	$P_{\text{новшество}}$	$P_{\text{конкурент}}$	$D_{\text{аналог}}$	$P_{\text{эталон}}$	$D_{\text{эталон}}$
1. (Вход) Ток, А	2	2	0	2	0
2. (Выход) Ток, А	2,1	2,1	0	2,1	0
3. Время до полного заряда батареи, ч.	2	1	–100	0,5	–200
4. (Вход) Разъем microUSB, шт.	1	1	0	2	–50
5. (Выход) Разъем USB, шт.	1	1	0	1	0
Показатели конструкции	$P_{\text{новшество}}$	$P_{\text{конкурент}}$	$D_{\text{аналог}}$	$P_{\text{эталон}}$	$D_{\text{эталон}}$
6. Длина, мм	70	80	+12,5	70	0
7. Ширина, мм	90	80	–12,5	40	–25
8. Высота, мм	20	20	0	10	–100
9. Вес, г	233	230	–1	180	–29
Показатели надежности	$P_{\text{новшество}}$	$P_{\text{конкурент}}$	$D_{\text{аналог}}$	$P_{\text{эталон}}$	$D_{\text{эталон}}$
10. Эксплуатационный период, ч.	15 000	10 000	+50	12 000	+25

МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

Характеристики	Новшество	Конкурент	Отклонение показателей от аналогов, %	Эталонный объект	Отклонение показателей от эталона, %
Показатели экологичности	$P_{\text{новшество}}$	$P_{\text{конкурент}}$	$D_{\text{аналог}}$	$P_{\text{эталон}}$	$D_{\text{эталон}}$
11. Содержание вредных веществ в батарее: ртуть, мг	50	100	+50	50	0
Показатели экономичности	$P_{\text{новшество}}$	$P_{\text{конкурент}}$	$D_{\text{аналог}}$	$P_{\text{эталон}}$	$D_{\text{эталон}}$
12. Электрическая емкость, мАч	10 400	10 000	–4	10 500	1
Показатели эргономичности	$P_{\text{новшество}}$	$P_{\text{конкурент}}$	$D_{\text{аналог}}$	$P_{\text{эталон}}$	$D_{\text{эталон}}$
13. Эксплуатация автоматизации	1	0	+100	1	0
14. Эксплуатация механизации	1	0	+100	1	0

В табл. 1 перечислены все характеристики новшества, конкурента и эталона продукции в данной области: $P_{\text{новшество}}$ – показатели качества новшества; $P_{\text{конкурент}}$ – показатели качества конкурента-аналога; $D_{\text{аналог}}$ – отклонение показателей от аналога; $D_{\text{эталон}}$ – отклонение показателей от эталона:

$$D_{\text{аналог}} = 100\% - \frac{P_{\text{новшество}} \times 100}{P_{\text{конкурент}}}, \quad D_{\text{эталон}} = 100\% - \frac{P_{\text{новшество}} \times 100}{P_{\text{эталон}}}.$$

Имея эти данные, можно рассчитать отклонения показателей от аналога/эталона, это позволяет оценить критические направления в развитии предприятия и скорректировать стратегию развития производства. Выделенные в табл. 1 технические характеристики являются усовершенствованными, превосходят конкурента.

Таблица 2

Анализ инновационности характеристик продукции

Наименования изменений характеристик продукции (I_{11})	Технические характеристики	Формула	Результат	Результат, %
Количество усовершенствованных технических характеристик (I_{11})	Длина, мм	$I_{11} = \frac{P_{\text{усовер.хар.}}}{P_{\text{общее}}}$	$I_{13} = \frac{5}{14} = 0,35$	35%
	Эксплуатационный период, ч.			
	Содержание вредных веществ в батарее: ртуть, мг			
	Эксплуатация автоматизации			
	Эксплуатация механизации			
Количество усовершенствованных потребительских характеристик (I_{12})	Длина, мм	$I_{12} = \frac{P_{\text{пот.усовер.хар.}}}{P_{\text{общее}}}$	$I_{14} = \frac{5}{14} = 0,35$	35%
	Эксплуатационный период, ч.			
	Содержание вредных веществ в батарее: ртуть, мг			
	Эксплуатация автоматизации			
	Эксплуатация механизации			

Таблица 3

Интерпретация характеристик шкалы

Характеристика результатов изменений	Качество характеристик					
	0,2	0,4	0,7	0,8	1	2
Степень прогрессивности новшества (I_{13})	Улучшение второстепенных характеристик объекта нововведения	Улучшение основных характеристик объекта нововведения	Существенное превышение основных характеристик объекта	Значительное превышение основных характеристик объекта нововведения	Достижение качественно новых характеристик	Получение новой продукции, впервые освоенной в народном хозяйстве
Создаваемый социальный эффект (I_{14})	Недостижение социальных требований (стандартов)	Обеспечение социальных требований (стандартов)	Улучшение предусмотренных нормами отдельных социальных требований	Улучшение всего комплекса норм	Значительное превышение уровня социальных требований	Превышение мирового уровня социальных требований

В табл. 2 $P_{\text{усовер. хар.}}$ – число усовершенствованных технических показателей; $P_{\text{пот. усовер. хар.}}$ – число потребительских усовершенствованных технических показателей; $P_{\text{общее}}$ – общее число технических показателей.

Получено отношение количества улучшенных характеристик к общему числу технических характеристик (табл. 2), это значение характеризует количественные изменения, вносимые в продукцию. Следовательно, результат данных изменений в степени прогрессивности новшества определен как 0,2 – улучшение второстепенных характеристик объекта нововведения, а создаваемый социальный эффект 0,2 – недостижение социальных требований (стандартов).



Отклонение показателей исследуемого объекта от аналога, %

На рисунке представлена диаграмма, которая дает возможность увидеть, на сколько анализируемое новшество превосходит конкурентный аналог по каждой из взятых характеристик и на сколько отстает от максимальных показателей эталона.

Таблица 4

Шкала оценки инновационности продукции

№	Интервал	Качество интервала
1	0 > Инновационный уровень > 2	Псевдоинновация
2	2 > Инновационный уровень > 8	Улучшающая инновация
3	8 > Инновационный уровень > 10	Базисная инновация

Учитывая интервальную шкалу и сложив все индексы (табл. 3), инновационный уровень исследуемой продукции – 1,1. Значение находится в промежутке от 0 до 2. С технической стороны анализируемое новшество является псевдоинновацией. Под вопрос ставится внедрение подобного продукта на производство или возможное снятие его с текущего производства.

Таблица 5

Модернизированная КТУ, Форма 2

Наименование показателя	Код показателя	Единица величины показателя	Значение показателя				Улучшение, %	Дополнительные данные
			оцениваемой продукции	заменяемого образца	лучших аналогов			
					отечественного	зарубежного		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
							Инновационный уровень	

По результатам, полученным в ходе анализа, можно заключить, что метод предназначен для определения инновационного и технического уровня продукта. Уместно использовать данный подход в процессах оценки потенциала новой продукции, а также осуществлять наблюдение за деятельностью отделов разработки и внедрения на производство товара.

Учитывая актуальность данного анализа на современном рынке, представленные расчеты и следующие из них числовые показатели возможно внести в одну из форм карты технического уровня, а именно форму 2 (табл. 5) – определение технического уровня и качества продукции, путем добавления столбца 8 «улучшение», где указываются в процентном отношении изменения технических характеристик новшества с конкурентом и графы «инновационный уровень», которая, в свою очередь, поможет оценить перспективы и потенциал анализируемого объекта, где и будут учитываться результаты.

Цель была достигнута, задачи выполнены, поставленная проблема решена.

Библиографический список

1. ГОСТ 2.101-68 ЕСКД. Единая система конструкторской документации. Виды изделий.
2. Назаревич, С. А. Методика оценки новизны результатов интеллектуальной деятельности / С. А. Назаревич, Е. Г. Семенова // Вопросы радиоэлектроники. 2014. № 1. С. 121–137.
3. ГОСТ Р 54147-2010. Стратегический и инновационный менеджмент. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2011. 22 с.
4. Назаревич, С. А. Методика оценки технического уровня / С. А. Назаревич // Стандарты и качество. 2014. № 6 (924). С. 95.
5. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. М., 2010.

УДК 22.8.09

Д. С. Плотникова

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

И. А. Шишкин

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

КРИТЕРИИ ВЫБОРА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПО ЗАЩИТЕ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ

Подтопление приводит к повышению уровня грунтовых вод, нарушению нормального использования территории, строительства и эксплуатации расположенных на ней объектов.

Защиту территорий от подтопления обычно предусматривают в сочетании с другими общими и специальными мероприятиями инженерной подготовки. В качестве основных средств инженерной защиты территории от подтопления предусматривают четыре метода:

- устройство дамб обвалования со стороны водоемов: реки, водохранилища или другого водного объекта;
- искусственное повышение отметок поверхности затопляемой территории до незатопляемых планировочных отметок (отметки, превышающей расчетный уровень высоких вод в реке);
- увеличение пропускной способности реки в пределах территории города для пропуска наибольших расходов при более низких горизонтах путем изменения поперечного профиля русла реки.
- регулирование русла и отвод поверхностного стока и дренажных вод за счет разгрузочных каналов и резервных водохранилищ.

В составе средств инженерной защиты от подтопления в рамках указанных методов используются: дренажи, дренажные и водосбросные сети, нагорные водосбросные каналы, быстротоки и перепады, трубопроводы и насосные станции, а также организационно-технические мероприятия, предусматривающие обеспечение пропуска весенних половодий и летних паводков [1].

В зависимости от природных и гидрогеологических условий защищаемой территории системы инженерной защиты могут включать несколько указанных сооружений либо отдельные сооружения.

Общую схему обвалования защищаемой территории на всем протяжении пониженных отметок ее естественной поверхности следует выбирать на основании технико-экономического сопоставления вариантов с учетом требований нормативных документов. При этом учитываются естественные условия местности, а также значимость территории в хозяйственном и культурном комплексе.

В практике строительства защитных сооружений в зонах крупных водохранилищ получили применение в основном два вида обвалования: общее и по участкам.

Общее обвалование территории целесообразно применять при отсутствии на защищаемой территории водотоков или когда сток их может быть переброшен в водохранилище либо в реку по отводному каналу, трубопроводу или насосной станции. Схема общего обвалования характеризуется устройством одной дамбы обвалования, ограждающей всю защищаемую территорию от водохранилища. Дамба может быть непрерывной и прерывистой, если по ее трассе имеются отдельные повышения рельефа.

На рис. 1 представлена схема общего обвалования защищаемой территории при отсутствии на ней водотоков.



Рис. 1. Схема общего обвалования защищаемой территории при отсутствии на ней водотоков:

1 – дамба обвалования; 2 – дренаж; 3 – насосная станция; 4 – водохранилище; 5 – урез воды

Обвалование по участкам следует применять для защиты территорий, пересекаемых большими реками, перекачка которых экономически нецелесообразна, либо для защиты отдельных

участков территории с различной плотностью застройки. Существенным недостатком этой схемы является большая протяженность дамб обвалования и необходимость строительства на каждом участке защиты независимых дренажных систем и насосных станций.

На рис. 2 представлена схема обвалования защищаемой территории по участкам.

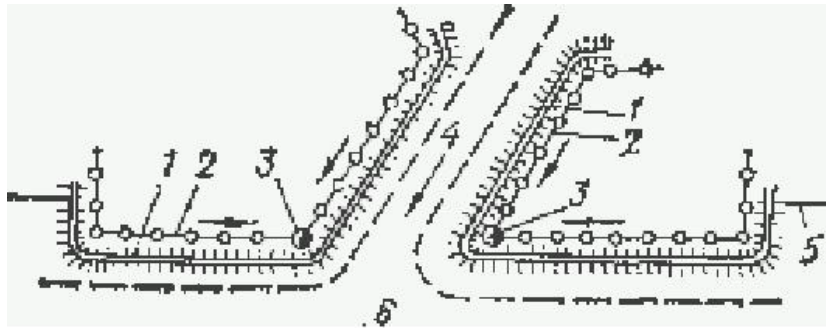


Рис. 2. Схема обвалования защищаемой территории по участкам:

1 – дамба обвалования; 2 – дренаж; 3 – насосная станция; 4 – река; 5 – урез воды; 6 – водохранилище

Превышение гребня дамб обвалования над расчетным уровнем воды водных объектов необходимо определять в зависимости от класса защитных сооружений.

Проекты инженерной защиты по предотвращению подтоплений, обусловленных созданием водохранилищ, магистральных каналов, систем осушения земельных массивов, необходимо увязывать с проектами строительства всего водохозяйственного комплекса [2].

Искусственное повышение отметок поверхности затопляемой территории до незатопляемых планировочных отметок (отметки, превышающей расчетный уровень высоких вод в реке), или сплошная подсыпка.

Сплошная подсыпка – одно из основных мероприятий по защите городских территорий от подтопления. Она ограничивается земляными работами и осуществляется вертикальной планировкой. Отвод поверхностных и при необходимости грунтовых вод производится обычными способами. Сплошная подсыпка, как правило, применяется на относительно небольших по площади территориях и при наличии резервов грунта. Сплошная подсыпка или намыв территории характеризуется значительными объемами земляных работ по сравнению, например, с сооружением дамб обвалования, но с учетом архитектурно-планировочных требований сплошная подсыпка территории часто более целесообразна, чем устройство дамб обвалования, поскольку обеспечивает свободный доступ архитектурных ансамблей к водной поверхности и возможность застройки территории отдельными участками. Однако ее нельзя выполнять при существующих капитальной застройке и ценных зеленых насаждениях.

Сплошная подсыпка экономически целесообразна, если средняя высота ее не превышает 1,5–2 м при сравнительно малой дальности перевозки необходимого объема грунта.

На рис. 3 представлена схема защиты территории от подтопления сплошной подсыпкой.

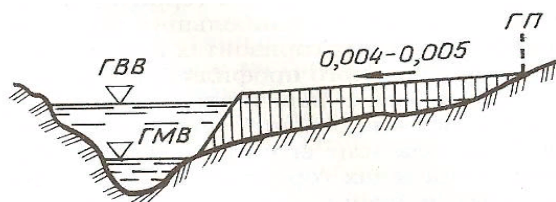


Рис. 3. Защита территории от подтопления сплошной подсыпкой:

ГМВ – горизонт меженных вод; ГВВ – горизонт высоких вод; ГП – граница подсыпки

Сплошная подсыпка осуществляется на основе специального проекта, в котором устанавливаются граница и площадь подтопленной территории при расчетном уровне воды; граница и площадь подсыпаемой территории; высота насыпи по участкам; средняя высота подсыпки; объем земляных ра-

бот; резервы грунта; способы доставки грунта и уплотнения; расчет необходимого числа машин, механизмов, снарядов и др.

Основа разработки проекта – повышение существующих отметок рельефа до незатопляемого уровня с расчетной минимальной отметкой, устанавливаемой в зависимости от расчетного горизонта высоких вод и при необходимости учета волнового воздействия.

Увеличение пропускной способности русла реки для пропуска в пределах городской территории наибольших расходов воды при более низких горизонтах достигается путем его расчистки и углубления, а также расширения русла и увеличения продольного уклона дна. Данный метод позволяет понизить расчетную отметку поверхности территории или отметку верха дамбы за счет понижения расчетного уровня воды в реке, однако он сопровождается сравнительно большими объемами земляных работ. Область применения – малые реки.

На рис. 4 представлена схема по увеличению пропускной способности русла реки.

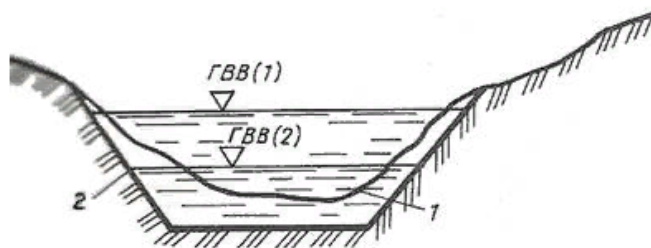


Рис. 4. Увеличение пропускной способности русла реки:

1 – существующее русло; 2 – новое русло; ГВВ(1) – горизонт высоких вод при существующем русле; ГВВ(2) – горизонт высоких вод при новом русле

Выбор того или иного варианта защитных мероприятий производится на основе сравнения технико-экономических показателей, включающих и эффект, получаемый от тех или иных градостроительных решений [3].

Плотины из местных материалов можно возводить насыпным механизированным способом, намывом средствами гидромеханизации, навалом с использованием направленного взрыва. Это зависит от грунтовых и рельефных условий, конструкции и размеров плотины, гидрологических параметров водотока (Q , глубина, скорость течения, форма поперечного сечения русла в створе).

Для решения вопросов, связанных с производством работ по плотине, необходимо иметь план местности в горизонталях с указанием створа плотины и границ залегания грунтов, пригодных для возведения тела плотины; данные о карьере (толщина слоя вскрыши, толщина слоя пригодного грунта, механический состав, его средняя плотность в естественном залегании, влажность); данные о плотине (ширина по гребню, откосы, продольный профиль по створу, отметка гребня, проектная плотность грунта, геологические и гидрологические условия на площади основания и намеченные проектом вскрышные работы); сведения о климатических условиях (температура, осадки и пр.); данные о сроке производства работ.

При защите территории от затопления подсыпкой отметку бровки берегового откоса территории следует принимать не менее чем на 0,5 м выше расчетного уровня воды в водном объекте с учетом расчетной высоты волны и ее наката.

Отвод поверхностного стока с защищенной территории следует осуществлять в водоемы, водотоки, овраги, в общегородские канализационные или ливневые системы.

При осуществлении искусственного повышения поверхности территории необходимо обеспечивать условия естественного дренирования подземных вод. По тальвегам засыпаемых или замываемых оврагов и балок следует прокладывать дренажи, а постоянные водотоки заключать в коллекторы с сопутствующими дренами.

Осуществлять работы по искусственному повышению поверхности территории следует путем отсыпки грунта или намыва. Превышение отметок поверхности намывной территории над этими уровнями (с учетом высоты волны и ее нагона в водохранилище) должно быть не менее 1 м. При этом дополнительно следует учитывать удаленность зданий и сооружений от береговой линии; характер подземных сооружений и коммуникаций; минимально допустимую глубину нахождения подземных вод под

сооружениями, а также наличие системы инженерной защиты (дамбы, дренажи и др.), предусмотренной проектом.

Для намыва, как правило, следует использовать естественные песчаные грунты. Вместе с тем с учетом назначения и зональности намыва, а также местных природно-технических условий допускается частичное использование грунтов иного вида (крупнообломочных, пылеватых и глинистых, в том числе из вскрыши карьеров, и техногенно образованных – золы, шлаки и др.), если они отвечают требованиям, предъявляемым к данной категории намывной территории.

В проекте, а также в выпускаемых на его основе Технических условиях на ведение намыва должна быть учтена специфическая способность намывных грунтов уплотняться и упрочняться во времени.

Углубление и расширение русла проводят на реках со слабо выраженной извилистостью, когда необходимо небольшое понижение уровней воды. Углубление предпочтительнее уширения русла, так как оно приближает его к гидравлически выгоднейшему сечению. Однако это не всегда удается, так как углубление лимитируется положением местного базиса эрозии: нельзя заглублять реку ниже дна реки, в которую она впадает.

При углублении и расширении русла исходят из существующего поперечного сечения с максимальным сохранением устойчивых задернованных откосов. Если русло распластанное и есть возможность углубить его, то обязательно сохраняют устойчивые откосы. Если такой возможности нет, то русло уширяют с двух сторон или с одного берега. Наиболее распространен способ регулирования, основанный на одновременном углублении и уширения русла.

В зависимости от размеров реки и объемов работы выполняют сухопутными плавучими экскаваторами или с помощью средств гидромеханизации (землесосные установки, землечерпалки) [4].

При выборе конструкций дамб обвалования следует учитывать следующие критерии:

- топографические, инженерно-геологические, гидрогеологические, гидрологические, климатические условия района строительства;
- экономичность конструкций защитных сооружений;
- возможность пропуска воды в период половодья и летних паводков;
- плотность застройки территории и размеры зон отчуждения, требующих выноса строений из зон затопления;
- целесообразность применения местных строительных материалов, строительных машин и механизмов;
- сроки возведения сооружений;
- требования по охране окружающей природной среды;
- удобство эксплуатации защитных сооружений;
- целесообразность утилизации дренажных вод для улучшения водоснабжения.

При выборе метода защиты от подтопления методом искусственного повышения поверхности территории учитывается плотность застройки территории, степень выполнения ранее предусмотренных планировочных работ, классы защищаемых сооружений, изменения гидрологического режима рек и водоемов, расположенных на защищаемой территории с учетом прогнозируемого подъема уровня грунтовых вод.

Библиографический список

1. Аврамов, С. К. Рекомендации по проектированию и расчетам защитных сооружений и устройств от подтопления промышленных площадок грунтовыми водами / С. К. Аврамов, С. В. Алексеев. М., 2014. 412 с.
2. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/6/6800> (дата обращения: 01.11.2019).
3. СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/1/1891> (дата обращения: 03.11.2019).
4. Защита территорий от подтопления. URL: <https://vistagrad.com/engineering-preparation-of-territory/zashhita-territoriy-ot-zatopleniya> (дата обращения: 03.11.2019).

УДК 621.7-1/-9

В. С. Пузырева, А. В. Винниченко

студенты кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. В. Чабаненко

кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Аддитивные технологии (АТ) за последние 20 лет образовали интенсивно развивающийся инновационный сегмент технологии машиностроения. На графике (рис. 1) можно увидеть рост рынка аддитивной продукции с 1999 по 2018 г.

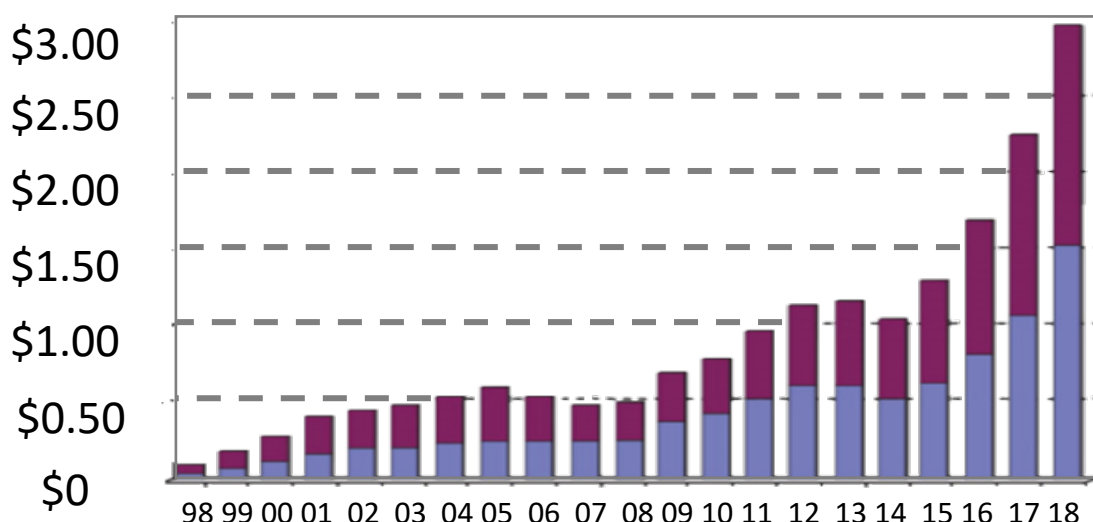


Рис. 1. Динамика мирового объема АТ в 1999–2018 гг.

Но на данный момент в мировой практике не так часто можно заметить внедрение АТ в производство аэрокосмической продукции, которая, в свою очередь, обладает следующими преимуществами:

- стоимость вывода 1 кг массы на орбиту Земли составляет от 12 до 25 тыс. долл., поэтому возможность снижения массы изделия за счет повышения его конструктивной сложности является весьма актуальной для ракетно-космического машиностроения;
- коэффициент использования материала (КИМ) при традиционном производстве основных деталей двигателей авиакосмической техники составляет 0,05–0,2. Применение АТ позволяет повысить этот коэффициент до 0,7–0,9, что обеспечит значительное сокращение затрат на дорогостоящие материалы. Значение КИМ при изготовлении металлических деталей с применением АТ определяется главным образом массой поддержек, подлежащих удалению;
- сокращение длительности цикла и стоимости технологической подготовки производства новых изделий. С развитием АТ опытно-конструкторские организации могут не только осуществлять быстрое натурное моделирование составных частей опытного изделия, но и значительно ускорить как изготовление сложных деталей, так и введение изменений в их конструкции в процессе доводки и испытаний изделия. Так, по данным ОАО КБХА, применение АТ при изготовлении пяти основных деталей двигателя позволяет в среднем сократить цикл изготовления в пять раз;
- замена сборочной единицы деталью одного наименования повысит надежность составной части изделия и также сократит цикл ее изготовления. К примеру, показан соединительный блок, который при традиционном исполнении представляет собой сборочную единицу, состоящую из восьми наименований деталей, когда при применении АТ достаточно трех;

— основные детали горячей части двигателей современных летательных аппаратов, работающие, как правило, в экстремальных условиях, изготавливают из материалов с низкой обрабатываемостью резанием, поэтому понятен интерес создателей ГТД и ЖРД к АТ, позволяющим в ряде случаев снизить трудоемкость и себестоимость технологии. Так, компания *GE Aviation* часть деталей нового двигателя LEAP производит с применением АТ.

На графике (рис. 2) представлен критический размер партии деталей, определяющий рентабельность АТ, на примере производства самолетных шасси. Из него видно, что при производстве от 42 единиц стоимость затрат с помощью АТ становится меньше, чем традиционная.

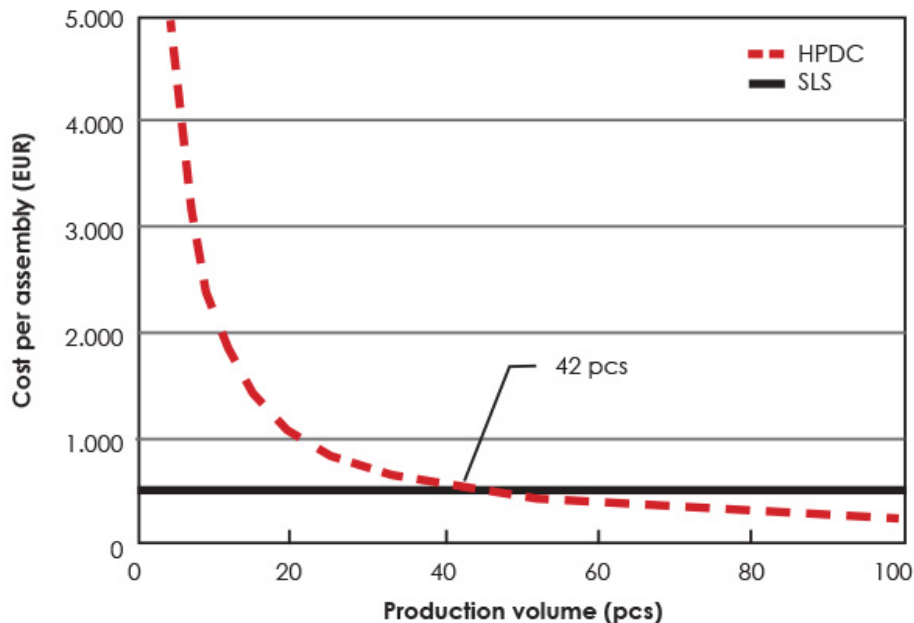


Рис. 2. Критический размер партии деталей, определяющий рентабельность АТ

На данный момент АТ освоены недостаточно. В российском ракетно- и авиастроении они применяются мало. Однако, как мы выяснили, мировая практика показала значительные преимущества использования АТ, что станет, надеемся, очередным толчком в развитии данной сферы в России.

Библиографический список

1. Семенова, Е. Г. Совершенствование процессов управления наукоемким производством и оценки его потенциала / Е. Г. Семенова, А. В. Чабаненко // Радиопромышленность. 2016. № 26 (4). С. 38–43.
2. Марценюк, П. Л. Новости 3D-технологий / П. Л. Марценюк // Использование 3D-принтера в авиастроении. URL: <http://www.3dpulse.ru/news/3d-keisy/ispolzovanie-3d-printera-v-aviastroenii> (дата обращения: 25.11.2019).

УДК 37.032.5

М. Д. Рассыхаева

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. В. Чабаненко

кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЦИФРОВОГО УРБАНИСТИЧЕСКОГО ХАКАТОНА «CITYNASK»

Проект «Умный город» направлен на повышение конкурентоспособности российских городов, формирование эффективной системы управления городским хозяйством, создание безопасных и комфортных условий для жизни горожан. Проект реализуется в рамках национального проекта «Жилье и городская среда» и национальной программы «Цифровая экономика». Основным инструментом реализации принципов ориентации на человека, комфортной и безопасной среды, технологичности городской инфраструктуры – широкое внедрение передовых цифровых и инженерных решений в городской и коммунальной инфраструктуре. Одним из эффективных инструментов поиска интересных решений и создания проектов является хакатон.

Хакатон – это короткое (обычно двухдневное), динамичное и насыщенное мероприятие, призванное стимулировать появление новых идей в выбранной предметной области и доведение их до реализации непосредственно на площадке хакатона под руководством специалистов-практиков. Особый формат позволяет создать команды из участников, обладающих разными компетенциями. Различие навыков и знаний позволяет получить новый взгляд на предметную область, заявленную на хакатоне. Творческая неформальная атмосфера – неотъемлемый атрибут хакатона. Она способствует не только созданию новых полезных проектов, но и налаживанию связей между участниками.

Хакатон проводится в три этапа.

1. Демонстрация идей. Каждая команда излагает свою идею проекта в устной форме. Участникам доступна маркерная доска для визуализации. Демонстрация идеи включает в себя описание задач, которые будут решаться в рамках проекта; описание итогового функционала; информацию о команде-разработчике. По итогам демонстрации индивидуальные участники присоединяются к командам по самостоятельному выбору.

2. Работа команд. Команды самостоятельно работают над реализацией проектов. Участникам доступна помощь менторов-специалистов для решения проблем в работе с платформой и программным обеспечением.

3. Демонстрация результатов. Каждая команда демонстрирует свой результат работы перед жюри. Результатом работы является презентация в виде слайдов, содержащая описание задач, которые решает проект; описание функционала проекта; видеоролик, демонстрирующий выполнение задач робототехнической платформой.

По итогам демонстрации результатов жюри определяет победителей хакатона.

Общение с окружающими. Хакатоны – это альтернатива ярмаркам вакансий. Участниками, возможно, заинтересуются работодатели и инвесторы, а специалисты в IT могут дать дельный совет по любому вопросу. Поэтому если есть возможность пообщаться, то участникам не стоит тушеваться: нужно разговаривать, спрашивать, налаживать связи, заявлять о себе.

Внимание партнерам. На хакатонах иногда есть партнерские номинации. Если партнером выступает, например, «Яндекс» или Twitter, то они уделяют особое внимание проектам, использующим их сервисы и API. Если заранее известно, кто будет партнером, это стоит учесть в своей идее, что может дать большое преимущество.

Заранее продуманная реализация. Время на хакатоне дается именно для реализации проекта команды. Нужно заранее продумать нюансы работы и обсудить с членами команды возможные проблемы.

Не лишней будет подготовка до мероприятия: чтение статей на нужную тему, изучение документации, сохранение полезных ссылок. Это сэкономит и силы, и нервы. Даже ощущение контроля над ситуацией будет большим подспорьем.



Пример проведения интеллектуального хакатона

Подготовка техники. Необходимо продумать и приготовить техническое обеспечение команд: ноутбуки, кабели подключения к проектору для презентации, удлинители на случай, если розетка будет далеко, и т. д. Если проект – мобильное приложение, то его нужно будет как-то продемонстрировать: эмулятор или шаринг экрана устройства. Последнее лучше протестировать заранее.

Подготовка необходимого ПО. Если членам команды нужно вместе работать с одним кодом, то хорошим решением будет система контроля версий, например, Git. Она позволит быстро делиться работой с командой и дополнительно покажет объем работы, который удалось сделать за время хакатона, что пригодится для презентации.

Подключение к Интернету. Не менее важен альтернативный канал для сети и Интернета. Организаторы стараются обеспечить стабильный Wi-Fi, но его может не хватить на всех, и он будет выдавать маленькую скорость. Это может отрицательно повлиять на скорость разработки, а также фатально сказаться на работе продукта при демонстрации. Поэтому стоит иметь при себе сим-карту с подключенным быстрым интернетом и устройство, способное раздавать Интернет на достаточное количество девайсов.

Подготовка контента. Когда подряд проходят презентации большого количества проектов, то реальные данные или интересный контент могут сыграть решающую роль. Никому не будет интересно постоянно видеть новостной агрегатор с «Тестовая новость 1», «Тестовая новость 2» и т. п. Гораздо лучше, когда происходит знакомство с продуктом, в котором представлены настоящие данные, поэтому нужно найти и собрать их до хакатона и сохранить.

Представление качественного демо. Демонстрация проекта важна ничуть не меньше разработки, поэтому не стоит ею пренебрегать. Если по правилам нужно представить идею в начале мероприятия, то подготовку презентации стоит сделать заранее дома.

Необходимо описать проект и сформулировать, что уже готово, а что планируется сделать за хакатон. Потенциальным работодателям/инвесторам, возможно, будет интересно, если будет представлена информация о команде: сколько участников, кто чем занимается.

Если идет работа над сервисом, то заранее нужно продумать цветовую гамму продукта и логотипа. Используя их в презентациях, вы заработаете дополнительное внимание к проекту – будет видно, что уделено внимание всем аспектам проекта, а не только коду.

Грамотно составленная презентация проекта. Итоговую презентацию нужно начать делать за 3–4 часа до окончания. Этого времени вполне достаточно, чтобы придумать речь и составить слайды. В презентации обратите внимание на то, что было сделано: каким был проект сначала и какой он сейчас. Если была проделана действительно внушительная работа, аудитория это отметит. И, конечно, не стоит забывать про демо. Неважно, приложение это или сайт, если будет показан работающий прототип.

Для компании хакатон – это один из способов поиска новых сотрудников. Участникам будет гораздо легче показать свои личностные качества и умение работать в команде на хакатоне, чем на собеседовании, выполняя однообразные задания, часто не имеющие прямой связи с предстоящей работой. Такая проверка в «боевых» условиях может заменить тестовый день.

Библиографический список

1. Организация хакатона. URL: <https://rb.ru/opinion/idealnyj-hakaton/> (дата обращения: 20.09.2019).
2. Проект цифровизации городского хозяйства «Умный город». URL: <http://www.minstroyrf.ru/trades/gorodskaya-sreda/proekt-tsifrovizatsii-gorodskogo-khozyaystva-umnyy-gorod/> (дата обращения: 22.09.2019).

УДК 62-1-9

Г. Г. Рахимова

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. В. Чабаненко

кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Сфера аддитивных технологий в последнее время серьезно развивается. Динамично развивается рынок оборудования и технологий 3D-печати, которые используются в прогрессивных производствах. Существует несколько вводов аддитивных технологий:

- *Fused Deposition Modeling* (FDM) – изделие формируется послойно из расплавленной пластиковой нити;
- *Color Jet Printing* (CJP) – единственная в мире полноцветная 3D-печать с принципом склеивания порошка, состоящего из гипса;
- *Selective Laser Sintering* (SLS) – технология лазерного запекания, при которой образуются особо прочные объекты любых размеров;
- *Multi Jet Modeling* (MJM) – многоструйное 3D-моделирование с использованием фотополимеров и воска;
- *Laser Stereolithography* (SLA) – с помощью лазера происходит послойное отвердевание жидкого полимера.

На данный момент лазерные аддитивные технологии можно разделить на две группы.

1. *Selective Laser Melting* (SLS) – селективное лазерное сплавление (синтез или спекание) с использованием ванны расплава (рис. 1), т. е. на некой поверхности сперва формируют слой, а затем выборочно фиксируют металл. К этой категории относятся SLS и SLA, DMLS, *Laser Cusing*, SPLA и др.

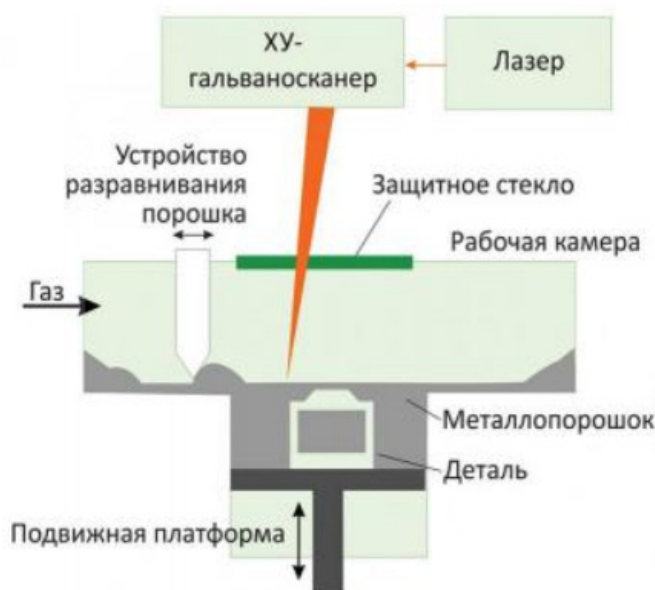


Рис. 1. Схема построения детали по SML-технологии

2. *Laser Metal Deposition* (LMD) – прямое лазерное осаждение или прямое лазерное выращивание с использованием прямой подачи порошка или проволоки непосредственно в место построения (рис. 2). К такой категории относятся технологии *Direct Metal Deposition* (DMD), *Laser Engineered Net Shape* (LENS), *Direct Manufacturing* (DM), *Multiphase Jet Solidification* (MJS).

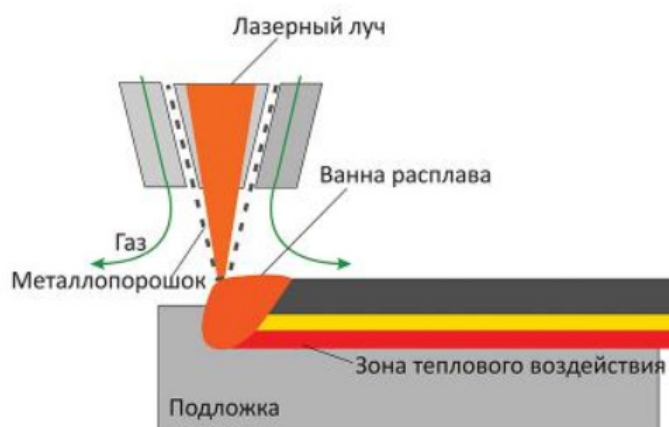
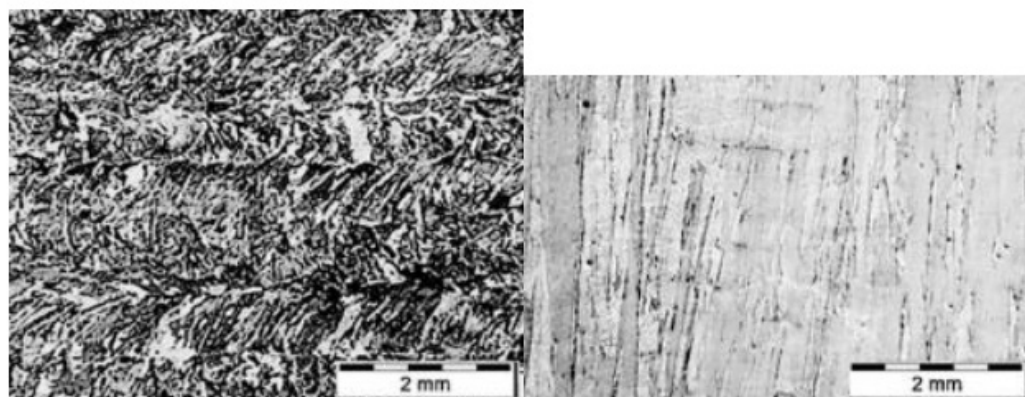


Рис. 2. Схема построения детали по LMD-технологии

Преимущество SLM-метода заключается в высокой точности и качестве построения. С помощью этой технологии можно создавать объекты любой сложности (с полостями внутри, нависающими частями или объектами внутри объекта). Но, к сожалению, скорость построения и размер детали в таких системах ограничены.

Прямое осаждение, в свою очередь, позволяет вести построение с большими скоростями, и соответственно, в большем объеме. Но точность будет ниже, а сложность деталей ограничена, что является минусом для аддитивных технологий (см. рис. 3 и таблицу).



a)

b)

Рис. 3. Структуры LMD (a) и SLM (b)

Таблица

Сравнение структур LMD и SLM		
Структура	LMD	SLM
Материал	Большой выбор порошка	Ограниченное количество порошка
Размер детали	Ограничен ходом осей	Ограничен размером камеры
Сложность	Ограничена	Не ограничена
Точность	$\geq 0,3$ мм	$\geq 0,1$ мм
Скорость построения	10–40 см ³ /ч	2–10 см ³ /ч
Толщина слоя	0,1–1 мм	0,03–0,1 мм

Проведем небольшой опыт для сравнения точности и скорости изготовления с помощью технологий SLM и LMD. Сделаем подставку под кружку. Полученная деталь должна быть термоустойчивой и достаточно гладкой, чтобы не царапать стол.

Главными преимуществами лазерных установок является гибкость и легкость работы с конструкциями сложных геометрических форм, с внутренними каналами и полостями, потребителями которых являются предприятия авиастроения, промышленной отрасли, медицины и энергетики. Преимущества аддитивных технологий в целом заключаются в разнообразии процессов, позволяющих применять их в различных областях производства.

Библиографический список

1. Производство аддитивных печатающих комплексов и печать песчанополимерных форм. URL: <https://www.add-technology.com/> (дата обращения: 12.10.2019).

2. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина // Изд-во политехнич. ун-та. СПб., 2013. С. 38–75.

УДК 504.054

Е. А. Романова

студент кафедры инноватики и управления качеством

А. С. Смирнова

старший преподаватель – научный руководитель

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЛАСТИКОМ

Одной из актуальных проблем загрязнения окружающей среды становится увеличение использования средств, содержащих микропластики (МП). Синтетические полимеры (пластики) не разлагаются в естественных условиях: время жизни относительно крупных пластиковых объектов в океане оценивается в десятки и сотни лет, в течение которых они медленно разрушаются на все более мелкие частицы. «Усталая» от воздействия внешних факторов поверхность частиц МП быстро заселяется бактериями и микроорганизмами, приобретающими таким образом способность легко преодолевать сотни километров вместе с океанскими течениями [1].

Микрочастицы пластика имеют столь малые размеры, что системы фильтрации их не улавливают, в результате чего микропластик попадает в водоемы и становится экологической угрозой. На сегодня известно, что микрочастицы пластика составляют по массе от 15 до 31% от общего количества загрязняющей океан пластмассы.

Микропластик образуется в результате распада пластиковых изделий на более мелкие фракции, например, это синтетические волокна, отрывающиеся от одежды во время стирки; микрочастицы, отходящие от автомобильных шин при движении по дорогам; краска и микропластик от технического обслуживания кораблей и лодок для туристов; изделия из пластика, которые в процессе биоразложения распадаются на микропластик [2].

Первичный микропластик присутствует сегодня в очень многих косметических товарах: шампунях, гелях, лаке, пенках для укладки волос, кондиционерах, губной помаде, туши для ресниц, тенях для век, дезодорантах, кремах для лица и области вокруг глаз, масках для лица, средствах по уходу за зубами и даже в детской косметике (см. таблицу).

Таблица

Типы пластика в средствах гигиены

Международное название	Русскоязычное название	Аббревиатура	Функция
Polyethylen	Полиэтилен	PE	Абразивная, пленкообразующая, контроль вязкости, обеспечение адгезии
Polypropylen	Полипропилен	PP	Наполнитель, агент, повышающий вязкость
Polyetylenterephthalat	Полиэтилентерефталат	PET	Обеспечение адгезии, формирование пленок, фиксация (лаки для волос) декоративные элементы (блестки в пене для ванн, тенях для век)
Polyamid (Nylon-12, Nylon-6, Nylon-66)	Полиамид (Нейлон-12, Нейлон-6, Нейлон-66)	PA	Эмульгирование, контроль вязкости, обеспечение оптического размывания (например, морщины)
Polyurethan (Polyurethan-2, Polyurethan-14, Polyurethan-35)	Полиуретан (полиуретан-2, полиуретан-14, полиуретан-35)	PUR	Образование пленок (маска для лица, солнечный крем, тушь для ресниц)
Acrylatescopolymer	Акрилат сополимер	AC	Связывающий агент, фиксация прически, образование пленки
Polyquaternium	Поликватерниум	P	Антистатический эффект
Polystyrene	Полистерин	PS	Образование пленок

Микропластик характеризуется и спектром плотностей, и разнообразием форм, и диапазоном размеров, причем свойства индивидуальных частиц существенно изменяются за дни, недели, годы, столетия пребывания в окружающей среде, и скорость изменения свойств зависит от индивидуальной истории конкретной частицы [1].

Утилизация полимерных отходов является перспективным направлением работы, поскольку возможна переработка отработанных материалов в новые товары. Европейские государства активно занимаются вопросом переработки пластиковых отходов. С 2006 г. в Нидерландах производится высококачественное дизельное топливо, полученное в результате переработки пластика. В США была разработана технология получения моторного масла из полиэтилена. В Китае была создана установка по переработке различных видов пластиковых отходов в электроэнергию. Штат Иллинойс стал первым штатом США, официально запретившим использование микропластика в косметической продукции. В конце 2018 г. в штате незаконным стало производство косметических продуктов, содержащих гранулы микропластика, а с конца 2019 г. – и их продажа [3].

Председатель профильной комиссии по экологической защите населения Санкт-Петербурга, член постоянной комиссии по экологии и природопользованию и постоянной комиссии по промышленности, экономике и предпринимательству Законодательного собрания Санкт-Петербурга Надежда Тихонова рассказала, что до конца года в городе будет разработан регламент, запрещающий использовать на городских мероприятиях пластиковую посуду.

В прошлом году областной Комитет по культуре заявил об отказе использовать на мероприятиях одноразовый пластик. Запрет распространяется не только на культурно-массовые мероприятия, но и на государственные учреждения, подведомственные комитету. Первые фестивали и концерты, на которых посетителей кормили и поили из биоразлагаемой посуды, прошли успешно [4].

Также рекомендации не использовать воздушные шары распространил по органам власти и государственным учреждениям Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Петербурга. В письме говорится о запрете на массовый и бесконтрольный запуск воздушных шаров, световых шаров и небесных фонарей при проведении на территории города различных мероприятий и масштабных праздников. Этого решения активисты движения «Раздельный сбор» и других экологических объединений добиваются по всей России [5].

Круговорот пластика в природе в конечном счете замыкается на всех живых существах: после производства и потребления он через грунт, воду, океан, растения по пищевой цепочке попадает ко всем животным и человеку [1].

Одной из самых глобальных проблем использования пластика является образование мусорных островов (пятен). Они представляют собой большую концентрацию мусорных частиц антропогенного происхождения, которые дрейфуют на поверхности воды. Эти пятна образуются благодаря сходимости в одной точке океанских течений и ветра, которые закручивают мусор в вихрь и затягивают к центру. Такие крупные течения присутствуют в шести точках мирового океана: Северное тихоокеанское (восточное и западное течения), Южное тихоокеанское, Северное и Южное атлантические, Индийское [3].

Кроме того, более 70% всего попадающего в океан пластика опускается в придонные слои, так что мы даже в точности не представляем себе, сколько там может скопиться мусора. Поскольку пластик прозрачен и залегает прямо под поверхностью воды, то со спутника «полиэтиленовое море» увидеть нельзя. Мусор можно заметить только с носа корабля или погрузившись в воду с аквалангом.

Самое большое мусорное пятно – Большое тихоокеанское. Состоит из двух частей: западной, со стороны Японии, и восточной, у берегов Калифорнии и Гавайев. Официально мусорное пятно было открыто в 1997 г., капитан Чарльз Мур при пересечении субтропического течения северной части Тихого океана заметил огромное количество морского мусора (кусков пластика) вокруг своего корабля [6].

Основная загвоздка в решении проблемы очистки океана от мусора состоит в том, что ни одна из стран не берет на себя ответственность за его образование и, соответственно, отказывается от применения каких-либо мер. Другая проблема заключается в сложности самого механизма очистки. Поскольку мусор имеет небольшие размеры, его сложно выловить отдельно от морских обитателей. Помимо этого, несоизмеримо большой размер площади океана технически значительно усложняет процесс.

Решение данной глобальной проблемы, как и любой другой, лежит в ее корне – необходимо максимально сократить производство, потребление и выброс пластика. На государственном уровне всех

стран должна проводиться программа осведомления населения о данном вопросе, должна быть введена практика переработки пластиковых отходов, очищения прибрежных зон и пляжей от мусора (установка соответствующих знаков, контейнеров, наложение штрафов).

Значительную роль в приближении катастрофы играет одноразовое потребление, масштабы которого зависят от каждого из нас. Необходимо отказаться от одномоментного личного комфорта (вода в пластиковых бутылках, кофе в стаканчиках на вынос, заведения быстрого питания, одноразовая посуда, пластиковые пакеты в супермаркетах и др.) для более глобального и продолжительного эффекта [2].

Библиографический список

1. Environmental Biodegradation of Synthetic Polymers I. Test methodologies and procedures / J. P. Eubeler [et al.] // Trends in Analytical Chemistry. 2009. 28 (9). P. 1057–1072.
2. Козловский, Н. В. Микропластик – макропроблема Мирового океана / Н. В. Козловский, Я. Ю. Блиновская // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 10. С. 159–162.
3. Шурупова, В. Океанические мусорные острова – новое достояние цивилизации / В. Шурупова. URL: <http://ecobeing.ru/articles/ocean-garbage-patches> (дата обращения: 05.11.2019).
4. Агентство социальной информации. Петербургские эоактивисты добились запрета на массовый запуск воздушных шаров. URL: <https://www.asi.org.ru/news/2019/04/16/peterburg-ekoaktivisty-zapret-vozdushnye-shary> (дата обращения: 18.11.2019).
5. Федоров, И. Петербург делает первые шаги в запрете на пластиковую посуду / И. Федоров. URL: <https://spbdnevnik.ru/news/2019-03-29/peterburg-delaet-pervye-shagi-v-zaprete-na-plastikovuyu-posudu> (дата обращения: 18.11.2019).
6. Федоров, А. Остров мусора в Тихом океане увеличился в 100 раз за 40 лет / А. Федоров // Исследования мирового океана. 2012. URL: <http://www.km.ru/nauka/2012/05/21/issledovaniya-mirovogo-okeana/ostrov-musora-v-tikhookeane-velichilsya-v-100-raz> (дата обращения: 19.03.2019).

УДК 504.062

А. В. Рыжкова

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

Н. А. Жильникова

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НА РОССИЙСКОМ И ЗАРУБЕЖНОМ РЫНКАХ

Инновации в области науки и техники лишь сравнительно недавно стали рассматриваться как одно из перспективных направлений для развития национальной экономики. В разрезе всех видов экономической деятельности инновационный сектор экономики занимает лишь малую часть в России. Проблемы с экологией все чаще становятся повесткой дня всех международных организаций, спасение окружающего мира и создание новых безопасных для природы технологий актуальны как никогда. Следовательно, без становления инновационного производства как ведущей отрасли экономики невозможно представить себе развитие более экологичного производства и рынка экотоваров. Сначала обратимся к статистике инновационной активности в разных странах мира. Данные для сравнения приведены в табл. 1 [1].

Таблица 1

Статистика инновационной активности

Показатель	Россия	Австрия	Германия	Норвегия	Финляндия	Франция	Швеция
Удельный вес организаций в экономике в целом, которыми используются технологические инновации	9,3%	59,9%	65,8%	39,3%	48,6%	45,5%	47,2%
Удельный вес сотрудников от общего количества занятых, которые занимаются проектами технических инноваций	2,5%	3,4%	4,9%	5%	4,7%	5,4%	9,8%
Удельный вес продукции промышленного производства в общей массе, выпущенной с использованием технических инноваций	41,3%	87,5%	87,9%	78%	87,4%	78,4%	85,6%
Удельный вес продукции, произведенной с использованием технических инноваций в общей структуре экспорта	48,5%	93,2%	94,3%	87,1%	92,3%	86,3%	94%
Удельный вес продукции промышленного производства, выпущенной с использованием технических инноваций	0,5%	8,4%	7,1%	4,6%	27,2%	9,5%	3,5%
Отношение между затратами предприятий и объемами продукции, выпущенной с использованием технических инноваций	2,8%	3,2%	5,3%	1,8%	4%	3,9%	7,4%

На основе данных, приведенных в табл. 1, можно сделать несколько выводов. Во-первых, инновационные процессы в российской экономике протекают вяло. Количество инновационных предприятий в общей структуре экономики в 5–6 раз ниже, чем в европейских странах. Исследованиями, научными разработками в сфере промышленного производства занимается лишь 2,5% от общего количества работников. В странах Европы этот показатель выше в 1,5–2 раза [2].

Доля инновационной продукции в России ниже, чем в Европе в два раза. Инновации в России в основном затрагивают крупные предприятия. Только 9,3% от общего количества предприятий в России проявляют инновационную активность. При этом в общем обороте продукции эти предприятия занимают 41,3% от рынка. Все можно объяснить тем, что крупные предприятия больше заинтересованы в использовании инноваций. Более широкое применение ими инновационных технологий обусловлено наличием необходимых для этого финансовых ресурсов [3].

Более того, не все регионы России могут похвастаться наличием у себя инновационных предприятий. Есть такие регионы, где количество инновационной продукции в общем показателе произведенной продукции в регионе не превышает 1%. Что касается малых и средних предприятий, то ими не проявляется должного интереса к инновациям из-за отсутствия налоговых льгот. Кроме того, деятельность малых и средних предприятий в основном ориентирована на удовлетворение потребностей местного рынка, а крупные предприятия ориентированы на иностранных потребителей и потребителей в других регионах России. Фактическое отсутствие конкуренции между малыми и крупными предприятиями не стимулирует первых на применение инновационных решений в производстве. Государство тоже допускает ошибки в рамках концепции о поддержке инновационного развития экономики. В частности, вся необходимая поддержка предоставляется только крупным предприятиям, так как они имеют большой удельный вес в экономике.

Для рынка российскими предприятиями выпускается только 0,5% новой продукции от общего объема производства. В то же время 1,9% новой продукции для предприятий следует рассматривать как низкий интерес предприятий к ассортименту выпускаемой продукции. Разумеется, все инновации необходимо стимулировать, как это делается в Европе.

Теперь обратимся к статистике по развитию рынка экотоваров в странах Европы и России, при производстве которых используются инновации и технические решения для экономии водных ресурсов. Данные для сравнительного анализа приведены в табл. 2 [4].

Таблица 2

Статистика по развитию рынка экотоваров в странах Европы и России

Страна	Количество продуктов и товаров, производимых с использованием инноваций и техники для экономии водных ресурсов, %		
	Продукты питания	Минеральные удобрения для использования в с/х	Канцтовары
Россия	7	4	6
Австрия	28	21	25
Германия	39	27	37
Норвегия	34	23	26
Финляндия	36	18	22
Франция	34	20	23
Швеция	33	22	25

Как видно из табл. 2, Россия серьезно отстает от европейских стран в экологичном производстве товаров с применением предприятиями инноваций и технологии для экономии водных ресурсов. В Европе идут другим путем, в частности, при производстве канцтоваров производителям запрещено сбрасывать сточные воды [5]. Им разрешается осуществлять рециркуляцию (повторное использование в производстве очищенной воды). Продукция, выпущенная с использованием таких решений, имеет все шансы на жизнеспособность на мировом рынке.

Даже при обращении к структуре затрат на технические инновации для экономии воды можно отметить, что Россия сильно отстает от стран Европы. Российские предприятия вкладывают до 60% затрат на технические решения и инновации для экономии воды для покупки машин и оборудования. На проектирование, разработку и обучения персонала идет лишь 20% от общих затрат на инновации и технологии для экономии воды. В той же Австрии большая часть затрат идет на исследования и разработку (до 51% от общих затрат на инновации и технологии для экономии водных ресурсов). В других странах Европы ситуация аналогична [6].

Меньше всего затрат приходится на техническое сотрудничество с другими организациями, поскольку предприятия больше заинтересованы в проведении собственных исследований и проектировании технических решений собственными силами. Из-за кризисных явлений в российской экономике удельный вес инновационных предприятий в общей экономике снизился в 2015 г. до 9,2% по сравнению с 9,4% в 2007 г. Показатели инновационной активности предприятий в Европе, несмотря на кризис, идут вверх.

Что касается доли инновационных товаров в общей структуре производства, то тут у России отмечается слабая положительная динамика. Если в 2007 г. доля инновационной продукции составляла 5,5%, то уже к 2015 г. она выросла до 6,1%. И все равно этот показатель примерно в два раза ниже, чем в Европе. Таким образом, Россия серьезно отстает от Европы в плане инноваций и технологий для экологичного производства.

Библиографический список

1. Верховская, О. Р. Глобальный мониторинг предпринимательства. Национальный отчет / О. Р. Верховская, М. В. Дорохина. СПб.: Высшая школа менеджмента Санкт-Петербургского ун-та, 2015. 58 с.
2. Иманшапиева, М. М. Системы налогообложения субъектов малого бизнеса: опыт индустриальных стран и возможности его использования в условиях Российской Федерации / М. М. Иманшапиева, Х. М. Мусаева // Налоги и налогообложение. 2015. № 8.
3. Инновационная активность крупного бизнеса. URL: <http://raexpert.ru/researches/expert-inno/parti/> (дата обращения: 30.09.2019).
4. Инновационная активность крупного бизнеса в России. Механизмы, барьеры, перспективы. М., 2016. 38 с.
5. Исследование INSEAD: Глобальный индекс инноваций 2015 г. URL: <http://gtmarket.ru/news/2012/07/06/4531> (дата обращения: 02.10.2019).
6. Исследование INSEAD: Глобальный индекс инноваций 2016 г. URL: <http://gtmarket.ru/news/2013/07/01/6051> (дата обращения: 05.10.2019).

УДК 534.422

Р. А. Савенко

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

С. А. Назаревич

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ИЗ РАСТЕНИЙ

Солнечная батарея – один из самых популярных экологических энергетических девайсов. В ее основе лежит идея взять солнечную энергию, которая и так греет планету, и извлечь из нее электро-энергию без всяких побочных эффектов. Однако у этих устройств, несмотря на то что они изобретены уже давно и с тех пор постоянно совершенствуются, есть ряд существенных недостатков. Главные из них – низкая эффективность (лишь некоторые коммерческие образцы обладают КПД на уровне 20%) и ограниченная функциональность (работают, только пока светит солнце).

Растения – те же солнечные батареи, только естественные. В процессе фотосинтеза молекулы пигментов, находящиеся в мембранах тилакоидов, поглощают энергию солнечного света и преобразуют ее в энергию химических соединений. Фотосистемы растительных пигментов используют солнечную энергию с очень большой эффективностью (если считать в поглощенных фотонах на вырабатываемый электрон).

Физически при поглощении кванта света определенной частоты электрон в молекуле пигмента переходит из основного состояния в возбужденное, т. е. на более высокий энергетический уровень. «Разрядка» возбужденного состояния молекулы хлорофилла может происходить в виде выделения тепла или в флуоресценции, кроме того, энергия возбужденного состояния может передаваться соседней молекуле пигмента или расходоваться на фотохимические процессы.

Более 90% хлорофилла хлоропластов входит в состав светособирающих комплексов – своеобразных антенн, переносящих энергию возбуждения к реакционным центрам первой и второй фотосистемы для последующего первичного разделения зарядов. В этих же фотосистемах сперва происходят окислительно-восстановительные превращения хлорофилла, а затем – фиксация энергии света в химическую энергию. Окисленные молекулы хлорофилла восстанавливаются, отбирая электроны у воды, далее в ходе нескольких химических реакций образуются кислород и свободные электроны и протоны (H). При этом вода диссоциирует на протоны и молекулярный кислород. Для создания одной молекулы кислорода нужно восстановить две молекулы Р680, потерявшие в сумме четыре электрона, при этом образуются четыре протона, приводя к тому, что мембрана тилакоида с одной стороны заряжается положительно за счет H⁺, с другой стороны – отрицательно за счет электронов. Далее процесс продолжается и завершается уже без участия солнечного света синтезом органики из фиксированного из атмосферы углекислого газа.

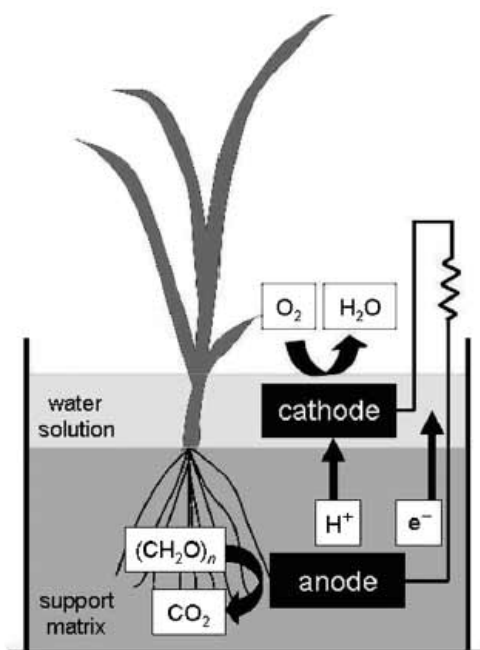
В настоящее время множество исследовательских групп занимаются поисками методов получения энергии буквально из воздуха. Один из таких методов уже удалось обнаружить специалистам голландской компании *Plant-e*, которые очень пристально и тщательно изучили процессы, протекающие в растениях. Для получения электрической энергии они используют один из побочных продуктов фотосинтеза.

В основе технологии – своеобразный аккумулятор, представляющий собой квадратный пластиковый контейнер со стороной 50 см. Контейнер разделен на две части ионоселективной мембраной, через которую происходит движение ионов водорода к катоду.

В одной части контейнера расположена аэробная катодная камера, а в другой – анаэробная анодная камера. К аноду устремляются свободные электроны, которые по внешней цепи передаются на катод. В результате соединения водорода с кислородом в катодной камере образуется вода и генерируется электрический ток (см. рисунок).

Сахар, выработанный растениями и попавший в почву, начинает достаточно активно реагировать с атмосферным кислородом, и в ходе протекающей химической реакции получается множество свободных электронов. Электроды, погруженные в почву, собирают эти свободные электроны, превращая их в электрический ток, а количество получаемого при этом электричества достаточно для того,

чтобы обеспечить потребности светодиодных осветительных приборов, точек доступа Wi-Fi или зарядки аккумуляторных батарей мобильных электронных устройств.



Принцип действия

Приняв во внимание возможность использования невостребованного представителями флоры продукта собственного фотосинтеза, в *Plant-e* предлагают при помощи электродов собирать заявленным образом электричество для питания мелкой бытовой электроники и осветительных приборов. Эффективность технологии, разумеется, некорректно сравнивать с другими способами альтернативного энергоснабжения. Команда инженеров, трудившаяся над проектом, утверждает, что 100 м² специальных зеленых насаждений позволяют генерировать в течение года примерно 2800 кВт·ч, что, в принципе, не так уж и много. Тем не менее указанного количества энергии будет достаточно для освещения обочин, питания светодиодных ламп, точек доступа к публичным сетям Wi-Fi и многого другого. Для всего этого потребуется определенный вид растений, которые помещаются в пластиковые контейнеры площадью по 2500 см² каждый.

Основатели компании *Plant-e* надеются, что разработанная ими биологическая технология получения электрической энергии сможет найти применение в некоторых бедных регионах земного шара, удаленных от центров цивилизации, там, где природные условия максимально благоприятны для роста растений и где в силу различных причин не получается использовать другие технологии получения экологически чистой энергии.

Библиографический список

1. Онлайн-журнал про электричество «Электрик Инфо». URL: <http://elektrik.info> (дата обращения: 15.11.2019).
2. Зеленое электричество как символ автономности. URL: <http://www.berlogos.ru/article/zelyonoe-elektrichestvo-kak-simvol-avtonomnosti/> (дата обращения: 17.11.2019).

УДК 681.3

Л. И. Седин, М. В. Казаков

студенты кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. В. Чабаненко

старший преподаватель, кандидат технических наук – научный руководитель

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-СКАНИРОВАНИЯ

3D-сканирование – это автоматический сбор и анализ данных реального объекта, а именно формы, цвета и других характеристик, с последующим преобразованием в цифровую трехмерную модель.

Создать 3D-сканер позволяют сразу несколько технологий, различающиеся между собой определенными преимуществами, недостатками, а также стоимостью. К тому же существуют некоторые ограничения по объектам, которые могут быть оцифрованы. В частности, возникают трудности с блестящими, прозрачными или обладающими зеркальными поверхностями предметами.

Функциональные возможности

Цель 3D-сканера заключается в том, чтобы создать облако точек геометрических образцов на поверхности объекта. В дальнейшем эти точки могут быть экстраполированы для воссоздания формы предмета (процесс, называемый реконструкцией). Если были получены данные и о цвете, то и цвет реконструированной поверхности также можно определить.

В большинстве случаев одного сканирования недостаточно для создания полноценной модели предмета. Таких операций потребуется несколько. Как правило, приличное множество сканирований с разных направлений понадобится для того, чтобы получить информацию обо всех сторонах объекта. Все результаты сканирования должны быть приведены к общей системе координат – процесс, называемый привязкой изображений или выравниванием, и только после этого создается полная модель. Вся эта процедура от простой карты с расстояниями до полноценной модели называется конвейер 3D-сканирования.

Отсканировать объект можно с помощью 3D-сканера (рис. 1), который анализирует определенный физический объект или же пространство, чтобы получить данные о форме предмета и по возможности о его внешнем виде, например о цвете. Собранные данные в дальнейшем применяются для создания цифровой трехмерной модели этого объекта.



Рис. 1. Портативный 3D-сканер

3D-сканеры немного похожи на обычные цифровые фотокамеры. В частности, у них есть конусообразное поле зрения, и они могут получать информацию только с тех поверхностей, которые не были затемнены. Различия между двумя этими устройствами в том, что камера передает только информацию о цвете поверхности, что попала в ее поле зрения, а 3D-сканер собирает информацию о расстояниях на поверхности, которая также пребывает в его поле зрения. Таким образом «картинка», полученная с помощью 3D-сканера, описывает расстояние до поверхности в каждой точке изображения. Это позволяет определить положение каждой точки на картинке сразу в трех плоскостях (x, y, z).

Существует несколько технологий для цифрового сканирования формы и создания 3D-модели объекта, в соответствии с которыми 3D-сканеры классифицируются на различные типы по принципу работы и области применения.

Типы 3D-сканеров

3D-сканеры можно разделить на два типа: контактные и, соответственно, бесконтактные.

К *контактным 3D-сканерам* относятся CMM (Coordinate Measuring Machine – координатно-измерительные машины) (рис. 2).

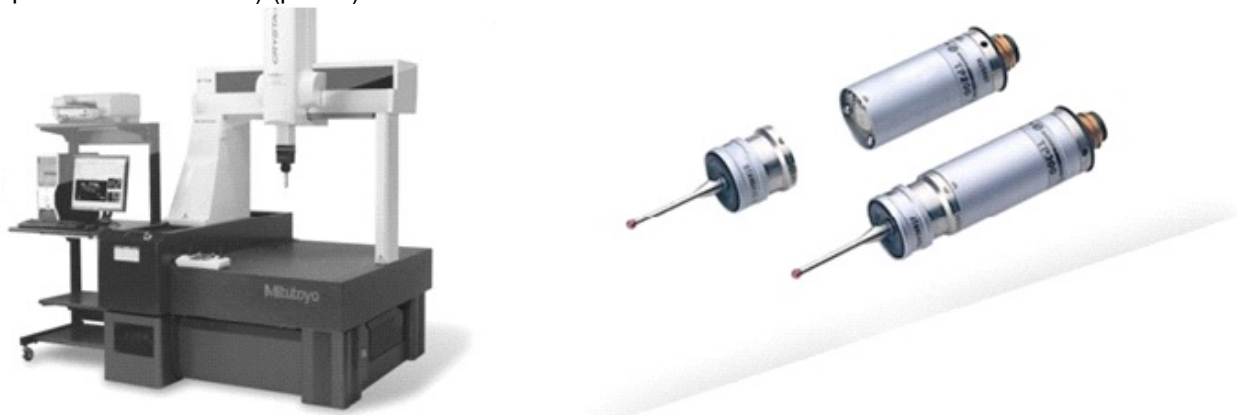


Рис. 2. CMM-системы

Эти устройства напоминают промышленные станки с ЧПУ на массивном основании, но вместо шпинделя крепится измерительная головка с рубиновым шариком на конце. Сканирование, или контроль геометрических размеров, производится контактным способом. Щуп медленно подходит к измеряемому объекту, регистрируя малейшее касание.

Бесконтактные 3D-сканеры делятся на несколько типов по способу сканирования. Условно их можно разделить на лазерные и оптические.

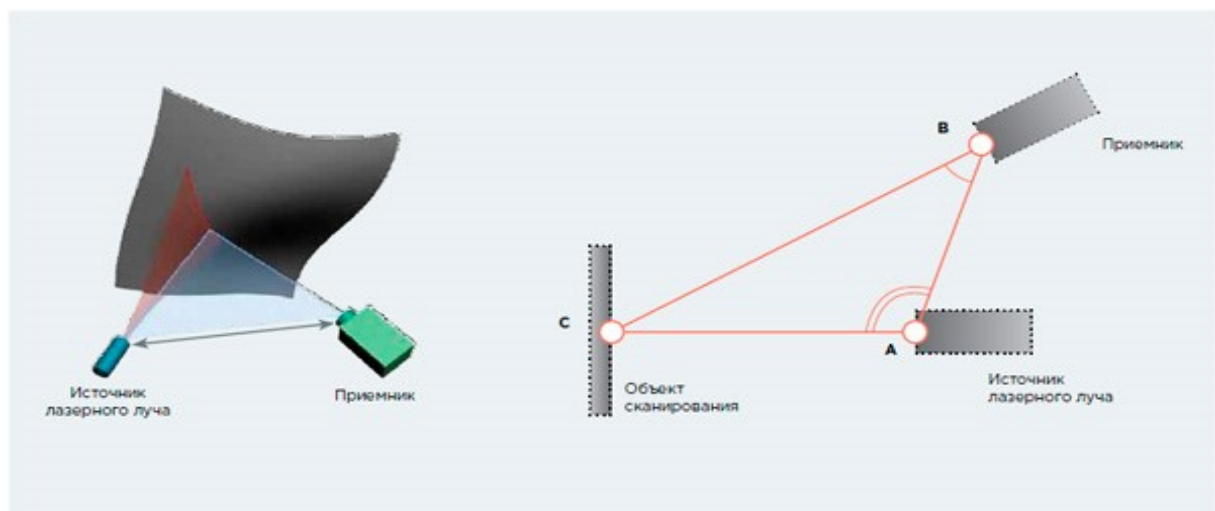


Рис. 3. Принцип работы бесконтактного 3D-сканера

Основная часть лазерных сканеров работает по принципу триангуляции. Суть триангуляционных 3D-сканеров состоит в том, что высококонтрастная камера ищет лазерный луч на поверхности объекта и измеряет расстояние до него. При этом оптическая ось камеры и лазера разнесены, а расстояние между ними и угол заведомо известны. Таким образом, путем нехитрых геометрических измерений мы можем достаточно точно измерить расстояние до объекта, быстро получив облако точек. По сравнению со сканерами, измеряющими время отклика луча, этот класс устройств имеет ограничения по дальности сканирования, но при этом сканирует объекты с высокой точностью.

Библиографический список

1. Справочное пособие по 3D-принтерам. URL: <https://3dtoday.ru> (дата обращения: 09.10.2019).
2. Онлайн-сервис 3D-печати на 3D-принтерах в России. URL: <https://can-touch.ru> (дата обращения: 09.10.2019).
3. Технология аддитивного производства, моделирование и управление качеством процесса послойного синтеза / А. В. Чабаненко [и др.]. СПб., 2018.

УДК 338.364

Е. А. Смещук

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

Я. А. Щеников

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Введение

В условиях четвертой промышленной революции произошли кардинальные изменения в понятиях бизнеса и экономики. Технологии порождают новые бизнес-модели, мир переходит в эпоху цифрового бизнеса, которая характеризуется внедрением в производство элементов Индустрии 4.0. В таких условиях российским предприятиям необходимо осуществить переход на новое, цифровое производство. Стимулируют рынок и инициативы государства – госпрограмма «Цифровая экономика», направленная на развитие инфраструктуры, и повсеместное внедрение индустриального интернета, «дорожная карта» «Технет» [1].

Потребитель становится более информированным, требовательным, хочет знать о приобретаемом продукте все. Производители начинают более тщательно следить за тем, какие компоненты используются, и стараются изменить технологию производства таким образом, чтобы она отвечала требованиям потенциальных покупателей. Поэтому уже сейчас процесс производства на всех этапах должен быть полностью управляемым и прозрачным для менеджеров предприятия. Для этого на предприятиях необходимо единое информационное пространство, где высокотехнологичное оборудование, аналитические и управленческие ИТ-системы в режиме нон-стоп обмениваются данными.

Сегодня машины способны не просто выполнять команды человека и заменять его на опасных производствах, но и брать на себя процесс принятия решений на основе анализа массивов данных. Уровень производительности и автономности машин непрерывно растет, что в конечном итоге ведет к тому, что такая система становится активным системным компонентом, способным автономно управлять своим производственным процессом.

Что такое цифровое производство

Стержнем концепции цифрового производства является цифровая модель объекта или процесса и его существование в информационном пространстве на протяжении всего жизненного цикла. Цифровое производство – это новое качество предприятия, подразумевающее интеграцию цифровых технологий по всей цепочке создания продукта, включая разработку продукта, создание технологии производства, подготовку производства, само производство и его сервис. Например, можно с минимальными затратами средств и времени провести виртуальную пуско-наладку производства с помощью программного обеспечения и модуля симуляции, а потом перенести эти результаты в реальный мир, оптимально запустив технологическую линию.

Ранее на производствах рассматривалась лишь оптимизация его отдельных фаз или этапов изготовления продукции, а сейчас многие предприятия используют датчики для сбора информации о производительности своего оборудования и создают базы данных. В течение последних лет переход к цифровым производствам не только поспособствовал ускорению сбора данных, но также оптимизировал их обработку и анализ. Цифровизация происходит на всех уровнях и на протяжении всего жизненного цикла продукции.

Технологии цифрового производства

Фундаментом цифрового производства являются производственный интернет вещей (IIoT), межмашинное взаимодействие (M2M), облачные технологии (*Cloud Computing*), базы данных и базы знаний, участвующие в создании цифровых двойников. Основа цифрового производства – возможность сбора и передачи информации в любой форме и объеме из любого места.

Промышленный интернет вещей (IIoT). На технологическом уровне цифровое производство представлено инженерной инфраструктурой: датчиками промышленного интернета вещей и высокотехнологич-

ным оборудованием. На уровне производства – системами мониторинга и аналитическими инструментами, которые обрабатывают полученные с оборудования данные и помогают своевременно влиять на основные средства производства. На управленческом уровне цифровое производство – это синхронизация работы всех подразделений. Компоненты производственной системы становятся активными пользователями Интернета, взаимодействуют друг с другом для прогнозирования и адаптации к изменениям. Развитию IIoT способствует снижение стоимости вычислительных мощностей и передачи данных, развитие облачных технологий, *bigdata*, а также рост числа подключенных к Интернету устройств.

Цифровой двойник – это реальное отображение всех компонентов в жизненном цикле продукта с использованием физических данных, виртуальных данных и данных взаимодействия между ними [2]. Это виртуальная копия физического мира, в которой фиксируются все данные о материалах, особенностях конструкции, произведенных операциях и испытаниях.

Цифровое производство затрагивает не только производственные процессы, но и более ранние этапы – разработку изделия и технологическую подготовку производства. Применение виртуального моделирования на каждом этапе жизненного цикла изделия позволяет выявить возможные проблемы в конструкции, найти оптимальные параметры технологических процессов и проверить надежность конструкции при разных режимах эксплуатации.

Цифровые двойники оборудования отображают реальное состояние оборудования, непрерывно обновляются с помощью данных с датчиков и позволяют прогнозировать его отказы (рис. 1).

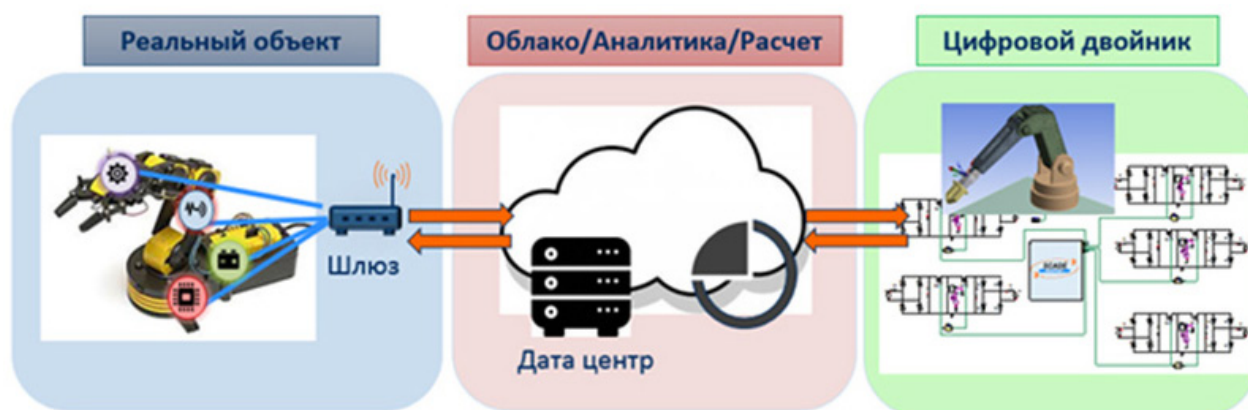


Рис. 1. Пример создания цифрового двойника

Цифровые двойники можно тестировать в виртуальном мире, экономя время, деньги и ресурсы. Это позволяет компаниям быстрее решать физические проблемы, обнаруживая их с гораздо более высокой степенью точности, проектировать и создавать более качественные продукты и в конечном итоге лучше обслуживать своих клиентов [3]. Цифровой двойник позволяет заблаговременно прогнозировать возможные поломки оборудования. Эта возможность называется прогнозируемым обслуживанием. Виртуальные копии осуществляют постоянное дистанционное управление своими физическими прототипами, собирая различную информацию о состоянии с помощью датчиков [4].

В качестве примера можно привести систему «Диспетчер». С помощью датчиков система получает данные о работе оборудования и может их анализировать и выдавать реальные причины простоя оборудования в реальном времени. Система мониторинга способна взаимодействовать с любыми станками независимо от года выпуска или модели станка.

Метод DFMA. В данное время препятствия возникают на этапе технической подготовки производства, необходимо в реальном времени параллельно согласовывать инженерную деятельность и обмениваться информацией между различными отделами вне зависимости от их местонахождения. В связи с этим все большую популярность стал завоевывать один из методов параллельной организации работ в процессе технической подготовки – метод *Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)*. DFMA – это набор методик и принципов, регулирующих процесс разработки и постановки изделий на производство таким образом, чтобы заранее оптимизировать все этапы жизненного цикла изделия (изготовление, сборку, испытания, закупку, доставку и обслуживание). Метод DFMA в целом подразделя-

ется на два взаимодополняющих метода: *Design for Assembly* – проектирование с учетом условий сборки – и *Design for Manufacturing* – проектирование с учетом условий производства.

Помимо перечисленных технологий внедряются технологии добавленной, виртуальной и смешанной реальности.

Статистика цифровизации производств в России и мире

Объем глобального рынка IIoT в 2018 г. достиг 113,4 млрд долл. По оценке американской *General Electric* (GE), к 2020 г. объем глобального рынка IIoT достигнет 225 млрд долл. Прогнозируется, что к 2030 г. вклад технологии IIoT в мировую экономику в денежном эквиваленте составит более 14 трлн долл.

Совокупный рост цифровизации российских производств составляет порядка 30% в год, что выше, чем в среднем по миру (15% в год). Российский рынок IIoT, по прогнозам TAdviser, к 2020 г. должен вырасти до 270 млрд руб. В России к 2019 г. к промышленному интернету будет подключено 1,3 млн единиц оборудования в машиностроении, 0,6 млн единиц – в процессном производстве.

Сейчас уровень цифровизации российской промышленности в среднем ниже, чем в США, Германии или Китае. Доля предприятий-лидеров, которые активно тестируют или уже используют инструменты цифровизации, не превышает 10–15%. Доля станков с числовым программным управлением (ЧПУ) в России все еще невелика относительно общего станочного парка, хотя именно это оборудование необходимо для внедрения цифровых технологий. Лишь у 14% заводов в России станки с ЧПУ составляют более 50% инсталлированного оборудования, до 80% предприятий РФ намерены приобрести дополнительные станки в среднесрочной перспективе [5].

Россия – один из мировых лидеров по уровню развития цифровой инфраструктуры: широкополосного интернета, 3G и LTE. 80% российских промышленных предприятий уже внедрились системы ERP, освоили технологии виртуального моделирования и инженерного анализа [5].

Экономический эффект от внедрения элементов цифрового производства

Инвестиции в IIoT в течение пяти ближайших лет позволят повысить эффективность индустрии в среднем на 18% и сократить затраты на 14%, одновременно наращивая доходы от услуг, включая послепродажное обслуживание, что обеспечит ежегодный рост выручки на 2,9% [(PwC)]. По данным исследования TAdviser и госкорпорации «Ростех», внедрение IIoT позволит предприятиям на 10% снизить простои и случаи отказа оборудования, сократить затраты на техническое обслуживание и усовершенствовать процедуры прогнозирования.

В целом выгоды от использования концепции цифрового производства состоят в первую очередь в снижении количества ошибок в реальном производстве за счет их обнаружения и устранения на ранних этапах подготовки в виртуальной среде. Сокращение ошибок в реальном производственном процессе благоприятно сказывается на затратах на производство, а также на времени подготовки производства, поскольку ошибки в технологии обнаруживаются и устраняются на этапе проектирования изделия, и, соответственно, запуск производства осуществляется в более короткие сроки. Внедрение цифрового производства приводит к росту производительности труда, повышению качества выпускаемой продукции. Усложняется выпускаемый продукт, возрастают требования к персоналу, увеличивается доля рынка, сокращаются складские запасы.

Цифровое производство востребовано там, где труд специалистов дорог и производятся высокотехнологичные товары. Объем мирового рынка цифровых производств в 2019 г. составит 153,7 млрд долл. При среднегодовых темпах прироста в 9,76% объем рынка достигнет к 2024 г. 244,8 млрд долл. К этому времени объем мирового рынка промышленного интернета вещей достигнет 933,62 млрд долл.

В странах Азиатско-Тихоокеанского региона темпы освоения цифровых технологий наиболее высоки – почти 20% производств достигло цифровой зрелости. Европа превосходит США по уровню развития IIoT благодаря более высокому проценту своих технологических расходов на развертывания IIoT по сравнению с компаниями США. Германия к 2030 г. планирует перейти на систему промышленности, построенную по новым стандартам, включающим, к примеру, *Product Lifecycle Management*.

Что нужно сделать, чтобы внедрить цифровое производства

Можно выделить три составляющих цифрового производства: реновация бизнес-процессов, ресурсы для их обновления – программные, аппаратные и кадровые, а также ряд требований и стандартов для их успешного функционирования.

Для внедрения цифровых технологий нужна инфраструктура. Основа оптимизации производства на принципах IIoT – физическая возможность получения структурированной информации о работе оборудования. Минимально необходимое требование – наличие станков с ЧПУ.

Для организации на предприятии массового производства продукции по индивидуальным заказам должны быть полностью автоматизированы все производственные процессы. Необходимым условием при этом является создание на промышленном предприятии единого информационного пространства, с помощью которого все автоматизированные системы управления предприятием, а также промышленное оборудование могут оперативно и своевременно обмениваться информацией.

Одним из ключевых моментов, который входит в концепцию цифрового производства, является использование специализированного программного обеспечения, помогающего всем участникам процесса быть эффективнее.

Технологии цифрового производства связывают виртуальную и физическую реальности все чаще без участия человека, поэтому важно, чтобы внутри компании поддерживалась культура восприятия перемен.

Проблемы цифровизации производства

Capgemini Consulting и MIT Sloan School of Management проанализировали более 400 крупных компаний из разных отраслей, чтобы понять, что для них значит цифровой бизнес. Результаты исследования поместили в матрицу, где в качестве одного измерения взяли инвестиции в технологические инициативы, имеющие целью изменение операционной деятельности компании (*Digitalintensity*), а в качестве второго – глубину преобразований в менеджменте (*Transformation Management Intensity*) (рис. 2).

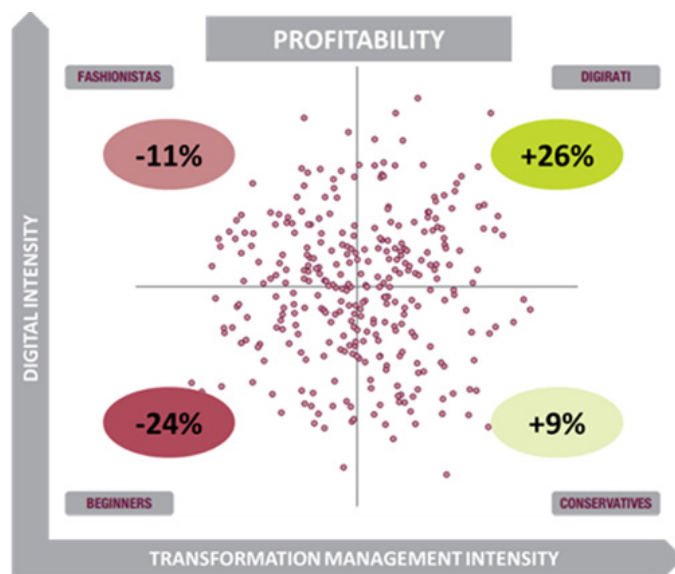


Рис. 2. Матрица результатов исследования

Результаты исследования показали, что от применения новых технологий и методик управления зависят финансовые показатели: компании, активно использующие технологии и новые методы управления, в среднем на 26% прибыльнее своих конкурентов; организации, которые много инвестируют в цифровые технологии, но при этом уделяют мало внимания управлению, имеют финансовые показатели на 11% ниже; более консервативные компании, которые улучшают только менеджмент, получают плюс 9% к прибыли, но потенциально могут приобрести с помощью цифровых технологий втрое

больше; те, кто еще не выбрал стратегию развития, имеют негативные финансовые показатели в сравнении с другими игроками рынка – минус 24% [6].

На предприятиях России отсутствует необходимая инфраструктура. Нужны современное оборудование, датчики и данные. Поскольку текущие производственные мощности – это не только современное оборудование, но и устаревшее, то получается, что данные разрозненны, хранятся в разных местах, предприятие не может их собрать и посмотреть на процесс как на единое целое.

Еще одна проблема – дефицит апробированных отечественных разработок при наличии существенно более дорогих решений западных вендоров. По этой причине до 90% российских производств до сих пор не используют, например, современные системы планирования, лишь 20% внедрили MES-системы [5]. На IT-рынке сегодня появляется много игроков, которые не имеют решений, прошедших апробацию на реальных производствах, что смущает заказчиков, которые, в свою очередь, тормозят инвестирование в IIoT.

В основе успешного перехода к тотальному цифровому производству лежит изменение инструментов планирования, проверки и моделирования производственных процессов, оптимизация управления жизненным циклом продукта. Многие предприятия решают ограничиться организационными мерами в силу отсутствия ресурсов и необходимых инвестиций в высокотехнологичные проекты. Цифровизация производств в РФ сдерживается и стремительными изменениями на рынке технологий – бизнес нередко предпочитает подождать еще несколько лет, чтобы приобрести и внедрить более продвинутое технологии.

Существуют и кадровые проблемы. Сотрудники предприятий не всегда понимают специфику технологий и решений.

К проблемам относится также и отсутствие стандартов, единых требований, достаточного количества промышленных решений. Рынок услуг по цифровизации только формируется, предприятия ищут форматы работы с разными технологиями.

Многие предпочитают цифровизировать какие-то отдельные процессы, забывая, что трансформировать необходимо всю организацию в целом.

Заключение

Цифровое производство выводит на новый уровень решение всех задач, которые волновали промышленников во все годы: снижение процента брака, уменьшение ошибок, вызванных человеческим фактором, оценка качества произведенного продукта. Если раньше для этого использовались организационные методы, например, службы контроля качества, то сейчас к ним добавились и программно-аппаратные комплексы IIoT. Цифровые технологии позволяют выявлять нерадивых сотрудников, создавать формат открытости и дисциплины, четко следить, от чего зависит выработка, выявлять всевозможные проблемы и в режиме реального времени их решать – сообщать в нужную службу о нехватке деталей, поломке оборудования. Данные о проблеме поступают немедленно, решения принимаются быстро, персонал начинает работать эффективнее, растет заработок.

Благодаря подключению действующего оборудования к IIoT и его мониторингу можно изыскать новые мощности для большей производительности и сэкономить сотни миллионов рублей при закупке нового оборудования. Цифровое производство делает возможным быструю и дешевую переналадку производственных мощностей под изменяющиеся условия, будь то изменения спроса на продукцию на рынке, изменение в цепочке поставщиков комплектующих или выход из строя оборудования.

Цифровизация российского производственного сектора к 2025 г. сможет ежегодно увеличивать объем ВВП страны на сумму от 1,3 до 4,1 трлн рублей. По прогнозам *McKinsey Global Institute*, применение цифровых технологий повысит производительность предприятий на 45–55%, а также сократит сроки выхода продукта на рынок на 20–50%. Внедрение цифровых производств повлечет за собой выпуск более качественной продукции, возможности быстрого изготовления нестандартных и индивидуальных вещей, кастомизации изделий массового производства. Информацию в цифровом виде легче преобразовывать и передавать, что существенно сокращает сроки разработки. В дальнейшем цифровые производства смогут построить вокруг себя цифровые экосистемы, что способствует становлению цифровой экономики.

Библиографический список

1. Индустрия 4.0: создание цифрового предприятия. Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0». URL: http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry2016_rus.pdf (дата обращения: 13.11.2019).
2. Digital Twin-driven Product Design Framework // International Journal of Production Research. 2018. P. 1–19.
3. *Grieves, Michael W.* Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication / Michael W. Grieves. 2014. P. 7.
4. About the Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing / R. Rosen [et al.] // IFAC-PapersOnLine. 2015. P. 567–572.
5. «Цифра» растёт: как развивается автоматизация производств в России. URL: <https://plus.rbc.ru/news/5b5e4f937a8aa9225f10e22a> (дата обращения: 21.11.2019).
6. Цифровое преимущество. Как цифровые лидеры превосходят своих коллег в каждой отрасли. URL: <https://www.capgemini.com/resources/the-digital-advantage-how-digital-leaders-outperform-their-peers-in-every-industry/attachment/16532> (дата обращения: 15.11.2019).

УДК 504.064н

В. А. Турскенайте

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

Е. Н. Киприянова

кандидат технических наук, старший научный сотрудник – научный руководитель

ОЦЕНКА ЛИВНЕВОГО СТОКА С ТЕРРИТОРИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗОН САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Поверхностный сток с городских территорий представляет собой один из главных источников загрязнения водной среды различными примесями, образование которых в большинстве случаев связано с технической деятельностью человека. В черте города выделяют три территории функционального использования: селитебную, производственную, ландшафтно-рекреационную [1]. В данной статье речь пойдет о поверхностном стоке с территорий производственных зон, будут рассмотрены два способа организации водоотвода: на локальные очистные сооружения и в общую городскую систему водоотведения ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Со сменой времен года изменяется химический состав вод, уровень их минерализации, содержание и соотношение различных компонентов. Слабоминерализованные (200–400 мг/л) гидрокарбонатные фоновые воды сменяются соленоватыми (1 г/л и выше), гидрокарбонатно-сульфатными, а в период снеготаяния, когда растворяется антиобледенительный состав, – хлоридно-натриевыми. В поверхностных стоках содержание Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^{2-} , PO_4^{3-} , N^+ и K^+ в среднем в десятки и сотни раз больше, чем в фоновых [2]; в среднем концентрация взвешенных веществ составляет 400–600 мг/л, нефтепродуктов – 7–12 мг/л, БПК₅ – 17–80 мг/л [3].

Проведенный анализ научных публикаций, исследовательских работ показал, что большинство канализационных сооружений изношены на 60–80%. В период интенсивных дождей и снеготаяния трубопроводы и колодцы переполняются водой, приводя к подтоплению проезжей части, подвалов зданий и других инженерных сооружений. Причиной этого являются несоответствие параметров системы нагрузкам, заиливание колодцев, засорение сети и другие факторы [4]. Основными источниками загрязнения поверхностного стока являются продукты эрозии почвы, пыль, строительные материалы, а также сырье и продукты, хранящиеся на открытых складских площадках, выбросы в атмосферу, различные нефтепродукты, попадающие на территорию в результате их пролива, неисправностей автотранспорта, другой техники и т. д.

Состав поверхностного стока с территории промышленных предприятий определяется характером основных технологических процессов, эффективностью работы систем пыле- и газоулавливания, организацией складирования и транспортирования сырья и отходов производства, санитарным состоянием территории.

В зависимости от состава накапливающихся на территории промплощадок и смываемых поверхностным стоком веществ промышленные предприятия делят на две группы. К *первой группе* относят предприятия, поверхностный сток с территории которых не содержит специфических веществ с токсичными свойствами и близок по своему составу к дождевому стоку с районов жилой застройки. Ко *второй группе* относятся предприятия, содержащие в поверхностном стоке большое количество органических примесей, специфических токсичных веществ, таких как тяжелые металлы, фенолы, фтор, мышьяк, роданиды, аммиак и др. Наличие специфических веществ определяется технологией производства.

Главной проблемой в системе очистки поверхностных стоков с промышленных площадок является сброс неочищенных либо недостаточно очищенных сточных вод в водоемы или на рельеф, в результате чего концентрации загрязняющих веществ превышают допустимые нормы. Также стоит отметить сложность контроля предприятий-водопользователей в полной мере, чего не скажешь при отведении поверхностного стока в общую городскую систему водоотведения.

Необходимо понимать, что правильное решение инженерных задач по водоотведению с территорий промзон позволяет минимизировать негативное влияние на окружающую природную среду.

В первую очередь на работу и эффективность очистных систем ливневой канализации влияет состояние коллекторов и колодцев. С 2017 г. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» продолжает реализо-

вызвать крупный природоохранный проект – Программа «Прекращение сброса неочищенных сточных вод в водоемы Санкт-Петербурга» [5]. Целью Программы является улучшение санитарно-экологической ситуации в акватории рек Санкт-Петербурга. Прекращение сброса загрязненных сточных вод в водные объекты Санкт-Петербурга невозможно без решения вопроса очистки поверхностного стока.

Чрезвычайная нестационарность поверхностного стока и специфичность образования объясняют сложность изучения его состава. Несмотря на это, имеющиеся данные позволяют обосновать схемы очистки непостоянного стока с территорий предприятий. При этом следует отметить, что особое значение имеет доочистка поверхностного стока от растворенных форм нефтепродуктов, специфических загрязняющих компонентов (ионов тяжелых металлов, СПАВ, фенолов, и т. д.), она должна осуществляться специальными методами на завершающем этапе очистки. Для этого в технологическую схему могут быть включены стадии сорбции, биосорбции, ионного обмена, озонирования и т. д.

Необходимо отметить, что несмотря на принимаемый комплекс мер, решение масштабной задачи прекращения сброса загрязненных поверхностных сточных вод в водные объекты Санкт-Петербурга далеко от своего завершения. В связи со значительной зависимостью загрязненности поверхностного стока от санитарного состояния водосборных площадей и воздушного бассейна необходимо проведение организационно-технических мероприятий по сокращению количества выносимых примесей:

- проведение своевременного ремонта дорожных покрытий промплощадок;
- повышение эффективности работы пыле- и газоочистных установок с целью максимальной очистки выбросов в атмосферу и предотвращения появления в поверхностном стоке специфических загрязняющих компонентов.

Библиографический список

1. Свод правил СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских территорий. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 М.: ЦПП, 2011. 109 с.
2. Касимов, Н. С. Экогеохимия ландшафтов / Н. С. Касимов. М.: ИП «М. В. Филимонов», 2013. 208 с.
3. Рушников, А. Ю. Оценка значения притока дождевых вод на очистные сооружения / А. Ю. Рушников // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2014. № 1. URL: <http://www.c-o-k.ru/articles/ocenka-znacheniya-pritoka-dozhdevykh-vod-na-ochistnye-sooruzheniya> (дата обращения: 19.04.2019).
4. Чупин, В. Р. Уровень моделирования, оптимизации и анализа режимов функционирования систем водоотведения (СВО) / В. Р. Чупин, Е. С. Мелехов, Т. А. Нгуен // Вестник стипендиатов ДААД. 2013. Т. 1. № 1 (10). С. 35–41.
5. Отчет о реализации экологической политики Санкт-Петербурга на период до 2030 г. в 2013–2017 гг.

УДК 62-527.7

Д. С. Щукина

студент кафедры инноватики и интегрированных систем качества

А. В. Чабаненко

кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТОТЕХНИКИ

В настоящее время на производстве широко применяется послойный синтез. Однако контроль за этим процессом осуществляется не в полной мере, в связи с этим наблюдаются увеличение числа несоответствий, ухудшение качества изделий и затрат на аддитивное производство.

При использовании аддитивных технологий часто встречаются следующие несоответствия:

- в начале процесса печати отсутствует подача 3D-пластика;
- 3D-модель не прилипает к платформе, нет достаточной адгезии;
- недостаточно пластика при 3D-печати;
- пластика экструдировано слишком много;
- в верхнем слое модели просматриваются дыры и щели;
- наличие волосков, паутины и других посторонних материалов;
- перегрев при 3D-печати;
- смещение слоев или отсутствие их выравнивания;
- разделение и расщепление слоев;
- стачивание пластика и прекращение подачи;
- засорение экструдера;
- прекращение экструдирования 3D-принтером;
- плохое качество заполнения, рыхлость;
- натеки на поверхности 3D-изделия.

Данные несоответствия влекут за собой большие финансовые и временные затраты.

Для решения данной проблемы целесообразным будет установить постоянный мониторинг данного процесса и максимально исключить человеческий фактор при помощи применения робототехники. Для этого можно применить следующую систему (рис. 1).

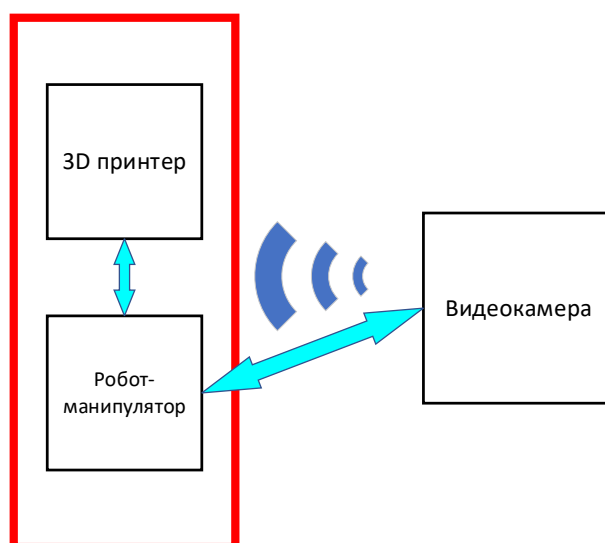


Рис. 1. Принцип работы системы

Целью создания данного проекта является обеспечение контроля 3D-печати на производстве при помощи видеофиксации процесса и контроль автоматическим образом (рис. 1), т. е. во время печат-

ти система сама контролирует наличие сбоев в процессе печати, далее поступает сигнал, механическая рука (робот-манипулятор) останавливает и перезапускает процесс.

3D-принтер Picaso 3D Designer X PRO (Picaso 3D X PRO) – это профессиональный 3D-принтер (рис. 2).



Рис. 2. 3D-принтер Picaso 3D Designer X PRO



Рис. 3. Робот-манипулятор механическая рука

7 DOF робот-манипулятор передвигается благодаря шасси (рис. 3), управляется дистанционно. Вес его небольшой, а грузоподъемность достаточная. Благодаря семи степеням свободы робот-манипулятор может применяться для выполнения работ в любом направлении. В предложенной системе он применяется для корректировки процесса или перезапуска всей системы.

Камера используется для контроля процесса печати, при возможности отклонения от нормы, установленной заранее, камерой подается сигнал роботу-манипулятору, который будет исправлять ошибку или перезапускать процесс после его окончания или в том случае, если исправить ошибку уже невозможно (рис. 4).

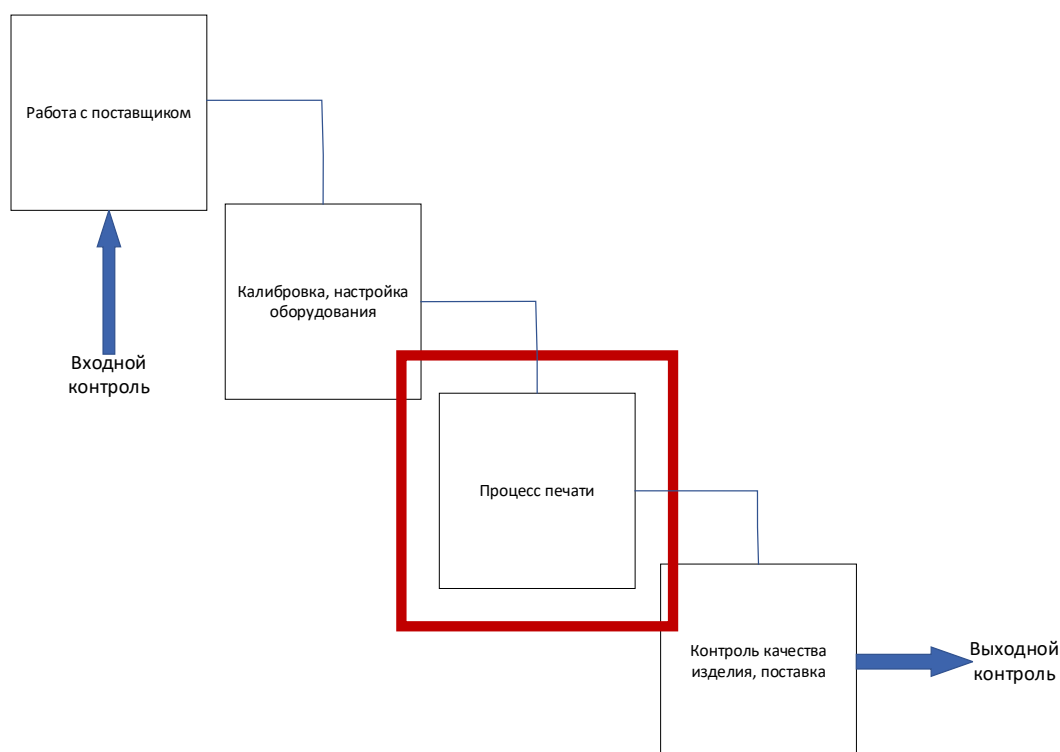


Рис. 4. Декомпозиция процесса

Предложенная система обеспечивает новый подход к использованию камеры для мониторинга процесса 3D-печати и устранения дефектов в процессе печати. Использование робототехники (а именно робота-манипулятора механической руки) для переналадки оборудования и перезапуска процесса печати исключает человеческий фактор, что также является плюсом данной системы.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 12100-1-2007. Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Ч. 1. Основные термины, методология.
2. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования.
4. *Семенова, Е. Г.* Совершенствование процессов управления наукоемким производством и оценки его потенциала / Е. Г. Семенова, А. В. Чабаненко // Радиопромышленность. 2016. № 26 (4). С. 38–43.

УДК 004.62

Г. Ю. Беспятый

студент кафедры прикладной математики

В. А. Галанина

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПЕРАТИВНОГО МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА БАЗ ДАННЫХ

Введение

С бурным развитием информационных систем активно развиваются технологии сбора, обработки и хранения данных. Одной из таких технологий является оперативный многомерный анализ данных, или OLAP (*Online Analytical Processing*) – технология хранения и обработки многомерных данных, позволяющая получать сложные аналитические отчеты в реальном времени.

OLAP-системы появились в начале 1990-х гг. Они были предназначены для преобразования различных, часто разрозненных данных в полезную информацию. OLAP-системы могут организовать данные в соответствии с некоторым набором критериев. При этом не обязательно, чтобы критерии имели четкие характеристики.

Скорость обработки, хранение и представление данных – одни из самых важных аспектов для информационных систем поддержки принятия решений. В сравнении с другими методами организации и обработки данных OLAP-система является наилучшей технологией для обработки данных. Но даже у такой технологии есть свои минусы. Большинство программ, реализующих OLAP-технологии, стоят дорого, имеют ограниченный функционал или сложны в работе.

Описание методов OLAP

MOLAP – это классическое представление OLAP. Данный метод реализован на основе многомерных кубов. Реляционная база данных находится в хранилище данных. Хранилище данных – это предметно-ориентированное, привязанное ко времени и неизменяемое собрание данных для поддержки процесса принятия управляющих решений. Также немаловажно, что данные организованы специальным образом – построением схем данных, в частности схем типа «звезда», но на выходе данные формируются в многомерные массивы, или в OLAP-куб.

MOLAP-сервер собирает данные из хранилища в виде OLAP-куба, в дальнейшем все операции происходят с OLAP-кубом. Но такой подход организации является частным. В само понятие MOLAP, или многомерный OLAP, заложена идея не только работы с OLAP-кубом, но и хранения такого куба в виде многомерных таблиц, что существенно упрощает работу, поскольку не нужно тратить время на создание OLAP-куба. Но возникает другая проблема: добавление новых таблиц или изменение размерности уже существующих сложнее по сравнению с тем же самым в реляционной базе данных (рис. 1).

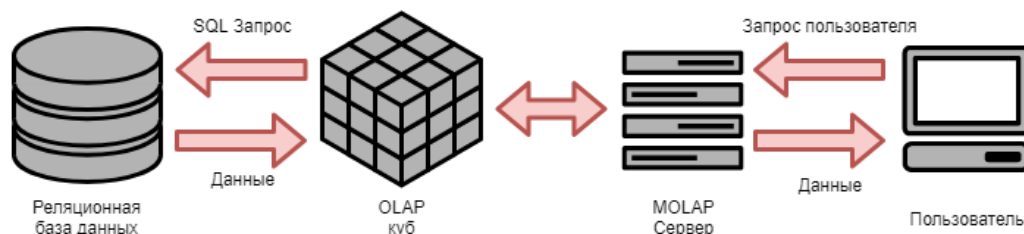


Рис. 1. Схема взаимодействия элементов системы

Плюсы:

- все операции происходят над OLAP-кубом, что значительно быстрее, чем в других методах;
- аналитические инструменты MOLAP позволяют выполнять сложные расчеты;

— из-за такого представления данные легко реорганизовать и структурировать под различные запросы для создания отчетов и т. п.

Минусы:

- при изменении данных OLAP-куб нужно пересоздать заново;
- представление многомерных баз данных требует больше оперативной памяти, чем представление реляционных баз данных;
- сложности при изменении размерности базы данных или добавлении новых таблиц в уже существующую базу.

ROLAP представляет собой надстройку над базой данных и работает с ним напрямую. Данные остаются в реляционной базе данных, а создание OLAP-куба происходит после обработки данных. Операция с самими данными происходит в традиционных OLAP-системах. Это достигается за счет применения инструментов SQL и специальных запросов (рис. 2).

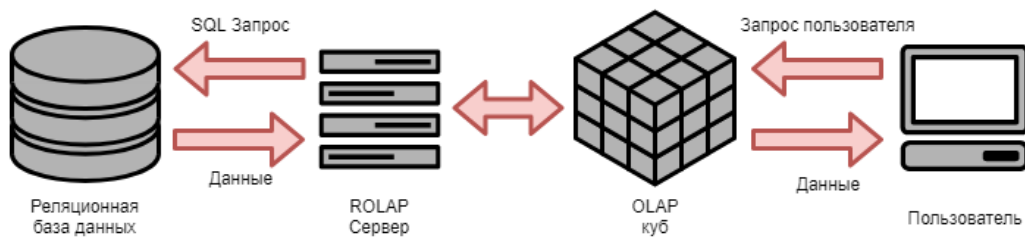


Рис. 2. Схема взаимодействия элементов системы, включая ROLAP-сервер

Плюсы:

- для построения запросов к такой базе используют SQL;
- возможность изменить или добавить таблицы в базу данных, так как данные хранятся в реляционных базах данных.

Минусы:

- скорость обработки. Из-за представлений данных в виде реляционных таблиц сначала идет запрос к самим таблицам, а потом на их основе строится многомерный куб. Это существенно увеличивает время запроса, так как на каждый запрос многомерный куб создается заново;
- представление базы данных только в виде схемы «звезда», для обеспечения быстродействия реляционная база данных должна быть хорошо нормализована. А в случае запроса на выборку она, наоборот, денормализуется.

HOLAP – это гибрид двух методов MOLAP и ROLAP. Данный метод использует реляционные таблицы для хранения самих данных, а многомерные таблицы – для хранения агрегаторов (рис. 3).

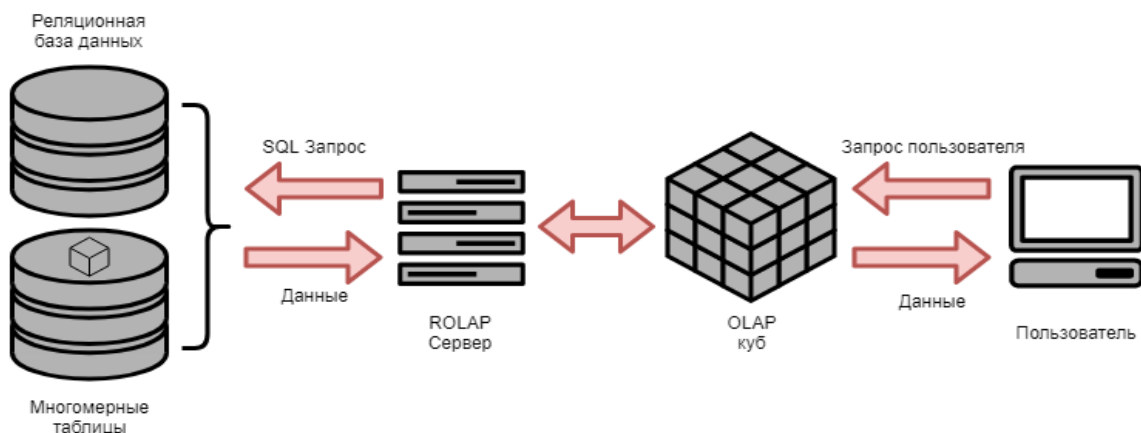


Рис. 3. Схема взаимодействия элементов системы, включая гибрид двух методов

Плюсы:

- масштабируемость данных;
- быстрота обработки данных;
- гибкий доступ к источникам данных.

Минусы:

– многомерные кубы должны быть созданы изначально. Если при запросе нужно создать новый многомерный куб, то на это тратится чуть больше времени, чем на запрос к уже существующей базе данных;

– при добавлении новых таблиц или изменении размерности уже существующих в реляционной базе OLAP-кубы нужно создать заново.

Помимо классических методов существует еще ряд других. Они дополняют классические методы, а не являются заменой или новым методом:

– DOLAP (Клиентский OLAP). Данный метод дает возможность пользователям загрузить базу данных на локальный сервер или настольный компьютер и работать в нем локально. DOLAP относительно дешевле для развертывания, поскольку предлагает очень мало функциональных возможностей по сравнению с другими системами OLAP;

– WOLAP (Web OLAP). Является системой OLAP, доступной через веб-браузер. WOLAP – это трехуровневая архитектура, состоит из трех компонентов: клиент, промежуточное программное обеспечение и сервер базы данных;

– SOLAP (Spatial OLAP). Этот вид OLAP-систем предназначен для обработки пространственных данных. Он появился как результат интеграции географических информационных систем и OLAP-систем. Эти системы позволяют обрабатывать данные не только в буквенно-цифровом формате, но и в виде визуальных объектов и векторов.

Хранилища и их реализация

В основном в хранилищах данные представлены в виде реляционных баз данных. Такая организация данных очень удобна, она строгая и имеет ряд правил. Одно из важных правил – ограничение неделимости данных и многозначных полей. При создании такой базы данных сущности хранятся в отдельных таблицах, которые обычно хорошо нормализованы, благодаря чему удобно изменять размерность таблиц, добавлять новые и изменять сущности таблиц. Но для OLAP-системы она плоха тем, что сложные многотабличные запросы в ней выполняются относительно медленно. А также в OLAP-системе создается OLAP-куб для представления данных, и в некоторых методах для совершения операций над кубом и для реализации создания OLAP-куба из реляционной базы данных требуется время, что существенно увеличивает время обработки запросов.

Имеются и другие модели баз данных. Одной из таких является многомерная модель. По своей сути это и есть OLAP-куб, а значит, не нужно тратить время для его создания каждый раз, когда делается запрос, что упрощает работу в OLAP-системе. Но у такой модели есть и минусы – организация данных, если многомерная база данных сформирована плохо, то она будет работать с такой же скоростью, как и хранилище с реляционной базой данных или хуже. Также изменение самих таблиц в многомерной модели куда труднее, чем в реляционной модели.

Постреляционная база данных является расширением реляционной модели. Она снимает ограничение неделимости данных и допускает многозначные поля. По своей сути это означает, что в ячейку можно записать массив или таблицу. Если правильно реализовать OLAP-куб, то это ускорит его создание, ведь времени на объединение таблиц потребуется меньше.

Объектно ориентированная база данных обычно рекомендована для тех случаев, когда требуется высокопроизводительная обработка данных, имеющих сложную структуру. Для хранилища такая модель должна подойти, но ее реализация в OLAP-системе намного сложнее, чем в других моделях.

Система поддержки принятия решений

В традиционной системе вся информация хранится в Excel-таблицах или в базе данных, поэтому создание отчетов, сводных таблиц или другой подобной информации зачастую осложнено. Информация может храниться в разных таблицах, и для поиска нужных таблиц уходит время, или нужно со-

здавать сложные запросы, что для обычного бухгалтера или аналитика бывает затруднительным. Также нет единого представления данных из-за такой организации, что опять же усложняет поиск нужных таблиц или создание правильных и простых запросов к таблицам.

OLAP же не имеет таких недостатков, вся информация представлена одним монолитом, и стоит только делать срезы по нужным таблицам. К примеру, если имеется ряд документов за квартал, по которым нужно создать отчет, что подразумевает под собой объединение трех таблиц и произведение некоторых манипуляций с ними, это создает сложности. Для Excel нужно создать новую таблицу, вставить в нее уже существующие или сделать ссылки на эти таблицы, после чего произвести манипуляции. Для базы данных нужно написать запрос, для трех таблиц он довольно-таки простой. Для OLAP-системы нужно сделать срез к нужным атрибутам и применить агрегатные функции или написать запрос.

Если взглянуть на три этих решения задачи, то они по своей сути схожи, в каждом методе нужно сделать что-то заурядное. Но если нам нужно изменить отчет, то для Excel-таблиц нужно будет потратить чуть больше времени, чем на базу данных, где нужно подкорректировать запрос, или OLAP-системы, где нужно изменить агрегатные функции или также изменить запрос. Но если добавить еще таблицу или чуть больше, то в Excel сделать такое будет трудно, в некоторых случаях придется создавать дополнительные таблицы для промежуточного запроса. Для базы данных запрос будет большим и даже сложным, что вызовет трудности у штатного сотрудника. А для OLAP-системы это не составит труда, ведь при создании закладывалась многоуровневая иерархия, по которой можно делать срезы.

Большинство программ имеет готовые агрегатные функции для выполнения таких задач, где применяется множество таблиц и иерархий. После изменения задачи не составляет труда изменить срез и совершить операции над ним.

Заключение

OLAP-технология известна давно, но она реализована не полностью и сложным образом. Нет единого представления OLAP-системы, существует много методов для решения походящей задачи:

1. MOLAP предназначена для оперативной обработки данных для создания отчетов и т. п. Данный метод требует больших вычислительных ресурсов, ведь для реализации OLAP-куба требуется много оперативной памяти. И такой метод больше подходит для больших компаний, где имеются такие ресурсы и в основном стоит задача обработки данных, а не частого занесения новых.

2. ROLAP предназначена для обработки данных и внесения новых записей, она более гибкая по сравнению с MOLAP, но медленнее решает те же задачи. Данная технология не требует больших ресурсов и подходит для всех видов компаний.

3. HOLAP взяла все лучшее от MOLAP и ROLAP, но имеет немного минусов. Она такая же быстрая и гибкая, как они, но требует больше хранилищ для своих данных.

Хранилища же в основном реализованы на реляционной базе данных, которая имеет свои плюсы и минусы. По сравнению с другими моделями она практичнее и легче в поддержке, но медлительнее. И стоит отметить, что при правильной проектировке можно выбрать любую модель базы данных.

Из приведенного обзора можно сделать следующий вывод: за OLAP-технологией большое будущее, много чего еще можно реализовать и рассмотреть, хоть и новое на ее основе сложно создать или придумать. На сегодняшний день большинство программ применяют OLAP-технологии. Минус таких программ – это цена и функциональные способности. Но по сравнению с другими системами OLAP-система куда быстрее и гибче.

Библиографический список

1. Менеджмент качества. URL: https://www.kpms.ru/Automatization/OLAP_system.htm (дата обращения: 18.10.2019).
2. Научная электронная библиотека. URL: <https://www.monographies.ru/ru/book/section?id=4638> (дата обращения: 18.10.2019).
3. OLAP-системы и принципы их работы. URL: <https://ppt-online.org/328574> (дата обращения: 17.10.2019).

УДК 519.712.2

В. И. Клязьмин

студент кафедры прикладной математики

Г. Н. Дьякова

кандидат физико-математических наук – научный руководитель

АЛАН ТЬЮРИНГ И ТЕОРИЯ АЛГОРИТМОВ

Алан Матисон Тьюринг родился в Лондоне 23 июня 1912 г. в семье чиновника, находящегося на службе в Индии. Проявляя таланты в математике и химии, юноша закончил престижную, английскую Шерборнскую школу. В 1931 г. он поступил в колледж при Кембриджском университете. В 1935 г. стал членом Научного общества Кингз-колледжа, защитив диссертацию на тему «Центральная предельная теорема теории вероятности». В это время он начал заниматься исследованиями в математической логике. Спустя год Тьюринг пишет работу «О вычислимых числах с приложением к проблеме разрешимости», в которой ввел новое математическое понятие «абстрактного эквивалента алгоритма», или «вычислимой функции». Позже оно получило другое название – «машина Тьюринга». Результат его исследований стал толчком к открытию дискуссии по теории автоматов и фундаментальной основой для цифровых компьютеров, появившихся в 40-е гг. XX в. Учебу Тьюринг продолжил уже в США, поступив в Принстонский университет, где под руководством логика и математика Алонзо Черча Тьюринг получает степень доктора философии в 1938 г. Возвратившись в Великобританию, он начинает сотрудничать с правительственной «Школой кодов и шифров» [1].

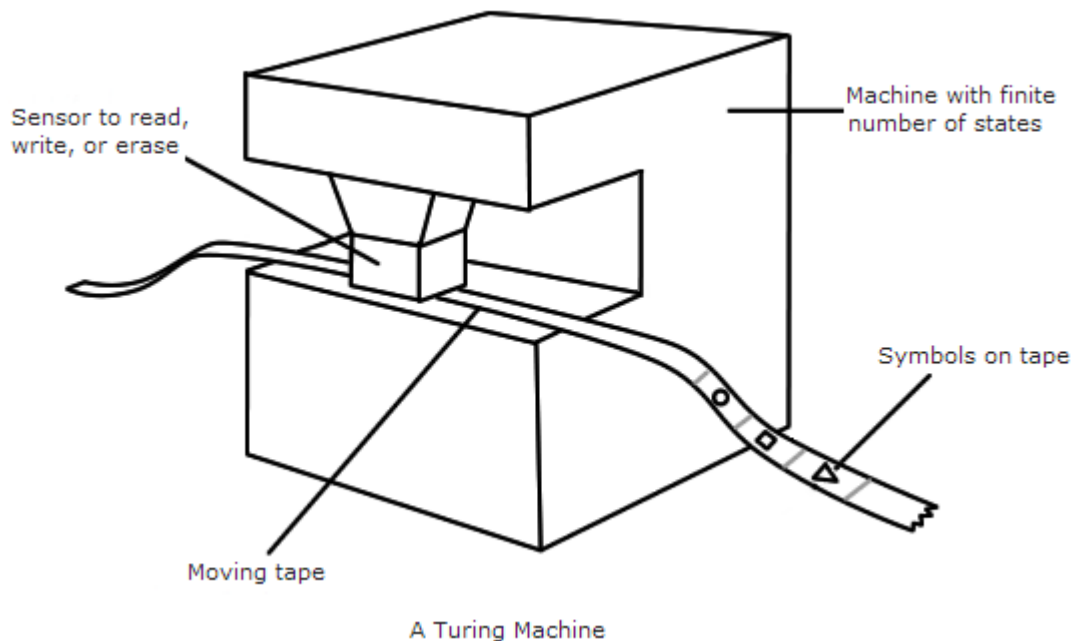
В 20–30 гг. XX в. начал формироваться новый раздел математики – теория алгоритмов. Понятие алгоритма – интуитивное, оно не является математически строгим. Можно сформулировать требования, которым должны удовлетворять алгоритмы: дискретность, детерминированность, элементарность, направленность, массовость. Были предложены способы уточнить понятие алгоритма путем построения различных моделей алгоритмов. Основные направления формализации: машина Тьюринга, рекурсивные функции, нормальные алгоритмы Маркова, машина Поста. Было доказано, что классы задач, которые могут быть решены в этих моделях, совпадают.

Рассмотрим модель алгоритма, реализуемую машиной Тьюринга. Впервые эта машина была описана Тьюрингом в 1936 г. в статье «О вычислимых числах с приложением к проблеме разрешимости», которая, в свою очередь, появилась в Трудах Лондонского математического общества [2].

Машина Тьюринга (см. рисунок) является вычислительным устройством, состоящим из сканера и бесконечной бумажной ленты, проходящей через него. Лента разделена на квадраты, каждый из которых содержит одиночный символ – «0» или «1». Назначение механизма состоит в том, что он выступает и как средство для ввода и вывода, и как рабочая память для хранения результатов промежуточных этапов вычислений.

Машина состоит из бесконечно неограниченной ленты, разделенной на ячейки и управляющей головки-сканера. Каждая машина связывает два конечных ряда данных: алфавит входящих символов $A = \{a_0, a_1, \dots, a_m\}$ и алфавит состояний $Q = \{q_0, q_1, \dots, q_r\}$. Состояние q_0 называют пассивным или стоп-состоянием. Считается, что устройство прекращает свою работу, когда попадает точно на него. Состояние q_1 называют начальным – машина начинает свои вычисления, находясь на позиции в нем. Входное слово располагается на ленте по одной букве в каждой позиции. С обеих сторон от него располагаются только пустые ячейки.

Реализация определенной функции является главной задачей любого алгоритма. Эту функцию называют алгоритмически разрешимой или неразрешимой, в зависимости от возможности написания последовательности для вычисления. В качестве набора натуральных или рациональных чисел, слов в конечном алфавите N для машины рассматривается последовательность множества B – слова в рамках двоичного кодового алфавита $B = \{0, 1\}$. Также в результат вычисления учитывается «неопределенное» значение, которое возникает при «зависании» алгоритма. Для осуществления функции важно наличие определенного формального языка в конечном алфавите и решаемость задачи распознавания корректных описаний [3, 4].



Машина Тьюринга

Алгоритмически разрешимой задача является только в том случае, когда ее решение возможно запрограммировать на машине Тьюринга либо другим эквивалентным способом. Это определение дает возможность выявить алгоритмически неразрешимые задачи.

Позже фон Нейман признал, что принцип работы современного компьютера основан на этой работе Алана Тьюринга. Машины Тьюринга и в наши дни являются основным объектом исследования теории алгоритмов.

Широко известна работа Тьюринга по декодированию сообщений немецкой армии. Шифровальная машина «Энигма» использовалась немцами для передачи сообщений, расшифровать которые было практически невозможно. Само название переводится с греческого языка как «Загадка». «Энигма» была изобретена в 1919 г. голландцем Гуго Ко де Дельфтом и изначально использовалась в гражданских целях. Однако позже эта машина вызвала огромный интерес у немецкой армии. Устройство этой шифровальной машины состоит в следующем. В один из ее отделов вводят незашифрованное сообщение. Пройдя через машину, под воздействием различных электрических импульсов оно превращается в зашифрованный текст и выводится из другого отдела машины. Постоянно меняющимся ключом обладает другая «Энигма», принимающая сообщение. Через нее оно проходит в обратном направлении, и текст из зашифрованного превращается в понимаемый.

Главным преимуществом «Энигмы» является безопасность. Если вдруг противник захватит машину, он не сможет ею воспользоваться: слово-дешифратор постоянно меняется. Без актуального ключа переработанное сообщение будет лишь набором букв.

Тьюринг предложил следующий способ расшифровки: учитывать в работе то, что часть исходного текста уже известна. Несмотря на неоднозначность немецкого шифра и всяческие меры предосторожности, немецкие солдаты чаще всего общались между собой короткими разговорными фразами, которые можно было легко разведать. Точное место отдельных фраз в шифровке можно было определить механическим перебором 26 букв латинского алфавита. Дополнительным облегчением было то, что в шифре «Энигмы» ни одна из букв исходного сообщения не кодировалась той же самой буквой.

На том же самом принципе были основаны «бомбы Тьюринга». Первую запустили 18 марта 1940 г. – для каждого возможного исходного положения роторов она выполняла сравнение с известным фрагментом текста и формировала логические предположения. Из полученных предположений отбраковывались те, что не имеют смысла (нечитаемы или же просто являются набором слов). Таким образом, из огромного множества вариантов – 1019 возможных комбинаций для обычного варианта «Энигмы» или 1022 для версии, использовавшейся подводниками, – оставались лишь несколько логически непротиворечивых, на основе которых машина и подбирала шифр [5, 6].

Алан Тьюринг является создателем первого прототипа ЭВМ. Его вклад в развитие теории алгоритмов невозможно переоценить.

Библиографический список

1. *Гринштейн, С.* Мысль – материальна: Алан Тьюринг как «универсальный вычислитель» / С. Гринштейн. URL: <https://habr.com/ru/post/304244> (дата обращения: 28.11.2019).
2. *Фунтова, С.* Машина Тьюринга: описание и примеры машин Тьюринга / С. Фунтова. URL: https://www.syl.ru/article/178287/new_mashina-tyuringa-opisanie-i-primeryi-mashin-tyuringa (дата обращения: 04.11.2019).
3. *Мальцев, А. И.* Алгоритмы и рекурсивные функции / А. И. Мальцев. М.: Наука, 1986. 368 с.
4. *Дьякова, Г. Н.* Элементы теории алгоритмов / Г. Н. Дьякова, В. М. Лагодинский. СПб.: ГУАП, 2009. 24 с.
5. Enigma, или Как разгадывались тайны Третьего рейха. URL: <https://zen.yandex.ru/media/wearewatchingyou/enigma-ili-kak-razgadyvalis-tainy-tretego-reiha-5a97e5499d5cb3b5452287ac> (дата обращения: 01.12.2019).
6. *Hodges, A.* Alan Turing. The Enigma / A. Hodges. ACT, 2015. 415 p.

УДК 621.355

Д. М. Лушников

студент кафедры прикладной математики

А. В. Чабаненко

кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АККУМУЛЯТОРОВ

С каждым годом растет количество устройств, работающих от аккумуляторных батарей. Они становятся сложнее, потребляют больше электроэнергии. Это обстоятельство в сочетании с растущей конкуренцией заставляет разработчиков искать перспективные технологии изготовления аккумуляторов, которые позволили бы выпускать легкие, компактные и при этом более емкие батареи.

Ожидается, что объем рынка внешних аккумуляторов достигнет 25 млрд долл. к 2022 г. Большинство потребителей считают, что время работы внутреннего аккумулятора в портативной технике – одна из главных характеристик. Десятки компаний пытаются создать новый тип аккумулятора: улучшить его энергоемкость, срок службы, сделать так, чтобы он заряжался в течение нескольких секунд, и заряда хватало на целый день.

В 1977 г. британский ученый Стэн Уиттингэм создал анод из алюминия и лития. При зарядке батареи ионы лития занимали пустые места между атомами алюминия. Уиттингэм создал первый в мире заряжаемый аккумулятор, однако при повышении напряжения он воспламенялся.

В 1980 г. Джон Гуденаф, специалист по оксидам металла, вместо алюминия и лития использовал оксид лития-кобальта, который позволял «вытягивать» в два раза больше атомов лития.

В 1991 г. компания *Sony* начала использовать катод Гуденафа и углеродный анод для аккумуляторов в видеокамере CCD-TR1. Это был первый потребительский товар с заряжаемым литий-ионным аккумулятором.

В течение 2000–2010 гг. производители постоянно улучшали энергоемкость аккумуляторов, но начиная с 2007 г. даже минимальное увеличение энергоемкости давалось все сложнее. Несмотря на тысячи опубликованных исследований, миллиарды потраченных долларов и десятки стартапов технология работы аккумулятора не сильно изменилась с 1991 г. Аккумулятор *iPhone X* по составу практически идентичен аккумулятору видеокамеры *Sony*.

В 2011 г. бывший сотрудник *Tesla* Джин Бердичевский вместе с Алексом Джейкобсом и Глебом Юшиным основал компанию *Sila Nanotechnologies*. Они решили использовать кремний как наиболее перспективный материал для производства аккумуляторов: атом кремния способен захватывать до четырех ионов лития. Эксперименты с кремнием проводились до 2011 г., однако безуспешно. При зарядке анод поглощает ионы лития и увеличивается в объеме, а при разрядке возвращается к прежнему размеру. Расширение и сжатие анода – одна из причин того, почему аккумулятор смартфонов теряет емкость со временем. Графитовый анод может служить около двух лет (1000 циклов разрядки), однако кремния хватает на пару циклов. Компании *Sila* потребовалось пять лет, чтобы создать материал, позволяющий кремнию расширяться без изменения внешней структуры анода. По словам Бердичевского, материал будет доступен для производства в 2019–2020 г. и сможет повысить уровень безопасности использования аккумуляторов и увеличить энергоемкость на 20% (а в будущем, возможно, до 40%).

В обычных литий-ионных аккумуляторах в качестве среды для переноса заряженных частиц между электродами используется жидкий легковоспламеняющийся электролит, постепенно приводящий к деградации аккумулятора. Этого недостатка лишены твердотельные литий-ионные аккумуляторы, которые сегодня считаются одними из самых перспективных. В частности, разработчики *Toyota* опубликовали научную работу, в которой описали свои эксперименты с сульфидными сверхионными проводниками. Если у них все получится, то будут созданы аккумуляторы на уровне суперконденсаторов – они станут полностью заряжаться или разряжаться всего за семь минут. Идеальный вариант для электромобилей. А благодаря твердотельной структуре такие аккумуляторы будут гораздо стабильнее и безопаснее современных литий-ионных. Расширится и их рабочий температурный диапазон: от –30 до +100 °C.

Многие специалисты считают, что будущее за графеновыми аккумуляторами. В компании *Graphenano* разработали аккумулятор *Grabat*, который может обеспечить запас хода электромобиля до 800

км. Разработчики утверждают, что аккумулятор заряжается всего за несколько минут – скорость зарядки/разрядки в 33 раза выше, чем у литий-ионных аккумуляторов. Быстрая разрядка особенно важна для обеспечения высокой динамики разгона электромобилей. Емкость 2,3-вольтового *Grabat* огромна: около 1000 Вт·ч/кг. Для сравнения: у лучших образцов литий-ионных аккумуляторов – на уровне 180 Вт·ч/кг.

Примером могут быть характеристики представленного в 2019 г. компанией *Citroen* концепта электрокара 19_19: «Два электромотора с совокупной отдачей в 340 кВт (462 л. с.) и 800 Нм. Разгон до 100 км/ч занимает пять секунд, максимальная скорость – 200 км/ч. Батареи емкостью в 100 кВт·ч должно хватать на 800 км пути по новой WLTP, при этом всего за 10 минут зарядки можно восстановить запас хода в 300 км».

Еще одна разработка Массачусетского технологического института – наночастицы для аккумуляторов: полая оболочка из диоксида титана, внутри которой, как желток в яйце, находится наполнитель из алюминиевой пудры, серной кислоты и окисульфата титана. Размеры наполнителя могут меняться независимо от оболочки. Применение таких частиц позволило в три раза увеличить емкость современных аккумуляторов, а длительность полной зарядки снизилась до шести минут. Также снизилась скорость деградации аккумулятора. К плюсам также стоит отнести дешевизну производства и простоту масштабирования.

Другая тенденция в разработке технологий хранения энергии – создание трехмерных структур. В частности, компания *Prieto* создала аккумулятор на основе субстрата пенометалла (меди). Здесь нет легко воспламеняющегося электролита, у такого аккумулятора большой ресурс, он быстрее заряжается, его плотность в пять раз выше, а также он дешевле и меньше современных аккумуляторов. В *Prieto* надеются сначала внедрить свою разработку в портативную электронику, но утверждают, что технологию можно будет распространить шире: использовать и в смартфонах, и даже в автомобилях.

Авторство еще одной перспективной разработки принадлежит компании IBM. Ее специалисты создали литий-кислородный аккумулятор, в состав которого входит пористая углеродная мембрана. Она, играя роль одного из электродов, наполняется кислородом атмосферного воздуха и вступает в реакцию с литием. Энергетическая плотность такого аккумулятора в несколько десятков раз выше, чем плотность обычных литий-ионных батарей. Главные проблемы технологии: значительная потеря энергии за счет теплового рассеивания при зарядке (до 30%) и относительно быстрая деградация емкости. Но есть надежда, что в течение 5–10 лет эти проблемы удастся решить.

Есть и другой путь развития подобной технологии, путь компании *Fuji Pigment*. Если им удастся довести до ума свой алюминий-воздушный аккумулятор *Alfabattery*, то нас ждет появление носителей энергии, емкость которых в 40 раз больше емкости литий-ионных. Более того, аккумулятор перезаряжается доливкой воды, простой или подсоленной. Как утверждают разработчики, на одном заряде *Alfa* сможет работать до двух недель. Возможно, такие аккумуляторы появятся на электромобилях. Представьте себе автозаправку, на которую вы заезжаете за водой. Однако на данный момент их аккумулятор протестирован лишь на 20 итерациях перезарядки.

Пожалуй, самой перспективной и реалистичной идеей является разработка Стэнфордского университета – алюминий-ионный аккумулятор, который полностью заряжается примерно за одну минуту. При этом сам аккумулятор обладает некоторой гибкостью. Главная проблема – удельная емкость примерно вдвое ниже, чем у литий-ионных аккумуляторов. Хотя, учитывая скорость зарядки, это не так критично.

Библиографический список

1. Почему аккумуляторные батареи для современной техники необходимо изобрести заново. URL: <https://cloudteh.ru/2018/08/smartphone-battery-life-lithium-ion> (дата обращения: 19.11.2019).
2. Мечта об энергии: какими могут быть аккумуляторы будущего. URL: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/401499> (дата обращения: 19.11.2019).
3. Addition of Ceramic Barriers to Aluminum-Air Batteries to Suppress By-product Formation on Electrodes. URL: <http://jes.ecsdl.org/content/162/3/A288.full> (дата обращения: 21.11.2019).
4. Aluminum Battery from Stanford Offers Safe Alternative to Conventional Batteries. URL: <https://news.stanford.edu/2015/04/06/aluminum-ion-battery-033115/> (дата обращения: 21.11.2019).

УДК 524.1

А. В. Уколова

студент кафедры прикладной математики

О. И. Лысенко

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

М. М. Азаренок

студент кафедры аэрокосмических измерительно-вычислительных комплексов

Г. Л. Плехоткина

кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель

ВОЗДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА ЭЛЕКТРОНИКУ И БИОСТРУКТУРЫ

Космические лучи – поток энергичных заряженных частиц – представляют собой ядра практически всей Периодической таблицы Д. И. Менделеева.

Эффекты взаимодействий тяжелых заряженных частиц с биологическими структурами и более легкими частицами сильно различаются. В радиобиологии определяют их эффективность в сравнении с уровнем радиационного влияния на живые организмы рентгеновского излучения [1]. Эксперименты показали, что «относительная биологическая эффективность» тяжелых заряженных частиц по иницированию одного и того же эффекта значительно больше, чем у рентгеновского излучения [2]. Если облучать одной и той же дозой рентгеновских лучей (или других частиц) и тяжелыми ионами многоклеточную структуру, то радиационный эффект в виде ее повреждений во втором случае будет значительно больше. Соответственно, поражающий эффект тяжелых заряженных ядер более эффективен.

При малых потоках тяжелых заряженных частиц не следует ожидать получения больших доз, характерных для высокоинтенсивных потоков ионизирующего излучения. Но такие частицы в микрообъемах вещества могут вызвать существенные, а иногда необратимые изменения биоструктур, например, повреждения, возникающие на клеточном уровне. Также могут возникнуть изменения в структуре ДНК. У некоторых астронавтов – ветеранов длительных космических полетов – наблюдались серьезные хромосомные аберрации эритроцитов, что может быть свидетельством начала развития канцерогенных образований, которые могут и не вызвать рак, если не будут подвержены дополнительным мутациям, но, несомненно, такие нарушения потенциально опасны [3].

Тяжелые заряженные частицы оказывают отрицательное воздействие не только на биологические структуры, но и на космическую электронику. Впервые этот эффект был обнаружен на рубеже 60–70-х гг. прошлого века, во время внедрения в бытовую электронику микросхем высокой степени интеграции. В качестве прямого доказательства негативного воздействия лучей с такими частицами на бортовую электронику можно привести экспериментальные результаты частоты сбоев в микросхеме памяти, наблюдавшиеся на одном из спутников в течение ряда лет [3].

Наблюдается корреляция между этими явлениями: в периоды солнечной активности, когда поток солнечных космических лучей максимален, частота сбоев нарастает, а при минимуме солнечной активности – спадает. Именно частицы галактических космических лучей были источником сбоев в бортовой электронике данного спутника [4]. С этим явлением невозможно бороться традиционными методами, создавая пассивную защиту. Никакая защита не спасает аппаратуру спутника от этих частиц с их колоссальными энергиями, слишком велика их проникающая способность [5]. Увеличение же толщины обшивки космического аппарата приводит к обратному эффекту: нейтроны, образуясь в результате ядерных реакций солнечных космических лучей с ядрами атомов вещества, создают сильный радиационный фон внутри космического аппарата. Вторичные нейтроны генерируют тяжелые частицы, которые, проникая внутрь, приводят к сбоям.

Сбои в микросхеме могут произойти за счет генерации вторичных продуктов ядерных реакций при действии солнечных космических лучей и нейтронов на микросхему. Кроме того, не очевидно, что дозовые эффекты и сбои от одиночных частиц – независимые явления. Проблема связи накопленной дозы с вероятностью одиночных сбоев актуальна и неоднозначна. Все эти дополнительные факторы нельзя не учитывать при оценке ресурса электроники в условиях космического полета.

Библиографический список

1. Основы биологического действия источников излучений на живые организмы. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/cosmrad/cosmrad1.htm> (дата обращения: 05.11.2019).
2. РКК «Энергия» – Международная космическая станция. URL: <https://www.energia.ru/ru/iss/researches/space-bio/29.html> (дата обращения: 05.11.2019).
3. Панасюк, М. И. Тяжелые ядра в космосе – источник радиационной опасности / М. И. Панасюк // Влияние космической погоды на человека в космосе и на земле / Сб. тр. науч. Междунар. конф. М.: РАН, 2012. Т. 1. С. 137–160.
4. Кузнецов, В. Д. Космическая погода и риски космической деятельности / В. Д. Кузнецов // Космическая техника и технологии. 2014. № 3. С. 3–13.
5. Нейтронное излучение. Гамма-излучение. URL: <http://www.bibliotekar.ru/ecologia-5/95.htm> (дата обращения: 05.11.2019).

УДК 523. 6

А. В. Уколова, Д. Р. Чачава

студенты кафедры прикладной математики

К. В. Золотухинстудент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**В. Г. Фарафонов**

доктор физико-математических наук, профессор – научный руководитель

ТИПИЧНЫЕ И НЕТИПИЧНЫЕ КОМЕТЫ

По современным представлениям типичная комета выглядит так: главная твердая часть кометы – ее ядро, состоящее из водяного льда и сконденсированных газов, все это перемешано с пылинками силикатов, крупинками металлов и их окислов, размером от долей миллиметра до нескольких сантиметров [1].

Кометы движутся по эллиптическим траекториям, характеризующимся перигелийным расстоянием q (минимальным расстоянием от Солнца) и эксцентриситетом e (степенью вытянутости орбиты), периодом обращения кометы P , большой полуосью орбиты a . Орбита кометы не всегда лежит в плоскости эклиптики, поэтому она характеризуется углом наклона плоскости орбиты кометы i к плоскости эклиптики.

Существует способ классификации комет по орбитальному периоду. В своей основной классификации они бывают двух видов: коротко- и длиннопериодические кометы. Особенно интересны к рассмотрению короткопериодические кометы с орбитальным периодом менее 200 лет и наклоном менее 35 градусов их легче классифицировать и прогнозировать. Самой известной короткопериодической кометой является комета Галлея с периодом обращения 75–76 лет. Считается, что такие кометы прилетают из пояса Койпера.

В марте 1986 г. космические аппараты «ВЕГА-1» и «ВЕГА-2» (СССР) и аппарат «Джотто» (Европейское космическое агентство) облизались с кометой Галлея. В тот момент масса ядра кометы была близка к 600 млрд т. Тогда были получены и другие чрезвычайно интересные результаты. Ядро кометы Галлея представляет собой ледяную глыбу неправильной формы. Ядро кометы вращается вокруг своей оси с периодом 53 ч. Температура поверхности кометы на расстоянии 0,8 а. е. от Солнца была примерно равна 360 К или 87 °С [2]. Поверхность ядра кометы оказалась очень темной, отражающей только 4% падающего на нее света. Для сравнения напомним, что поверхность Луны в среднем отражает 7%, а поверхность Марса – 16% падающего света.

Скорее всего, ледяное тело кометы покрыто теплоизолирующим слоем из тугоплавких материалов (металлов, серы, кремния, их окислов и других соединений), о существовании которого предполагалось в модели Уиппла [3]. Там, где лед тает, струи водяного пара, углекислого и других газов вместе с пылью вырываются из-под коры. Подсчитано, что в момент прохождения перигелия комета за каждую секунду теряет около 45 т газообразных соединений и 5–8 т пыли. По этой оценке запасов летучего вещества комете Галлея должно хватить на сотню тысяч лет [4]. За это время она может совершить еще около 1300 оборотов вокруг Солнца, а затем, вероятно, испарится.

В августе 2019 г. астроном из крымского поселка Научное Геннадий Борисов первым в мире увидел в телескоп собственной конструкции уникальную межзвездную комету, прилетевшую из-за пределов Солнечной системы. Центр малых планет присвоил объекту номер C/2019 Q4 и дал имя – Borisov.

Начали появляться сведения, что орбита этой кометы уникальна: она не параболическая, а гиперболическая. Это говорит о том, что комета не является объектом нашей Солнечной системы, а прилетела издалека. Потом она снова улетит в далекий космос [5].

Библиографический список

1. Популярная астрономия. Подробнее о кометах. URL: <http://www.astronos.ru/2-4.html> (дата обращения: 20.09.2019).

2. Классификация комет. URL: <http://www.dinos.ru/sci/20100861458.html> (дата обращения: 01.10.2019).
3. Фальковская, В. Д. Кометы и их исследования с помощью космических аппаратов / В. Д. Фальковская, В. Н. Косарева // Юный ученый. 2015. № 3. С. 132–134. URL: <https://moluch.ru/young/archive/3/195/> (дата обращения: 12.10.2019).
4. Browne, Malcolm W. Telescope Builders See Halley's Comet from Vermont's hilltop / Malcolm W. Browne // Special to the New York Times. URL: <https://www.nytimes.com/1985/08/20/science/telescope-builders-see-halley-s-comet-from-vermont-hilltop.html> (дата обращения: 03.10.2019).
5. В Крыму открыли комету, прилетевшую из-за пределов Солнечной системы. URL: <https://www.ural.kp.ru/daily/27028.4/4091763/> (дата обращения: 02.10.2019).

УДК 535.016, 539.21

А. Е. Фарафонова

студент кафедры прикладной математики

В. И. Устинов

кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель

ЭФФЕКТЫ ПЛАЗМОНОВ В РАССЕЯНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА

Плазмоника изучает физическое явление (плазмон), представляющее собой квазичастицу на поверхности металла, состоящую из свободных электронов, у которых частота близка к частоте светового излучения. На поверхности металла создается плазмон, частота колебаний которого зависит от оптических свойств раздела сред.

Различают объемные и поверхностные плазмоны (плазмоны-поляритоны). Объемные существуют при колебаниях электронов внутри ионной решетки вещества. Поверхностные – это кванты колебаний плотности свободных электронов металла, локализованные вдоль границы, раздела между металлом и диэлектриком [1].

Наноплазмоника – составляющая часть оптики на нанометровых масштабах. Нанооптика – раздел нанотехнологии, в котором свет локализован в пространстве много меньшем длины волны [2].

Особенность наноплазмоники заключается в том, что электромагнитные колебания обладают сильной пространственной локализацией и высокой частотой в оптической области: от инфракрасного ($3 \cdot 10^{11} - 4 \cdot 10^{14}$ Гц) до ультрафиолетового ($7,5 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{16}$ Гц) диапазонов.

Поверхностные плазмон-поляритоны распространяются вдоль границы раздела между металлом и диэлектриком (рис. 1, 2) [3]. Металл в этой системе необходим для существования электронной плазмы, а диэлектрик – для того, чтобы связать электронную плазму с электромагнитным полем, т. е. с объемной световой волной.



Рис. 1. Распространение поверхностного плазмона в волноводной структуре (конфигурация Кречмана)

В результате получается, что оптическое поле находится в области с размерами гораздо меньшими, чем длина волны [3].



Рис. 2. Распространение поверхностного плазмона в волноводной структуре (конфигурация Отто)

Особенность плазмон-поляритонной волны заключается в сильной локализации поля вблизи поверхности, быстро затухающего при удалении его от поверхности на сотни нанометров [3].

В данной работе, опираясь на изученные понятия плазмоники и наноплазмоники, рассматриваются эффекты плазмонов в рассеянии электромагнитных волн на границе разделов двух сред.

Макроскопические уравнения Максвелла в форме [2]:

$$\operatorname{div} D = 4\pi\rho, \quad \operatorname{div} B = 0,$$

$$\operatorname{rot} E = -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t}, \quad (1)$$

$$\operatorname{rot} H = \frac{1}{c} \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} j,$$

где D – электрическая индукция, B – магнитная индукция, E – напряженность электрического поля, H – напряженность магнитного поля, ρ – плотность сторонних зарядов, j – плотность сторонних токов.

Связь между макроскопическими полями в уравнении (1) обеспечивает электрическая P и магнитная M поляризации [2]:

$$D = E + 4\pi P, \quad H = B - 4\pi M, \quad (2)$$

Поляризационные заряды и токи могут быть представлены в следующем виде [2]:

$$\rho = -\operatorname{div} P, \quad j = \frac{\partial P}{\partial t}, \quad (3)$$

Причиной зависимости диэлектрической проницаемости от частоты является изменение в фазе индуцированных в металле токов относительно фазы падающего света в области частот, близких к плазмонной частоте.

Связь между диэлектрической проницаемостью и проводимостью удобно выразить в следующем соотношении [2]:

$$\varepsilon = \varepsilon' + i\varepsilon'' = \varepsilon' + \frac{4\pi i\sigma}{\omega}, \quad (4)$$

где ε' , ε'' – действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости, σ – проводимость металла, ω – круговая частота.

Комплексную диэлектрическую проницаемость $\varepsilon = \varepsilon' + i\varepsilon''$ можно определить путем исследования свойств света, отраженного от поверхности металла, и измерением комплексного показателя преломления $\tilde{n}$ [2]:

$$\tilde{n} = \sqrt{\varepsilon} = n + i\kappa, \quad (5)$$

где n – показатель преломления, κ – коэффициент экстинкции, определяющий оптическое поглощение.

Мнимая часть диэлектрической проницаемости определяет поглощение в веществе. Отсюда получим следующие соотношения [2]:

$$\begin{aligned} \varepsilon' &= n^2 - \kappa^2, \quad \varepsilon'' = 2n\kappa, \\ n^2 &= \frac{\varepsilon'}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2}, \\ \kappa &= \frac{\varepsilon''}{2n}. \end{aligned} \quad (6)$$

Если $|\varepsilon'| \gg |\varepsilon''|$, то действительная часть комплексного показателя характеризует изменение фазовой скорости распространения волн в среде c_m по сравнению со скоростью света в вакууме c [2]:

$$c_m = \frac{c}{n}. \quad (7)$$

Основные электрические свойства металлов определяются наличием свободных электронов, обладающих наименьшим зарядом e и массой m из всех заряженных частиц. Небольшое значение массы электрона дает ему преимущество над иными частицами, которые менее подвижны, чем электрон. В связи с этим во многих случаях именно электроны определяют отклик вещества на внешние воздействия. Помимо данных параметров, характеризующих вещество, нужно сделать акцент на оптических свойствах металла, которые определяются высокой концентрацией (плотностью) свободных электронов, т. е. числом электронов в единице объема вещества n , отличающей один металл от другого. Еще одним важным параметром служит время релаксации импульса электрона.

Многие металлы характеризуются как высоким коэффициентом отражения R , который у некоторых из них приближается к 100%, так и высоким коэффициентом поглощения k (благодаря этому они не пропускают свет). В ультрафиолетовой области некоторые металлы (Na) оказываются прозрачными, а другие (Ag, Au) из-за межзонных переходов являются сильно поглощающими.

В области довольно небольших частот (инфракрасные лучи) оптические свойства металла в основном определяются поведением свободных электронов. Но при переходе к видимому и ультрафиолетовому свету начинают играть заметную роль связанные электроны, характеризующиеся собственной частотой, лежащей в области более коротких длин волн. Так, например, серебро, которое в видимой области характеризуется очень большим коэффициентом отражения (свыше 95%) и заметным поглощением в области ультрафиолета, обладает плохим отражением и большой прозрачностью; вблизи $\lambda = 316$ нм отражательная способность серебра падает до 4,2 %.

Для свободных электронов при высоких частотах излучения $\omega \gg \omega_{pl}$, $\varepsilon \rightarrow 1$. В случае благородных металлов при $\omega > \omega_{pl}$, а диэлектрическая проницаемость имеет вид [2]:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\infty} - \frac{\omega_{pl}^2}{\omega^2 + i\omega\gamma}, \quad (8)$$

где $\varepsilon_{\infty} : 1 < \varepsilon_{\infty} < 10$.

Теория Друде – описание движения электронов, которые рассматриваются как электронный газ, в металлах.

Движение электронов во внешнем электромагнитном поле E имеет следующий вид [2]:

$$m^* \ddot{x} + m^* \gamma \dot{x} = -eE \quad (9)$$

или [4]

$$m^* \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + m^* \frac{1}{\tau} x \frac{dx}{dt} = -eE, \quad (10)$$

где m^* – эффективная масса электрона; γ – частота столкновения электронов (по порядку величины составляет 100 ТГц); τ – время релаксации свободных электронов; e – заряд электрона.

В случае монохроматической электромагнитной волны $E(t) = E_0 e^{-i\omega t}$ решение уравнения (10) имеет вид [2]:

$$x(t) = \frac{e}{m^* (\omega^2 + i\omega\gamma)} E(t). \quad (11)$$

Смещение электронов приводит к линейной поляризации среды [4]:

$$P = -n_0 e x = -\frac{n_0 e^2}{m^* (\omega^2 + i\omega\gamma)} E, \quad (12)$$

где n_0 – концентрация свободных электронов.

Так как $P = \chi E$, то линейная восприимчивость металла определяется данным соотношением [4]:

$$\chi = -\frac{n_0 e^2}{m^* (\omega^2 + i\omega\gamma)}, \quad (15)$$

где χ – восприимчивость металла.

Соответственно, выражение для диэлектрической проницаемости $\varepsilon = 1 + 4\pi\chi$ приобретает вид [4]

$$\varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_{pl}^2}{\omega^2 + i\omega\gamma}, \quad (14)$$

где $\omega_{pl}^2 = \frac{4\pi n_0 e^2}{m^*}$ – плазменная частота свободного электронного газа.

Рассмотрим поведение диэлектрической проницаемости при различных частотах. В поле высоких частот, когда $\omega\tau \gg 1$, диэлектрическая проницаемость является действительной величиной [2]:

$$\varepsilon \approx 1 - \frac{\omega_{pl}^2}{\omega^2}. \quad (15)$$

В поле низких частот $\omega \ll \gamma, \varepsilon'' \gg \varepsilon'$ действительные и мнимые части комплексного показателя преломления $n \approx \chi$ оказываются одинакового порядка величины. При этом металлы являются в основном поглощающими, а коэффициент поглощения записывается в следующем виде [2]:

$$\alpha = \frac{2}{c} \sqrt{2\pi\sigma_0\omega}, \quad (16)$$

где σ_0 – проводимость.

Поверхностные плазмоны – это электромагнитные волны, которые распространяются только вдоль границы металла и диэлектрика, их энергия сосредоточена вблизи поверхности на расстоянии меньше, чем длина волны. Верхняя часть плазмона – электромагнитная волна в диэлектрике, а нижняя – волна плотности в плазме, образованной свободными электронами в металле. Плазмон можно возбудить разными способами, например, с помощью световой волны, которая падает на раздел среды металл-диэлектрик под таким углом, чтобы проекция скорости световой волны на плоскость границы раздела была равна скорости плазмона.

Плазмоны определяют некоторые оптические свойства металлов. Если частота света ниже плазменной частоты, то материал отражает его, если частота света выше, то экранирования не происходит. При взаимодействии плазмонов с фотонами образуется квазичастица, называемая поляритоном.

Поверхностные плазмоны в системе металл-диэлектрик имеют поляризацию (ТМ) [2].

Дисперсионное уравнение для поверхностных плазмонов в явном виде [4]:

$$k_{sp} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\varepsilon_m(\omega)\varepsilon_d(\omega)}{\varepsilon_m(\omega) + \varepsilon_d(\omega)}}, \quad (17)$$

где $\varepsilon_m(\omega)$ и $\varepsilon_d(\omega)$ – диэлектрические проницаемости металла и диэлектрика.

Условия существования волн, локализованных вблизи поверхности раздела [2]:

$$\varepsilon_m(\omega) \cdot \varepsilon_d(\omega) > 0, \quad \varepsilon_m(\omega) + \varepsilon_d(\omega) < 0. \quad (18)$$

Из соотношения (18) следует, что одна из диэлектрических функций должна быть отрицательной и превосходить другую по абсолютной величине. Например, на границе между серебром и воздухом могут существовать поверхностные плазмоны.

Поверхностные плазмоны могут существовать при следующей частоте [4]:

$$\omega < \omega_{sp} = \frac{\omega_{pl}}{\sqrt{1 + \varepsilon_d}}. \quad (19)$$

Возбуждение поверхностного плазмона невозможно обычными фотонами в связи с тем, что при одинаковой частоте волновой вектор поверхностного плазмона больше, чем волновой вектор фотона.

Существование поверхностного плазмона возможно, если диэлектрическая проницаемость одной из сред отрицательна; поверхностные плазмоны сильно локализованы вблизи поверхности раздела.

В реальной среде металлы имеют затухание, а значит, и поверхностные плазмоны затухают вдоль направления распространения. Длину δ_{sp} затухания поверхностных плазмонов можно найти из мнимой части волнового вектора поверхностного плазмона при небольшой дисперсии k_{sp} поверхностных плазмонов, когда $(\varepsilon'_m + \varepsilon_d)^2 \gg \varepsilon_m''^2$ [2]:

$$\delta_{sp} = \frac{1}{2k_{sp}''} \approx \frac{c}{\omega} \left(\frac{\varepsilon'_m + \varepsilon_d}{\varepsilon'_m \varepsilon_d} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{\varepsilon_m''^2}{\varepsilon'_m}. \quad (20)$$

Таким образом, сильная локализация приводит к значительному увеличению локальных электромагнитных полей, в результате чего усиливается взаимодействие света с веществом, делая металлы подходящими для широкого спектра электронных и оптических применений.

Библиографический список

1. Плазмон. URL: <https://indicator.ru/label/plazmon> (дата обращения: 12.11.2019).
2. Климов, В. В. Наноплазмоника / В. В. Климов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. С. 52–74.
3. Абрамова, А. В. Поверхностные плазмон-поляритоны на границе «металл-диэлектрик» в структурах на основе ниобата лития / А. В. Абрамова, А. Д. Безпалый, А. Н. Тимофеев. СВЧМКР-1301. 2013. С. 2.
4. Демичев, И. А. Численное моделирование оптических свойств металлических наночастиц / И. А. Демичев, А. И. Сидоров. СПб.: ИТМО, 2016. С. 7–10.

УДК 523.3

М. В. Юдина

студент кафедры прикладной математики

Ю. С. Пластун, Д. С. Лабудин

студенты кафедры медицинской радиоэлектроники

Г. Л. Плехоткина

кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель

ПОСЛЕДНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛУТОНА

Плутон – карликовая планета, обращающаяся вокруг Солнца по эллиптической орбите на расстоянии 30÷50 а. е. Его масса составляет 20% массы Луны, а объем – 35% ее объема. Вокруг него вращается спутник Харон вместе с еще четырьмя спутниками. Плутон имеет тонкую, как у комет, атмосферу из азота, метана и окиси углерода. Можно сказать, что Плутон является одним из самых неизведанных мест Солнечной системы, он настолько далек, что с момента его открытия (1930) не сделал ни одного полного оборота вокруг Солнца. Также к Плутону не приближалось ни одно творение рук человека, кроме миссии «Новые горизонты», запущенной в 2006 г.

Космические исследования показали, что Плутон геологически активен, может быть, поэтому ученые заметили чрезвычайно малое количество метеоритных кратеров. На Плутоне тектонические плиты состоят, по-видимому, из замерзших газов и покоятся на субстанции из того же материала, но обладающей текучестью под действием давления верхних слоев. По всей поверхности Плутона наблюдаются результаты тектонических явлений: ледяные горные массивы и хребты, гладкие равнины из недавно замерзших газов и жидкостей, а также криовулканы, последние от земных вулканов отличаются тем, что из них извергаются водяной пар и другие газы, а по склонам стекают те же самые вещества в жидком виде.

В составе поверхностного слоя Плутона преобладают водяной и азотный льды. Распределены эти два компонента по поверхности планеты неравномерно, и это, возможно, является ключом к пониманию тектонических процессов. Равнины покрыты слоем желто-коричневых толинов – полимеризованных простейших углеводородов. Эти вещества образуются из исходных метана и этана под воздействием ультрафиолетовых лучей. Именно благодаря этим химическим соединениям поверхность Плутона имеет такую окраску.

Автоматическая межпланетная станция «Новые горизонты» обнаружила атмосферу у Плутона с давлением у поверхности не более одной стотысячной от земного. В зависимости от времени плуто-нианского года плотность атмосферы значительно меняется.

Относительно недавно международный астрономический союз вынес решение о том, какое небесное тело следует считать планетой. Согласно новому определению в Солнечной системе насчитывается всего восемь планет: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Плутон не удовлетворяет требованиям новой формулировки и теряет свой планетарный статус, в то же время он переходит в новое качество и становится представителем отдельного класса карликовых планет.

К карликовым планетам причислены также Церера и 2003 UB313. Харон, ранее претендовавший на этот статус, не удовлетворяет новым критериям, теперь система Плутон – Харон считается двойной карликовой планетой.

Около 2500 астрономов из 75 стран собрались в Праге на Конгрессе Международного астрономического союза (МАС), посвященном в том числе решению вопроса о формальном определении термина «планета». До недавних пор подобного точного определения не существовало, однако после открытия новых трансплутоновых объектов появилась необходимость в более точной формулировке. Ученые также обсудили новые открытия и исследования в области астрономии.

Как сказал Луис Фридман, исполнительный директор Калифорнийского планетарного общества: «Классификация не имеет большого значения. Плутон и прочие тела Солнечной системы – волнующие и загадочные миры, которые обязательно должны быть изучены и исследованы».

Окончательная формулировка звучит так: планетой называется небесное тело, которое:

- обращается вокруг Солнца;
- имеет достаточную массу, для того чтобы за счет собственной гравитации достичь гидростатически равновесной (близкой к сферической) формы;
- доминирует на своей орбите.

Карликовая планета – это небесное тело, которое:

- обращается вокруг Солнца;
- имеет достаточную массу, для того чтобы за счет собственной гравитации достичь гидростатически равновесной формы;
- не доминирует на своей орбите;
- не является спутником другой планеты.

Прочие тела Солнечной системы, обращающиеся вокруг Солнца, относятся к малым телам Солнечной системы.

Плутон не удовлетворяет одному из критериев нового определения планеты: масса не являющихся его спутниками объектов на его орбите слишком велика по сравнению с массой Плутона, чтобы считать, что он доминирует. Уточнения своего статуса в МАС дожидаются еще около десятка похожих на Плутон объектов, видимо, в скором будущем следует ожидать существенного пополнения списка карликовых планет Солнечной системы.

С момента своего открытия американским астрономом Клайдом Томбом в 1930 г. Плутон считался планетой, однако из-за того, что его реальная масса первоначально была определена неправильно и оказалась существенно меньше ожидаемой, а также из-за ряда уникальных особенностей статус Плутона не раз оказывался под вопросом. В результате проведенной астрономами «ревизии», потребуется переписать огромное количество книг, учебников и энциклопедий.

Библиографический список

1. Белл, Дж. Великий космос / Джим Белл. М.: Лаборатория знаний, 2015. 543 с.
2. Science Papers Reveal New Aspects of Pluto and its Moons. URL: <https://www.nasa.gov/feature/science-papers-reveal-new-aspects-of-pluto-and-its-moons> (дата обращения: 18.10.2019).

УДК 535.32

Д. А. Якимова

студент кафедры прикладной математики

В. И. Устимов

кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАЛЫХ ДВУХСЛОЙНЫХ СФЕРОИДОВ

Рассеяние света несферическими неоднородными частицами, малыми по сравнению с длиной волны падающего излучения, представляет большой интерес во многих областях науки: от биофизики и экологии до астрофизики [1–3]. В качестве модели таких частиц часто выбираются многослойные эллипсоиды, а если речь идет об осесимметричных частицах, то модельными являются многослойные вытянутые или сплюснутые сфероиды.

До последнего времени были известны лишь строгие результаты для однородных сфероидов и двухслойных частиц, сфероидальное ядро которых было софокусно самой частице. При нарушении этого условия обоснованное построение приближения Релея было невозможно. Ситуация изменилась после того, как удалось построить строгое решение электростатической задачи для неконфокальных сфероидов [2]. Численное моделирование показало [3], что в этом случае можно приближенно построить релеевское приближение, которое, с одной стороны, совпадает с точным для конфокальных сфероидов, а с другой стороны, имеет погрешность менее 0,1% при нарушении условия софокусности.

В приближении Релея характеристики рассеянного излучения определяются поляризуемостью частицы α . В частности, при направлении напряженности внешнего электрического поля E_0 вдоль одной из осей однородного или двухслойного сфероида сечения поглощения и рассеяния можно записать следующим образом:

$$C^{abs} = 4\pi k_1 \text{Im}\alpha, \quad (1)$$

$$C^{sca} = \frac{8}{3}\pi k_1^4 |\alpha|^2, \quad (2)$$

где k_1 – волновое число среды вне частицы. При условии, что ось вращения частицы совпадает с осью z декартовой системы координат (x, y, z) , $\alpha = \alpha_z$ или $\alpha = \alpha_x$, так как $\alpha_x = \alpha_y$.

Выражение для поляризуемости однородной сфероидальной частицы представлено в виде следующего соотношения [1]:

$$\alpha_z = \frac{(\varepsilon - 1)V}{1 + (\varepsilon - 1)L_z}, \quad (3)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость частицы, которая связана с комплексным показателем преломления $\varepsilon = m^2 = (n + ki)^2 = (n^2 - k^2) + 2nki$. Объем частицы V и геометрический фактор L_z для вытянутых сфероидов вычисляются по соответствующим формулам:

$$V = \frac{4\pi}{3}ab^2, L_z = (\xi^2 - 1) \left(\frac{\xi}{2} \ln \frac{\xi + 1}{\xi - 1} - 1 \right), \quad (4)$$

где вытянутая радиальная сфероидальная координата $\xi = (1 - (b/a)^2)^{-1/2}$.

Для сплюснутых сфероидов – по данным формулам:

$$V = \frac{4\pi}{3}a^2b, L_z = (\xi^2 + 1) \left(1 - \xi \arctan \frac{1}{\xi} \right), \quad (5)$$

а сплюснутая радиальная сфероидальная координата $\xi = ((a/b)^2 - 1)^{-1/2}$, где a и b – большая и малая полуоси сфероида соответственно.

Для расчета поляризуемости двухслойных сфероидов в приближении 2×2 [3] применяется данная формула:

$$\alpha_z = -\frac{4\pi}{3} \frac{A_{11}^{(1)} A_{31}^{(2)} + A_{13}^{(1)} A_{11}^{(2)}}{A_{31}^{(1)} A_{31}^{(2)} + A_{33}^{(1)} A_{11}^{(2)}}, \quad (9)$$

$$A_{31}^{(j)} = 1 + (\varepsilon_j - 1) L_z^j, \quad A_{33}^{(j)} = (\varepsilon_j - 1) \frac{L_z^j (L_z^j - 1)}{\tilde{V}_j},$$

$$A_{11}^{(j)} = -(\varepsilon_j - 1) a_j b_j^2 = -(\varepsilon_j - 1) \frac{3}{4\pi} V_j = -(\varepsilon_j - 1) \tilde{V}_j, \quad A_{13}^{(j)} = 1 - (\varepsilon_j - 1) (L_z^j - 1). \quad (10)$$

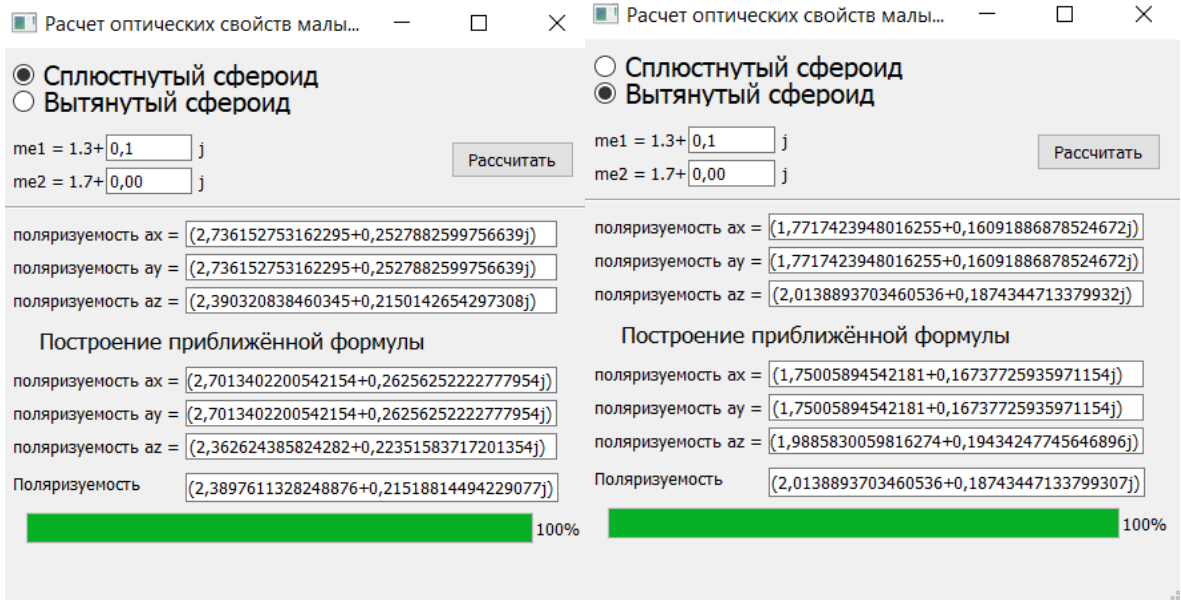


Рис. 1. Расчет оптических свойств малых сплюснутых и вытянутых сфероидов при мнимой части комплексного показателя преломления $me1 = 0,1$ и мнимой части комплексного показателя преломления $me2 = 0$

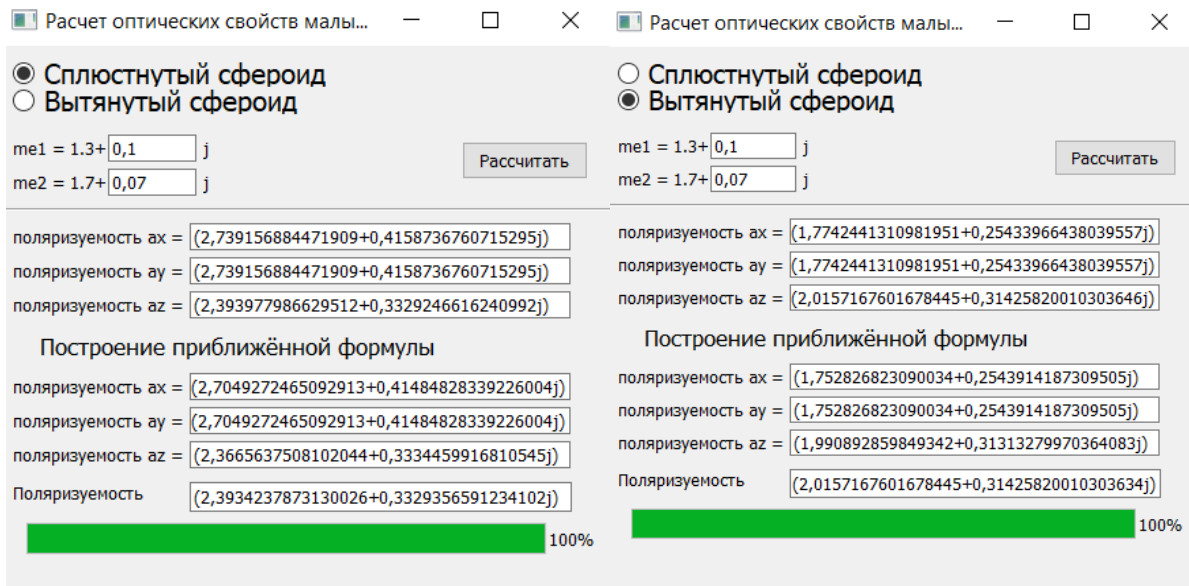


Рис. 2. Расчет оптических свойств малых сплюснутых и вытянутых сфероидов при мнимой части комплексного показателя преломления $me1 = 0,1$ и мнимой части комплексного показателя преломления $me2 = 0,07$

Для того чтобы оценить влияние внутренней структуры на оптические характеристики двухслойных сфероидов, были рассмотрены частицы одного объема и одинаковой внешней формы ($a_1 = 1$, $b_1 = 1/\sqrt{2} \approx 0,707$). При этом ядро частицы сохраняло объем, но изменяло форму от максимально вытянутого сфероида до максимально сплюснутого. Объем ядра значительно влияет на оптические характеристики всей частицы, поэтому выбрано следующее соотношение: $V_2/V_1 \approx 0,558$.

Результаты расчетов поляризуемости для сплюснутых и вытянутых сфероидов представлены на языке *Python* и визуализированы с помощью графического фреймворка *Qt* (рис. 1, 2).

Библиографический список

1. Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами / К. Борен, Д. Хаффмен. М.: Мир, 1986. 660 с.
2. Фарафонов, В. Г. Рассеяние света малыми многослойными несофокусными сфероидными с использованием подходящих сфероидальных базисов / В. Г. Фарафонов, В. И. Устимов, В. Б. Ильин // Опт. и спектр. 2018. Т. 125. Вып. 6. С. 786–794.
3. Фарафонов, В. Г. Приближение Релея для многослойных несофокусных сфероидов / В. Г. Фарафонов, В. И. Устимов, В. Б. Ильин // Опт. и спектр. 2019. Т. 126. Вып. 4. С. 450–457.

УДК 519.677

В. С. Аппазова

студент кафедры высшей математики и механики

Л. П. Вершинина

доктор технических наук, профессор – научный руководитель

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРАТНЫХ ИНТЕГРАЛОВ

Анализ чувствительности – это метод оценки эффективности, который заключается в анализе влияния изменений одного или нескольких исходных параметров на конечный результат.

Анализ чувствительности позволяет оценить, как изменяются результирующие показатели реализации проекта при различных значениях заданных переменных, необходимых для расчета. Этот анализ помогает определить критические переменные, изменение которых более существенно повлияет на эффективность проекта.

Входными данными, способными варьироваться, могут быть: цена за единицу продукции, инвестиционные затраты, объем продаж, график реализации и др.

Конечными характеристиками являются: рентабельность инвестиций, срок окупаемости, сальдо накопленных реальных денег, чистая прибыль и т. д.

Недостатком данного метода является то, что изменение одного параметра, может повлечь за собой изменение других.

Анализ чувствительности можно разделить на несколько условных этапов:

1. Выбирается показатель, на основе которого будет проводиться анализ.
2. Определяются исходные параметры, вероятность изменения которых существует.
3. Задаются верхние и нижние границы значений, которые могут быть допущены исходными переменными.
4. Производится расчет результирующих показателей с учетом изначальных и предельных значений.
5. Строится таблица или график, которые наглядно показывают чувствительность проекта к тем или иным изменениям. На их основе делается вывод.

Существует два типа анализа чувствительности: глобальный и локальный. Локальный анализ дает информацию о том, как изменение в одном параметре влияет на результат. Допустим, что математическая модель задана уравнением:

$$u = f(x),$$

где $x = (x_1, \dots, x_n)$ – входные данные, u – выходные данные (скаляр). Локальный анализ оценивает чувствительность u по отношению к x_i , которая выражается отношением:

$$S_i = f_i \frac{|x_i^0|}{|u^0|}.$$

Чувствительность считается слабой, если $|S_i| < 0,3$; средней, если $0,3 \leq |S_i| \leq 1$; сильной, если $|S_i| \geq 1$.

Глобальный метод анализа чувствительности учитывает влияние нескольких параметров, одновременно изменяющихся в некотором диапазоне значений. Глобальные показатели чувствительности по совокупности нескольких параметров определяются как отношение дисперсий:

$$S_{i_1 \dots i_s} = \frac{D_{i_1 \dots i_s}}{D},$$

где D – полная дисперсия, которая характеризует изменение $f(x)$, и определяется формулой

$$D = \int f^2(x) dx - f^2_0,$$

где $f_0 = \int f(x) dx$, а $D_{i_1 \dots i_s}$ – определяет вклад в это изменение и выражается формулой

$$D_{i_1 \dots i_s} = \int f_{i_1 \dots i_s}^2(x) dx_{i_1} dx_{i_2} \dots dx_{i_s}.$$

Полный глобальный показатель чувствительности выходной переменной по k -му параметру определяется соотношением

$$S_k = \frac{D - D_k}{D}.$$

При расчете дисперсии D_k учитывается изменение всех входных параметров, за исключением x_k . При этом следует учитывать, что если мы рассматриваем функцию $f = f(x_1, x_2, x_3)$ и обозначим $y = (x_1, x_2)$, то $S_y = S_1 + S_2 + S_{12}$.

Пример. Допустим, нам дана функция $f(x, y) = 2x + y$ и пределы интегрирования $\begin{cases} 1 \leq y \leq 2 \\ 0 \leq x \leq 1 \end{cases}$.

Нужно найти коэффициент чувствительности при изменении предела интегрирования переменной y в интервале $[1; 1.5]$:

$$\begin{aligned} D^* &= \int f^2(x, y) dx dy = \int_0^1 dx \int_1^2 (2x + y)^2 dy = \int_0^1 dx \int_1^2 (4x^2 + 4xy + y^2) dy = \\ &= \int_0^1 dx \left(4x^2 y + 2xy^2 + \frac{y^3}{3} \right) \Big|_1^2 = \int_0^1 dx \left(8x^2 + 8x + \frac{8}{3} - 4x^2 - 2x - \frac{1}{3} \right) = \\ &= \int_0^1 dx \left(4x^2 + 6x + \frac{7}{3} \right) = \int_0^1 \left(4x^2 + 6x + \frac{7}{3} \right) dx = \left(\frac{4x^3}{3} + \frac{6x^2}{2} + \frac{7}{3}x \right) \Big|_0^1 = \frac{4}{3} + \frac{6}{2} + \frac{7}{3} = \frac{20}{3}; \\ D^{**} &= f_0^2 = \left(\int f(x) dx \right)^2 = \left(\int_0^1 dx \int_1^2 (2x + y) dx \right)^2 = \left(\int_0^1 dx \left(2xy + \frac{y^2}{2} \right) \Big|_1^2 \right)^2 = \left(\int_0^1 \left(2x + \frac{3}{2} \right) dx \right)^2 = \\ &= \left(\left(x^2 + \frac{3}{2}x \right) \Big|_0^1 \right)^2 = \left(\frac{5}{2} \right)^2 = \frac{25}{4} \\ D &= D^* - D^{**} = \frac{20}{3} - \frac{25}{4} = \frac{5}{4}. \end{aligned}$$

Обозначим новое значение y за y^* , тогда:

$$\begin{aligned} D_y &= \int f^2(x, y) dx dy^* = \int_0^1 dx \int_1^{1.5} (2x + y)^2 dy = \int_0^1 dx \int_1^{1.5} (4x^2 + 4xy + y^2) dy = \\ &= \int_0^1 dx \left(4x^2 y + 2xy^2 + \frac{y^3}{3} \right) \Big|_1^{1.5} = \int_0^1 dx \left(6x^2 + 4.5x + \frac{9}{8} - 4x^2 - 2x - \frac{1}{3} \right) = \end{aligned}$$

$$= \int_0^1 \left(2x^2 + 2,5x + \frac{19}{24} \right) dx = \left(\frac{2x^3}{3} + \frac{2,5x^2}{2} + \frac{19}{24}x \right) \Big|_0^1 = \frac{2}{3} + \frac{5}{4} + \frac{19}{24} = \frac{65}{24};$$

$$S_y = \frac{D_y}{D} = \frac{65}{24} \cdot \frac{4}{5} = \frac{13}{6} \approx 2,17.$$

Коэффициент чувствительности S_y по полученным расчетам оказался больше 1, из чего следует вывод, что чувствительность изменения переменной y сильная.

Библиографический список

1. *Соболь, И. М.* Об оценке чувствительности нелинейных математических моделей / И. М. Соболь // Математическое моделирование. 1990. Т. 2. № 1. С. 112–118.
2. *Соболь, И. М.* Глобальные показатели чувствительности для изучения нелинейных математических моделей / И. М. Соболь // Математическое моделирование. 2005. Т. 17. № 9. С. 43–52.

УДК 519.7

А. С. Бурмакина

студент кафедры высшей математики и механики

Л. П. Вершинина

доктор технических наук, профессор – научный руководитель

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Познавая окружающий мир, человек постоянно имеет дело с информацией. Она помогает правильно оценить происходящие события, принять обдуманное решение, найти наиболее удачный вариант действий. Для хранения и обработки больших объемов информации используются информационные системы. Основное их назначение – своевременное представление необходимой информации специалисту для принятия им адекватных и эффективных решений при управлении процессами.

Однако в процессе развития информационных технологий, исследования операций и технологий моделирования все больше проявлялась потребность в системах, не только представляющих информацию, но и выполняющих некоторый ее предварительный анализ, способных давать некоторые советы и рекомендации, осуществлять прогнозирование развития ситуаций, отбирать наиболее перспективные альтернативы решений [1]. Таким образом, интеллектуальная система должна поддерживать решение специалиста, взяв на себя значительную часть рутинных операций, а также функции предварительного анализа и оценок.

Цель данной работы заключается в том, чтобы кратко представить основную идею нечеткого подхода, определить области и проблемы, которые можно решить или диагностировать с помощью fuzzy-технологий, понять, на стыке с какими науками наиболее успешно может взаимодействовать нечеткий подход [2, 3].

Интеллектуальная система управления – это компьютерная система, состоящая из пяти основных взаимодействующих компонентов [1]:

- языковой подсистемы – механизм обеспечения связи между пользователем и другими компонентами;
- информационной подсистемы – хранилище данных и средств их обработки;
- подсистемы управления знаниями – хранилище знаний о проблемной области, таких как процедуры, правила и средства обработки знаний;
- подсистемы управления моделями;
- подсистемы обработки и решения задач – связующее звено между другими подсистемами.

Существуют различные взгляды на определение числа этапов проектирования интеллектуальных систем. Они зависят от многих факторов, в частности, от характера функций будущей интеллектуальной системы, области использования, наличия развитых инструментальных средств и т. д. Этапы создания интеллектуальных систем не являются четко очерченными и подробно регламентированными. Между некоторыми из них трудно провести временную и содержательную границу [2, 4]. Они в какой-то степени приблизительно описывают процесс проектирования интеллектуальных систем. Чтобы создать систему, работающую со знаниями и способную в какой-то мере заменить эксперта или помочь ему в принятии решений задач управления, необходимо стремиться заложить в архитектуру будущей системы возможности по реализации следующих функций: объяснение действия, обоснование решения, прогнозирование развития ситуаций, активное взаимодействие с внешней средой, получение решения на основе имеющихся знаний, хранение в памяти необходимой информации.

Для примера применения интеллектуальной системы управления в современной жизни было принято решение спроектировать структуру системы, которая помогала бы пользователю выбирать режим очистителя водоема в зависимости от степени загрязнения воды, количества крупного мусора и температуры окружающей среды.

На рис. 1 представлена обобщенная структура и компоненты интеллектуальной системы, а также ее окружение.



Рис. 1. Структура интеллектуальной системы управления

В качестве ввода эксперт использует в системе следующие входные данные в режиме диалогового окна: X – степень загрязнения воды, Y – количество мусора, Z – внешняя температура.

Пусть A , B и C – лингвистические переменные для соответствующих параметров X , Y и Z , в зависимости от которых необходимо выбрать решение.

Используемый в экспертных и управляющих системах механизм нечетких выводов в своей основе имеет базу знаний, формируемую специалистами предметной области. Именно в базу знаний передается информация, которая, в свою очередь, содержит базу правил и базу данных [3, 5]. Имеются следующие данные:

- A : $a1$ – «очень грязная», $a2$ – «очень чистая»;
- B : $b1$ – «очень много», $b2$ – «очень мало»;
- C : $c1$ – «очень жарко», $c2$ – «прохладно».

Имеются следующие управляющие решения:

- $r1$ – «средняя мощность очистителя, кондиционер отключен»;
- $r2$ – «средняя мощность очистителя, кондиционер включен»;
- $r3$ – «высокая мощность очистителя, кондиционер отключен»;
- $r4$ – «высокая мощность очистителя, кондиционер включен».

База правил представляет собой следующие продукционные правила (см. таблицу).

Таблица

Решающие правила

A	B	C	R
a1	b1	c1	r4
a1	b1	c2	r3
a1	b2	c1	r2
a1	b2	c2	r1
a2	b1	c1	r4
a2	b1	c2	r3
a2	b2	c1	r2
a2	b2	c2	r1

Таким образом, имеются четыре нечетких класса ситуаций, для каждого из которых определяется функция принадлежности P :

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{P1}(x, y, z) = ((\mu_{a1}(x) \wedge \mu_{b2}(y) \wedge \mu_{c2}(z)) \wedge (\mu_{a2}(x) \wedge \mu_{b2}(y) \wedge \mu_{c2}(z))) \\ \mu_{P2}(x, y, z) = ((\mu_{a1}(x) \wedge \mu_{b2}(y) \wedge \mu_{c1}(z)) \wedge (\mu_{a2}(x) \wedge \mu_{b2}(y) \wedge \mu_{c1}(z))) \\ \mu_{P3}(x, y, z) = ((\mu_{a1}(x) \wedge \mu_{b1}(y) \wedge \mu_{c2}(z)) \wedge (\mu_{a2}(x) \wedge \mu_{b1}(y) \wedge \mu_{c2}(z))) \\ \mu_{P4}(x, y, z) = ((\mu_{a1}(x) \wedge \mu_{b1}(y) \wedge \mu_{c1}(z)) \wedge (\mu_{a2}(x) \wedge \mu_{b1}(y) \wedge \mu_{c1}(z))) \end{array} \right.$$

Построим графики функций принадлежности (рис. 2–4).

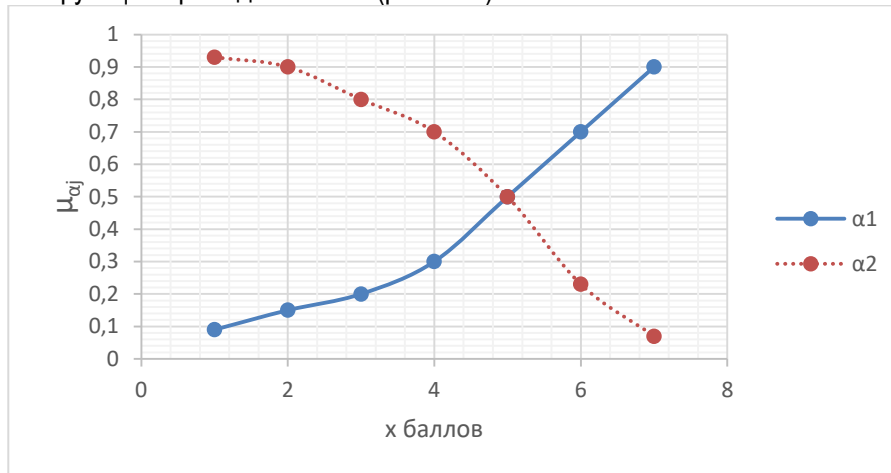


Рис. 2. График степени загрязнения воды

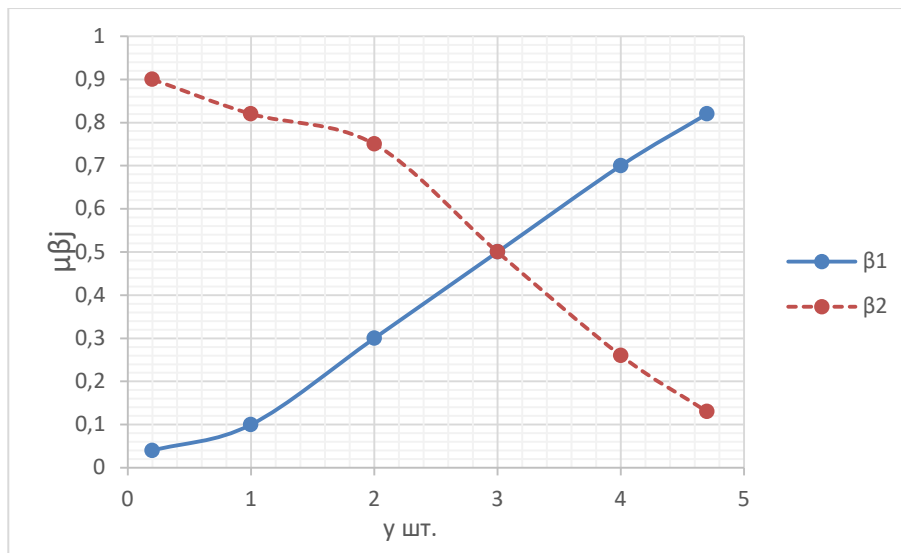


Рис. 3. График количества мусора

Пусть ситуация характеризуется следующими параметрами: x_0 – 2 балла, y_0 – 1 шт., z_0 – 10 градусов. Тогда $a_1 = 0,15$; $b_1 = 0,1$; $c_1 = 0,3$; $a_2 = 0,9$; $b_2 = 0,82$; $c_2 = 0,75$.

Обоснование решений и прогнозирование основывается на моделях нечеткого восходящего и нисходящего выводов. Используя входные данные и приведенную базу знаний, обработчик вычисляет необходимый режим очистки водоема и выводит его в диалоговый интерфейс пользователю:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{P1}(x, y, z) = ((0,15 \wedge 0,82 \wedge 0,75) \wedge (0,9 \wedge 0,82 \wedge 0,75)) = 0,75 \\ \mu_{P2}(x, y, z) = ((0,15 \wedge 0,82 \wedge 0,3) \wedge (0,9 \wedge 0,82 \wedge 0,3)) = 0,3 \\ \mu_{P3}(x, y, z) = ((0,15 \wedge 0,1 \wedge 0,75) \wedge (0,9 \wedge 0,1 \wedge 0,75)) = 0,1 \\ \mu_{P4}(x, y, z) = ((0,15 \wedge 0,1 \wedge 0,3) \wedge (0,9 \wedge 0,1 \wedge 0,3)) = 0,1 \end{array} \right.$$

Необходимо принять решение $P1$, т. е. поставить очиститель на среднюю мощность и отключить кондиционер.

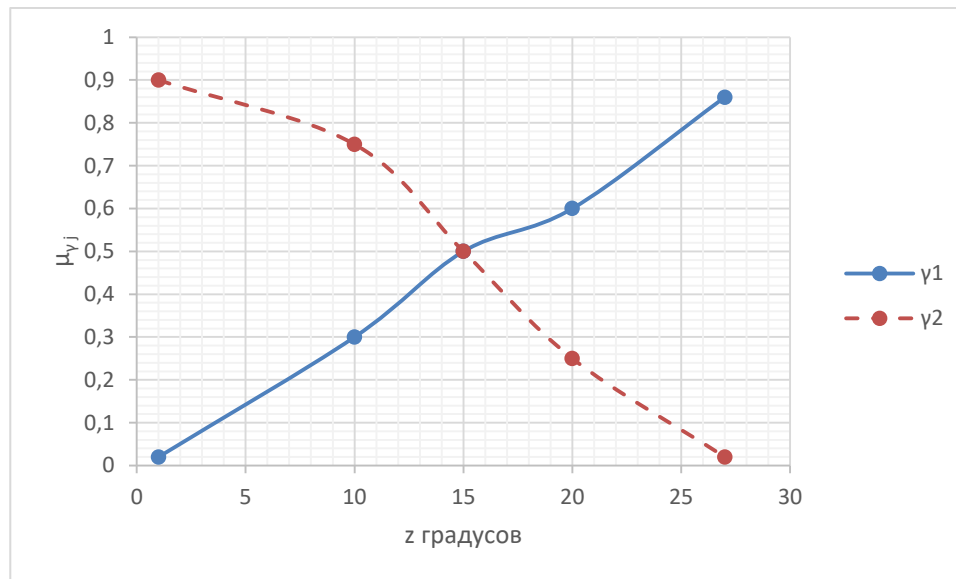


Рис. 4. График температуры

Таким образом, интеллектуальная система представляет собой комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи: осуществления поддержки деятельности человека.

Библиографический список

1. Алиев, Р. А. Производственные системы с искусственным интеллектом / Р. А. Алиев. М.: Радио и связь, 1990. 264 с.
2. Борисов, А. Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования / А. Н. Борисов. Рига: Зинатне, 1990. 184 с.
3. Чернов, В. Г. Задача идентификации при нечетких критериях классификации / В. Г. Чернов. Минск, 1998. 670 с.
4. Мелихов, А. Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А. Н. Мелихов. М.: Наука, 1990. 272 с.
5. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. М.: Радио и связь, 1989. 316 с.

УДК 621.456.4, 621.456.6.

М. А. Зерский

студент кафедры высшей математики и механики

С. А. Назаревич

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПУТЬ К СОЗДАНИЮ ТЕРМОЯДЕРНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Дальнейшие шаги в освоении ближнего и дальнего космоса прежде всего требуют резкого увеличения возможностей и эффективности космических транспортных систем. Это напрямую связано с усовершенствованием и разработкой новых ракетных двигательных установок. Развитие ядерной энергетики в будущем в значительной степени будет основано на имеющемся опыте эксплуатации плазменных двигателей и на результатах исследований в области термоядерного синтеза и физики плазмы. Для совершенствования использования таких двигателей требуется развитие исследований, сопровождаемых углублением наших знаний природы явлений и вещей и новыми технологическими и конструкционными решениями.

Современные задачи космической индустрии требуют экономии выбрасываемой массы – длительное крейсирование на околоземных орбитах, налаживание многоразовых пилотируемых экспедиций в околоземном пространстве, а также реальное освоение дальнего космоса связаны с необходимостью существенного увеличения скорости истечения (скорость, с которой топливо покидает объект) или удельного импульса (отношение скорости истечения реактивной струи к ускорению силы тяжести) [1]. При использовании химического топлива для передвижения в межпланетном пространстве требуемую скорость можно развить при условии, что масса топлива будет составлять 99% от массы космического летательного аппарата (КЛА), следовательно, для полезной нагрузки не остается места. Кроме высокой скорости истечения двигатели должны обеспечивать тяговые и мощностные характеристики для решения определенных задач (рис. 1).

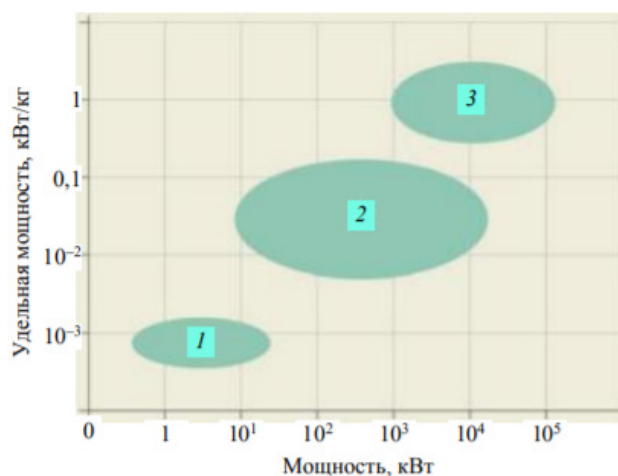


Рис. 1. Требования к параметрам двигательной системы в соответствии с миссией КЛА.

Аппараты и задачи: 1 – современные спутниковые системы, связь, наблюдение; 2 – межорбитальные буксиры, создание лунной базы, астероидный контроль, глобальные системы связи и контроля; 3 – дальние грузовые и пилотируемые полеты, зондирование дальнего космоса

Жидкостные двигатели обладают большой мощностью и могут развивать внушительную тягу, они быстро разгоняют ракету, затрачивая при этом огромный объем топлива, так как скорость истечения достигает нескольких километров в секунду.

Альтернативой распространенным ракетным двигателям может служить уже испытанный на практике электрореактивный двигатель (ЭРД). SERT-1 – первый космический корабль, использующий конструкцию ионного двигателя Кауфмана, был запущен в 1964 г. [2]. В этом же году был выведен в

космос отечественный аппарат «Зонд-2», на котором установили импульсный плазменно-эрозионный двигатель Андрианова [3]. В 1962 г. А. И. Морозов предложил схему статического плазменного двигателя, используемого и в современных летательных аппаратах [4–6]. Существующие ЭРД широко применяются для корректировки траектории и посадки аппаратов.

В ЭРД рабочим телом является инертный газ, который поступает в камеру, где он ионизируется, затем частицы плазмы ускоряются определенным способом под действием электрического поля. Именно по способу реализации ускорения плазмы классифицируют виды ЭРД (рис. 2).

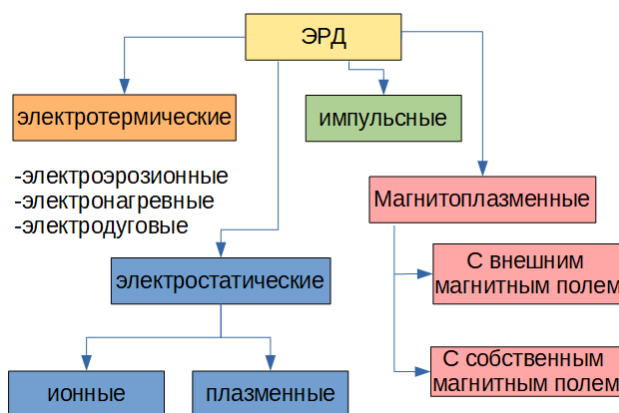


Рис. 2. Возможная классификация ЭРД

Основное преимущество ЭРД – это способность обеспечивать высокую скорость истечения, недостатками являются их невысокая мощность (100 Вт – 50 кВт) и незначительная тяга.

В настоящее время наиболее адекватным и научно-технически обоснованным решением задачи повышения тягово-мощностных характеристик ЭРД является создание плазменных ракетных двигателей на основе результатов работ в области управляемого термоядерного синтеза. Один из первых подобных двигателей – это стационарный безэлектродный плазменный двигатель (БПРД) [7]. Именно на его принципе основано преобразование тепловой энергии горячей плазмы в тягу.

На сегодняшний день разработка концепций термоядерных ракетных двигателей и КЛА производится с учетом существующих технических возможностей для решения главной задачи космической отрасли – экспансии космического пространства.

Библиографический список

1. Морозов, А. И. Разработка идеологии стационарных плазменных двигателей / А. И. Морозов // Физика плазмы. 2003. Т. 29. № 3. С. 261–276.
2. Turner, M. J. L. Rocket and Spacecraft Propulsion-Principle / M. J. L. Turner // Practice and New Development, Springer, 3rd ed. 2009.
3. Щепетилов, В. А. Разработка электрореактивных двигателей в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова / В. А. Щепетилов // Вопросы атомной науки и техники. 2017. Т. 40. Вып. 2. С. 5–18.
4. Горшков, О. А. Холловские и ионные плазменные двигатели для космических аппаратов / О. А. Горшков, В. А. Муравлев, А. А. Шагайда. М.: Машиностроение, 2008.
5. Morozov, A. I. Fundamentals of Plasma Thruster Theory / A. I. Morozov, V. V. Savelyev. Reviews of Plasma Physics. 2000. Vol. 21. P. 203–391.
6. Морозов, А. И. Физические основы космических электрореактивных двигателей / А. И. Морозов. Т. 1. Элементы динамики потоков в ЭРД. М.: Атомиздат, 1976.
7. Bathgate, S. N. Electrodeless Plasma Thrusters FOR Spacecraft: a review / S. N. Bathgate, M. M. M. Bilek, D. R. McKenzie // Plasma Sci. Technol. 2017. P. 19083001 (24 p.).

УДК 519.683.8

В. Е. Крылова

студент кафедры высшей математики и механики

Л. П. Вершинина

доктор технических наук, профессор – научный руководитель

МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА ПО НЕЧЕТКИМ ЗАПРОСАМ**Постановка проблемы**

Современные поисковые системы не всегда в должной степени справляются с довольно нечеткими предикатами и определенными сложными предпочтениями пользователей. Самой большой проблемой поисковых систем, интегрирующих в себя стандарт SQL, является то, что они напрямую работают лишь со строгими данными, определенными четкой числовой информацией, а не с заданными качественными критериями и нечетко сформулированными условиями. Это приводит к ситуации, когда пользователь остается разочарованным после использования такой системы, ведь его запрос может вернуть неполный список или вовсе не вернуть результатов. Во избежание подобных ситуаций и значительного расширения области полученных результатов запроса существуют механизмы нечетких запросов к реляционным базам данных, базирующиеся на теории нечетких множеств Заде.

Ограниченность четких запросов

Четкий запрос представляет собой логическое высказывание. Его термы можно выразить обычными средствами теории нечетких множеств и двузначной четкой математической логикой, что позволяет лишь перечислять значения признаков, необходимых в ходе запроса данных, либо указывать изменения параметров признаков и связывать пары «признак – значение» логическими связками. В случае, если пользователь, к примеру, желает забронировать отель, значениями признаков «Цена» и «Расстояние» может являться: «Не очень дорогой», «Близко к центру». К сожалению, они имеют размытый, неточный характер, и запрос не может быть выполнен стандартными средствами языка SQL. Нечеткий же запрос может содержать термы с нечеткими значениями, т. е. его атрибуты могут иметь нечеткие значения. Например, значениями признака «Успеваемость» могут быть следующие: «Высокая», «Низкая», «Крайне низкая» и т. д.

Недостаток четких запросов можно рассмотреть на весьма типичном и простом примере. Имеется база данных по продаже электронной техники, которая включает в себя таблицу, содержащую информацию о ноутбуках (рис. 1).

Id	Модель	Частота процессора	ОП	HD	Цена	Экран
1	1288	350	32	4	700	11
2	1321	550	64	8	970	12
3	1750	750	128	12	1200	14
4	1298	600	64	10	1050	15
5	1752	750	128	10	1150	14
6	1290	450	64	10	950	12

Рис. 1. Данные таблицы «Ноутбук»

Пользователю необходимо подобрать себе ноутбук с относительно высокой частотой процессора и приемлемой ценой. Такого рода запрос на языке SQL может иметь следующий вид: *select *from Ноутбук where Цена <= 1000 AND Частота процессора > 600*. Результат данного запроса будет пустым, но, очевидно, что модели 1298 и 1321 почти удовлетворяют условию запроса.

Модель нечеткого запроса

Нечеткие запросы помогают справляться с подобным исчезновением информации и значительно расширяют результаты поиска. Для этого необходимо формализовано описать множества значений термов для логического выражения. Необходимо ввести понятие лингвистической переменной и функции принадлежности.

Лингвистическая переменная – переменная, значениями которой могут быть слова или словосочетания естественного языка. Она описывается следующим набором:

$$\langle \beta, \chi, T, G, M \rangle,$$

где β – имя лингвистической переменной; χ – базовое множество; T – множество всех возможных ее значений (терм – множество), представляющих имена нечетких переменных, областью определения которых является множество; G – синтаксическая процедура, позволяющая генерировать новые термы (значения); M – семантическая процедура позволяющая преобразовать новые значения лингвистической переменной, образованной процедурой G , в нечеткую переменную, т. е. сформировать соответствующее нечеткое множество.

Для реализации нечеткого запроса в конкретном случае зададим следующие лингвистические переменные и термы для них: *цена* = «низкая, средняя, высокая» и *частота процессора* = «малая, средняя, высокая», а также ограничения для каждой.

Нечеткое множество подмножество A некоторого универсального множества X характеризуется функцией принадлежности, которая ставит в соответствие каждому элементу $x \in X$ число $\mu_A(x)$, принадлежащее интервалу $[0; 1]$, определяющее степень принадлежности элемента x множеству A , которое можно задать как $A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$, а функцию принадлежности $\mu_A(x) : X \rightarrow [0; 1]$.

Необходимо построить функции принадлежности для каждой из лингвистических терм. Для этого применим кусочно-линейную трапецеидальную форму принадлежности, которая использует четверку чисел (a, b, c, d) и имеет следующий общий вид:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x \notin (a, d) \end{cases}.$$

Зададим область допустимых значений универсального множества $\text{Цена} \in [700; 1750]$ и далее опишем функции принадлежности для каждой из терм переменной Цена :

$$\begin{aligned} \text{«низкая»} - \mu_M(x) &= \begin{cases} 1, & x \in [700; 950] \\ \frac{1100-x}{150}, & x \in (950; 1100], \\ 0, & x > 1100 \end{cases} \\ \text{«средняя»} - \mu_{CP}(x) &= \begin{cases} \frac{x-1000}{150}, & x \in [1000; 1150) \\ 1, & x \in [1150; 1350] \\ \frac{1550-x}{200}, & x \in (1350; 1550] \\ 0, & x < 1050, x > 1550 \end{cases}, \end{aligned}$$

$$\text{«высокая»} - \mu_B(x) = \begin{cases} 0, x < 1500 \\ \frac{x-1500}{100}, x \in [1500;1600). \\ 1, x \in [1600;1700] \end{cases}$$

Аналогичную работу проделываем с лингвистической переменной Частота процессора, которая принадлежит интервалу [350; 850].

$$\text{«малая»} - \mu_{ML}(x) = \begin{cases} 1, x \in [350;400] \\ \frac{400-x}{50}, x \in (400;450], \\ 0, x > 450 \end{cases}$$

$$\text{«средняя»} - \mu_{CP_1}(x) = \begin{cases} \frac{x-400}{100}, x \in [400;500) \\ 1, x \in [500;550] \\ \frac{600-x}{50}, x \in (550;600] \\ 0, x < 400, x > 600 \end{cases}$$

$$\text{«высокая»} - \mu_{BC}(x) = \begin{cases} 0, x < 500 \\ \frac{x-500}{150}, x \in [500;650). \\ 1, x \in [650;850] \end{cases}$$

Вычислив степени принадлежности для каждого из ноутбука, можем создать следующее представление для таблицы «Ноутбук» (рис. 2).

id	Модель	Частота процессора			ОП	HD	Цена			Экран
		$\mu_{ML}(x)$	$\mu_{CP_1}(x)$	$\mu_{BC}(x)$			$\mu_M(x)$	$\mu_{CP}(x)$	$\mu_B(x)$	
1	1288	1	0	0	32	4	1	0	0	11
2	1321	0	1	0.33	64	8	0.87	0	0	12
3	1750	0	0	1	128	12	0	1	0	14
4	1298	0	0	0.66	64	10	0.33	0	0	15
5	1752	0	0	1	128	10	0	1	0	14
6	1290	0	0.33	0	64	10	1	0	0	12

Рис. 2. Преобразованный вид таблицы «Ноутбук»

Теперь два параметра определены степенью принадлежности. Результат вычисляется исходя из того, что декартово произведение $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$ нечетких множеств A_i определяется как нечеткое множество A в $\chi_i, i = 1, \dots, n$ декартовом произведении $\chi = \chi_1 \times \dots \times \chi_n$ с функцией принадлежности вида $\mu_A(x) = \min\{\mu_{A1}(x_1), \mu_{A2}(x_2), \dots, \mu_{An}(x_n)\}, x = (x_1, \dots, x_n) \in \chi$.

Теперь при построении нечеткого запроса на SQL-подобном языке: *select *from Ноутбук where Цена = «низкая» AND Частота процессора = «высокая»* получим следующий результат (рис. 3).

id	Модель	Частота процессора			ОП	HD	Цена			Экран
		$\mu_{ML}(x)$	$\mu_{CP_1}(x)$	$\mu_{BC}(x)$			$\mu_{DSh}(x)$	$\mu_{CP}(x)$	$\mu_{DP}(x)$	
2	1321	0	1	0.33	64	8	0.87	0	0	12
4	1298	0	0	0.66	64	10	0.33	0	0	15

Рис. 3. Результат нечеткого запроса

Заключение

Таким образом, был рассмотрен принцип построения нечетких запросов, а также показана их сравнительная эффективность с четкими. Основными преимуществами являются значительное расширение границ результатов поиска, сокращение времени неавтоматизированного перебора данных пользователем и упрощение работы с большими данными.

Библиографический список

1. Рыжов, А. П. Модели поиска информации в нечеткой среде / А. П. Рыжов. М.: МГУ, 2004. 96 с.
2. Шукшина, Н. С. Разработка нечетких запросов к реляционной базе данных системы онлайн-платежей / Н. С. Шукшина, Л. И. Воронова // Междунар. студ. науч. вестник. 2015. № 3–4.
3. Заде, Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде. М.: Мир, 1976. 165 с.

УДК 534.422

Н. В. Ланда, Д. А. Бойко

студенты кафедры высшей математики и механики

А. О. Смирнов

доктор физико-математических наук, доцент – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРИ АНАЛИЗЕ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕРФЕЙСА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Пользовательский интерфейс – это совокупность средств, при помощи которых пользователь общается с различными устройствами, чаще всего – с компьютером или бытовой техникой либо иным сложным инструментарием (системой). Именно поэтому пользовательский интерфейс является одним из важнейших элементов информационной системы – по нему складывается первое общее впечатление о ней.

Выделим основные проблемы, возникающие при разработке пользовательского интерфейса:

- отсутствие четко сформулированных требований к пользовательскому интерфейсу со стороны заказчика или в техническом задании, что приводит к его неоднократным переработкам;
- отсутствие понятной строгой структуры пользовательского интерфейса;
- изменение и развитие различных процессов, благодаря чему требуется адаптация пользовательского интерфейса, которую не всегда возможно реализовать.

Для решения перечисленных проблем необходимо обращаться к методологическим подходам. При проектировании и разработке пользовательского интерфейса выделяют следующие этапы:

- исследование, анализ и выявление общих требований к пользовательскому интерфейсу;
- определение сценариев использования пользовательского интерфейса;
- создание прототипа пользовательского интерфейса;
- реализация пользовательского интерфейса;
- тестирование и оценка качества, а также пригодности к использованию пользовательского интерфейса.

Данные этапы могут повторяться циклически – все зависит от выбранной модели жизненного цикла программного обеспечения.

Первые два этапа подразумевают продумывание структуры информационной системы, определение основных требований пользовательского интерфейса. Далее показываются основные аспекты функционирования системы, а также сценарии использования пользовательского интерфейса.

Разработка прототипа пользовательского интерфейса в совокупности с предыдущими двумя этапами позволяет проверить предлагаемые концепции пользовательского интерфейса и реализуемость требований. Кроме того, благодаря итерационному подходу имеется возможность обнаружить проблемы пользовательского интерфейса на тех или иных стадиях его создания еще до того, как они станут критическими. Для этого нужно проанализировать следующие моменты:

- учитывает ли пользовательский интерфейс все особенности ввода-вывода информации, используемых пользователем;
- позволяют ли выбранные интерактивные элементы организовать ввод и вывод информации, которые будет соответствовать требованиям к пользовательскому интерфейсу;
- оптимально ли размещена информация и управляющие элементы на экранных формах;
- используются ли средства навигации по информационной системе;
- учитываются ли при проектировании панелей меню и инструментов наиболее часто используемые и популярные паттерны;
- учитываются ли при создании форм для ввода данных использование различных механизмов для быстрого ввода, работа с введенной информацией, а также определение способов ввода данных.

При проектировании и реализации пользовательского интерфейса следует также учитывать особенности восприятия человеком информации, так как это влияет на взаимодействие пользователя с

информационной системой. Одна из особенностей человека заключается в том, что в любой момент времени он может фокусироваться только на одном предмете – это может быть объект реального мира или какой-то мыслительный процесс. Предмет, на котором сосредоточено внимание человека, называется локусом его внимания. Далее представлены некоторые особенности нашего восприятия, связанные с локусом внимания.

1. При переключении внимания с одного предмета на другой – например, с чтения постов на стене друга на приходящие уведомления о новых сообщениях, эффективность работы снижается. Это связано с тем, что при смене локуса теряется и связанная с ним информация, которая содержится в кратковременной памяти. Соответственно, при возвращении к прежнему локусу необходимо каким-то образом восстанавливать эту информацию.

2. При пристальном сосредоточении внимания все события вне нашего внимания могут игнорироваться умышленно или оставаться незамеченными вовсе. Отсюда вытекают следующие моменты:

- если необходимо несколько проверок, то проверять нужно до первой возникшей ошибки;
- если сообщение об ошибке имеет большое значение, то нужно предусмотреть запись информации об ошибке в специальный файл – лог;
- чем более критической является задача, тем меньше вероятность того, что пользователь заметит предупреждения относительно тех или иных потенциально опасных действий.

При совершении часто повторяющихся действий человек перестает уделять внимание их выполнению, т. е. у него формируются привычки. Привычка позволяет человеку быстрее выполнять стандартные, уже ставшие рутинными операции. Пользовательский интерфейс следует разрабатывать так, чтобы у пользователя развивались такие привычки, которые позволяют упростить ход его работы. Следовательно, не стоит кардинально изменять размещение пунктов меню интерфейса, порядок выполнения тех или иных функций в обновлениях системы, если на это нет веских причин.

Кроме того, стоит учитывать, что привычные действия пользователя могут также принести вред. Типичный пример – подтверждение выполнения команды в диалоговом окне. Если при выполнении стандартных операций все время появляется диалоговое окно, то у пользователя выработается привычка не вчитываться в текст сообщения окна, а сразу нажимать определенную, обычно выделенную кнопку. В результате возникнет ситуация, когда пользователь, не задумываясь, подтвердит команду, и это приведет к негативным последствиям, поэтому следует разрабатывать несколько вариантов решения задачи пользователя или предлагать обратимость совершенного действия – тогда локус внимания пользователя смещается с самой задачи на выбор варианта.

При разработке пользовательского интерфейса очень важно понимать, что хорошим пользовательским интерфейсом считается:

- удобный, простой в использовании и «чистый»;
- эргономичный;
- отвечающим современным тенденциям развития интерфейсов;
- интуитивно понятный.

Однако такие критерии не определены строго, их очень тяжело рассматривать при разработке интерфейса. Рассмотрим некоторые концепции качества пользовательского интерфейса, которые позволят получить более строгие критерии оценки пользовательского интерфейса.

Любой интерфейс имеет эргономические показатели качества, потому исследователи постарались собрать их все и систематизировать. Таких систем показателей можно найти достаточно много. Наиболее распространенной является система показателей Шнейдермана, которая включает:

- скорость работы пользователя;
- количество человеческих ошибок;
- субъективную удовлетворенность;
- скорость обучения навыкам работы с интерфейсом;
- степень сохраняемости этих навыков при неиспользовании продукта.

Часть этих показателей точны и строго определены. Они позволяют четко сформулировать доработки пользовательского интерфейса, например, избавиться от ряда допускаемых человеческих ошибок или провести оптимизацию по скорости работы пользователя – эти два критерия используют

чаще всего. Однако это не значит, что стоит выбирать именно эти два показателя – все зависит от конкретного случая.

Следующей концепцией качества интерфейса как по сложности, так и по времени своего появления является дизайн, ориентированный на пользователей. Суть концепции проста – если хорошо изучить потенциальных пользователей, а затем оптимизировать интерфейс под них, то такой пользовательский интерфейс будет отличным. Отсюда следует вывод, что отношение пользователей к интерфейсу является главным показателем качества интерфейса.

К сожалению, немногие проекты могут позволить себе достаточно дорогие исследования особенностей пользователей. Кроме того, невозможно оптимизировать интерфейс абсолютно для всех людей, пользующихся им, – каждый человек индивидуален. Поэтому исследователи, занимающиеся вопросами качества пользовательского интерфейса, предложили другую концепцию – дизайн, ориентированный на задачи пользователей. Согласно этой концепции интерфейс является отличным, если в нем эффективно выполняются задачи пользователей. При разработке пользовательского интерфейса по этой концепции необходимо выбрать наиболее эффективное решение задачи и обеспечить ее выполнение с помощью пользовательского интерфейса.

Нетрудно заметить, что дизайн, ориентированный на задачи пользователей, включает в дизайн, ориентированный на пользователей.

Дополнительные достоинства данной концепции:

- эффект от пользовательского интерфейса может быть оценен экономически – если пользователь с помощью нового пользовательского интерфейса стал работать быстрее, то повысилась его производительность труда;
- разработку пользовательского интерфейса легче планировать, поскольку число задач пользователей конечно и более предсказуемо.

Но у этой концепции есть и заметный недостаток: такой пользовательский интерфейс не позволяет определить, какое именно число решаемых системой задач будет необходимым и достаточным, что существенно усложняет проект.

Недостатки предыдущей концепции позволяет решить дизайн, ориентированный на цели пользователей. Согласно этой концепции пользователи совершают определенные действия для достижения своих целей. Задача разработчиков – проанализировать цели пользователей, т. е. конечные результаты их деятельности. Это поможет понять, как реализовывать задачи пользователя в пользовательском интерфейсе. Для этого следует составить список мотивов целевых пользователей и сравнить их со списком задач. Анализ поможет лучше оценить адекватность и полноту списка задач, а также упорядочить их по значимости. Дизайн, ориентированный на цели пользователей, позволяет на основе системного подхода создавать пользовательский интерфейс, удовлетворяющий пользователей.

Рассмотренные подходы обладают общим недостатком – они уделяют внимание только одному аспекту интерфейса. При описании более общего подхода к качеству пользовательского интерфейса используют термин «юзабилити» – степень эффективности, трудоемкости и удовлетворенности, с которыми продукт может быть использован определенными пользователями при определенном контексте использования для достижения определенных целей и (или) мотивов.

Важным в данном подходе является акцент на среде, т. е. определенном контексте использования пользовательского интерфейса. Очевидно, что среда, в которой пользователи взаимодействуют с системой, может значительно влиять на интерфейсное решение.

В процессе разработки пользовательского интерфейса необходимо периодически в определенной последовательности отвечать на вопросы, заранее сформулированные на основе рассмотренных концепций.

Первая группа вопросов:

1. Есть ли возможность ускорить и упростить взаимодействие пользователя с этим интерфейсом?
2. Можно ли в интерфейсе найти места, где пользователь может совершить ошибку?
3. Если такие места имеются, то постараться их изменить.
4. Проанализировать возможность обучения навыкам оперирования интерфейсом – может ли пользователь получить эту информацию из интерфейса?

Эти три вопроса необходимо задавать себе по очереди. Если ответы показывают, что интерфейс нужно изменять, то после модернизации нужно задать эти вопросы снова. Если на все три вопроса удалось дать отрицательный ответ, то переходим к следующей группе вопросов:

1. Оптимизирован ли интерфейс с точки зрения информации о пользователях?
2. Удовлетворяет ли разработанный интерфейс известные цели пользователя?
3. Совместим ли этот интерфейс со средой, в которой работают пользователи?
4. Эффективно ли разработанный интерфейс решает задачи пользователей?

Такой алгоритм действий позволит разработать эффективный пользовательский интерфейс.

После разработки интерфейса необходимо оценить удобство его использования. Для этого существует целый ряд подходов. Чтобы выявить проблемы в разработанном интерфейсе, не нужно ждать его внедрения и тестирования. На разных этапах можно применить разные методики оценки.

Юзабилити-контроль – оценка качества программного обеспечения по характеристикам юзабилити. При эвристическом контроле требуется некоторое количество экспертов, которые оценивают интерфейс по некоторому набору критериев. Такой контроль позволяет найти проблемы, с которыми, вероятнее всего, может столкнуться пользователь. Недостаток этой методики – достаточно большие затраты на привлечение большого количества экспертов.

Также до завершения разработки можно оценивать, насколько интерфейс удовлетворяет целям пользователей. Для этого периодически необходимо отвечать на два вопроса:

1. Знает ли пользователь, что делать дальше, на следующем этапе?
2. Если знает, то приближается ли он к решению поставленной себе задачи?

На более поздних этапах разработки уместно применять тестирование на эргономику интерфейса (или юзабилити-тестирование) – это измерение качества разработанной информационной системы по характеристикам юзабилити. Все методы можно разбить на две большие группы: методы непосредственно тестирования интерфейса группой пользователей и методы без тестирования, основанные на формальных расчетах.

Все эти методы одинаково применимы как для оценки интерфейса традиционных информационных систем, так и веб-приложений. Выбор группы методов зависит в основном от того, насколько осуществимо непосредственное тестирование на той или иной стадии выполнения проекта, а также от количества материальных и временных ресурсов, выделенных на тестирование.

Библиографический список

1. *Раскин, Дж.* Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем / Дж. Раскин. М.: Символ-Плюс, 2005. 160 с.
2. Алан Купер об интерфейсе. Основы проектирования взаимодействия. СПб.: Символ-Плюс, 2009. 688 с.
3. *Торес, Р. Дж.* Практическое руководство по проектированию и разработке пользовательского интерфейса / Р. Дж. Торес. М.: Вильямс, 2002. 400 с.
4. *Андрейчиков, А. В.* Интеллектуальные информационные системы / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. М.: Финансы и статистика, 2004. 422 с.

УДК 517.9

Я. Ю. Шуманова

студент кафедры высшей математики и механики

А. О. Смирнов

доктор физико-математических наук, профессор – научный руководитель

**СУЩЕСТВОВАНИЕ И ГЛАДКОСТЬ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ – СТОКСА
ПРИ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА, СТРЕМЯЩИХСЯ К БЕСКОНЕЧНОСТИ. АТТРАКТОР ЛОРЕНЦА**

Эдвард Лоренц: «Даже в хаосе есть порядок». Вся гидродинамика при помощи нескольких лаконичных членов макроскопически описывается уравнением Навье – Стокса. Оно показывает, каким будет давление, плотность и скорость жидкости или газа в каждой точке пространства в каждый момент времени в зависимости от начальных и граничных условий и параметров среды. Вместе с уравнением неразрывности, которое свидетельствует о крайне слабой сжимаемости жидкости, эти два уравнения образуют систему уравнений Навье – Стокса. Однако эти уравнения представляют собой нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных, методы решения которых в общей форме еще не до конца изучены. В частности, решения уравнений Навье – Стокса часто включают в себя турбулентность, которая остается одной из важнейших нерешенных проблем в физике, несмотря на ее огромную важность для науки и техники. Существование и гладкость решений уравнений Навье – Стокса – одна из семи математических задач тысячелетия, сформулированных в 2000 г. Математическим институтом Клэя.

Получить данное уравнение мы можем различными путями, например, мысленно выделяем в жидкости некий малый объем и следим за его движением. Ускорение, действующее на данный объем жидкости, определяется силами, действующими на данный объем (например, давление со всех сторон). С другой стороны, ускорение можно выразить через разницу скоростей за счет изменения координаты во времени. Если теперь подставить эти величины во второй закон Ньютона $F = ma$, то после несложных преобразований мы получим уравнение Навье – Стокса:

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \nabla \mathbf{v} \right) = \nabla P + \rho \mathbf{g} + \mu \nabla^2 \mathbf{v}$$

и уравнение неразрывности: $\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$, где

- ρ – плотность жидкости;
- dV/dt – изменение скорости по времени;
- $\mathbf{v} \nabla \mathbf{v}$ – скорость и направление движения;
- ∇P – изменение внутреннего давления;
- $\rho \mathbf{g}$ – влияние внешних сил (к примеру, гравитации);
- $\mu \nabla^2 \mathbf{v}$ – влияние внутренних сил (вязкость).
- ∇ – оператор набла.

Произведение массы на ускорение приравнивается к силам, действующим на жидкость. То, что написано в скобках, не что иное, как субстанциональная производная (также ее называют полной). Она показывает, как изменяется ускорение материальной точки, которая движется в стационарной среде жидкости и в сплошной среде.

Уравнения Навье – Стокса, названные в честь физиков Клода-Луи Навье и Джорджа Габриэля Стокса, представляют собой систему дифференциальных уравнений, связывающих изменения скорости, давления и вязкость жидкости.

Любое гидродинамическое движение жидкости или газа существует двух типов: ламинарное (слоистое, от англ. *lamina* – пластина) и турбулентное (позади тела образуются завихрения, от лат. *turbulentus* – бурный). Для каждого вида течения существует критическое число Рейнольдса $Re_{кр}$, которое определяет переход от ламинарного течения к турбулентному.

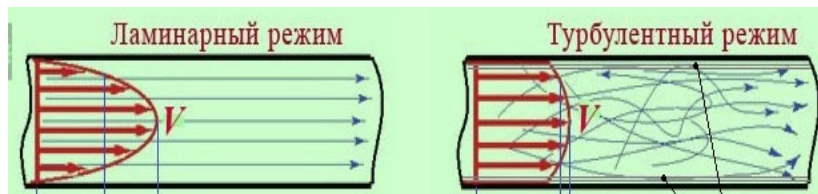


Рис. 1. Режим движения жидкости и газа

Турбулентность грандиозна, красива и потенциально опасна. Она возникает в жидкостях, например в бьющихся волнах и бурных реках, а также в газах, например в воздушных потоках вокруг машины или самолета. Природа подарила нам множество примеров титанического масштаба, позволяя наблюдать ее на облаках, обтекающих горы или острова в океане. Явления иногда настолько масштабны, что их видно из космоса.

Наш мир устроен таким образом, что большинство течений, интересных с практической точки зрения, являются турбулентными. Турбулентность невероятно трудно поддается описанию, что связано с самой ее природой. Если измерять скорость и определять направление течения воды в турбулентном потоке, то можно получить совершенно разные значения в точках, расположенных очень близко друг к другу.

При числах Рейнольдса, стремящихся к бесконечности, исследуемая система образует сложную для описания среду, в которой каждый параметр ведет себя, на первый взгляд, непредсказуемо. Стало быть, справедливо существование некоторого математического аппарата, называемого теорией хаоса, – раздела математики, изучающего поведение детерминированных динамических систем, где решения имеют достаточно сложную структуру, поэтому кажется, что во времени они ведут себя случайным образом. Хаос случается в нелинейных динамических системах. Иначе говоря, любой процесс, который протекает со временем, может быть хаотичным.

Однако с математической точки зрения, хаос и порядок – понятия не взаимоисключающие. Теория хаоса гласит, что сложные системы чрезвычайно зависимы от первоначальных условий, и небольшие изменения в окружающей среде могут привести к непредсказуемым последствиям. Это доказал еще метеоролог и математик Эдвард Лоренц, основоположник теории хаоса, который работал над компьютерной программой, моделирующей поведение воздушных масс в атмосфере Земли в 60-х гг. прошлого века.

Однажды Лоренц с целью ускорения вычислений ввел в программу данные, полученные в результате прошлого вычисления, которые были распечатаны на бумаге. Однако через какой-то промежуток времени новые результаты стали отклоняться от уже полученных, формируя абсолютно другую картину действительности. Оказалось, что Лоренц вводил округленные значения, приготовленные для печати, поэтому погрешность грубо игнорировалась. Малейшее изменение входных данных приводило к другим результатам с течением времени. Именно эта зависимость от начальных условий и была названа хаосом.

Впоследствии Лоренц обозначил так называемую черту хаоса, в простонародье известную как «эффект бабочки». Приобретается новое качество в движении динамической системы даже при малом изменении ее параметров. Это явление хаоса называется бифуркацией. Бифуркация (от лат. *bifurcus* – раздвоенный) – это критическое состояние системы, при котором она становится неустойчивой относительно флуктуаций и возникает неопределенность: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности.

Поэтому уравнение Навье – Стокса может иметь несколько решений, это было доказано еще в прошлом веке. И если оно действительно существует, мы все равно не знаем, имеет ли оно какие-либо особенности, например разрывы, уход на бесконечность, что не соответствует нашим понятиям о том, как должна вести себя жидкость. Уравнение должно иметь решение, поскольку состояние полного хаоса не в математическом смысле этого слова невозможно и существует множество различных математических доказательств существования упорядоченной подсистемы в любой беспорядочной системе.

Например, в 1928 г. Фрэнк Пламpton Рамсей доказал, что упорядоченные конфигурации неизбежно присутствуют в любой большой структуре, если речь идет о достаточно большом количестве

элементов, то всегда можно найти группу, которая с очень большой точностью образует какую-нибудь заданную конфигурацию. Фактически теория Рамсея утверждает, что любая структура обязательно содержит упорядоченную подструктуру.

Впоследствии Лоренц продолжил изучение случайно обнаруженного явления, и дальнейшие открытия внесли колоссальный вклад в науку, в частности, в теорию дифференциальных уравнений. Динамическая система, как правило, описывается одним или более дифференциальным или разностным уравнением. Уравнения данной динамической системы указывают свое поведение в отношении любого заданного короткого периода времени. Чтобы определить поведение системы в течение более длительного периода, необходимо интегрировать уравнения либо через аналитические средства, либо посредством итерации, часто с помощью компьютеров.

Модель атмосферы Лоренца свелась к трем числам (x ; y ; z), а ее изменение описывалось лишь одним небольшим уравнением, впоследствии названным уравнением водоворота. Каждая точка в трехмерном пространстве означает состояние атмосферы, а ее изменение – это движение вдоль векторного поля. (Например, первая координата – время, вторая – скорость ветра, третья – влажность. Тогда траектория векторного поля – это изменение погоды, прогнозисту нужно лишь решить соответствующее дифференциальное уравнение.) Мы запускаем точки (не обязательно близкие друг к другу) в это пространство, и с течением времени траектория их движения образует удивительный объект, названный аттрактором (т. е. «притягивающее множество»).

Уравнения для этой системы также, казалось, показывали общую случайность поведения. Как бы то ни было, когда был построен график, Лоренц сделал еще одно научное открытие. Выходные параметры всегда оставались на кривой, образуя двойную спираль. До этого было известно только два типа порядка: постоянное состояние, в котором переменные никогда не меняются, и периодичное состояние, в котором система циклична и неопределенно повторяется. Уравнения Лоренца были определенно упорядочены – они всегда следовали по спирали. Они никогда не останавливались на одной точке, но никогда не повторяли то же состояние, т. е. не были периодичными. Математик назвал полученные уравнения аттрактором Лоренца

В 1963 г. в своей работе «Детерминированное непериодическое течение. Странные аттракторы» Лоренц впервые получил из системы уравнений Навье – Стокса нелинейную автономную систему обыкновенных дифференциальных уравнений третьего порядка (динамическая система), описывающую движение воздушных потоков в плоском слое жидкости постоянной толщины при разложении скорости течения и температуры в двойные ряды Фурье с последующим усечением до первых-вторых гармоник.

Рассмотрим эту систему трех связанных дифференциальных уравнений, задающих поток в трехмерном пространстве:

$$\begin{cases} \frac{\partial x}{\partial t} = \sigma y - \sigma x \\ \frac{\partial x}{\partial t} = -xz + rx - y \\ \frac{\partial z}{\partial t} = xy - bz \end{cases}$$

где $\sqrt{\sigma}$ и b – некоторые положительные числа, параметры системы. Обычно исследования системы Лоренца проводят при $\sqrt{\sigma} = 10$, $r = 28$ и $b = 8/3$ (классические значения параметров).

Дивергенция этого потока – постоянная отрицательная величина, так что любой объем уменьшается экспоненциально по времени. Более того, существует ограниченная область R , куда рано или поздно попадает каждая траектория. Для любого решения системы Лоренца существует такой момент времени, когда соответствующая фазовая траектория навсегда погружается в сферу фиксированного радиуса. Поэтому существует предельное множество меры нуль – аттрактор Лоренца, к которому притягиваются все траектории динамической системы.

Из-за отсутствия точных методов решения нелинейных динамических систем общего вида для анализа структуры аттрактора часто применяют численные методы. Используя среду разработки

MatLab, решим систему дифференциальных уравнений Лоренца методом Эйлера и построим 3D-конфигурацию траектории во времени. Результаты работы представлены далее.

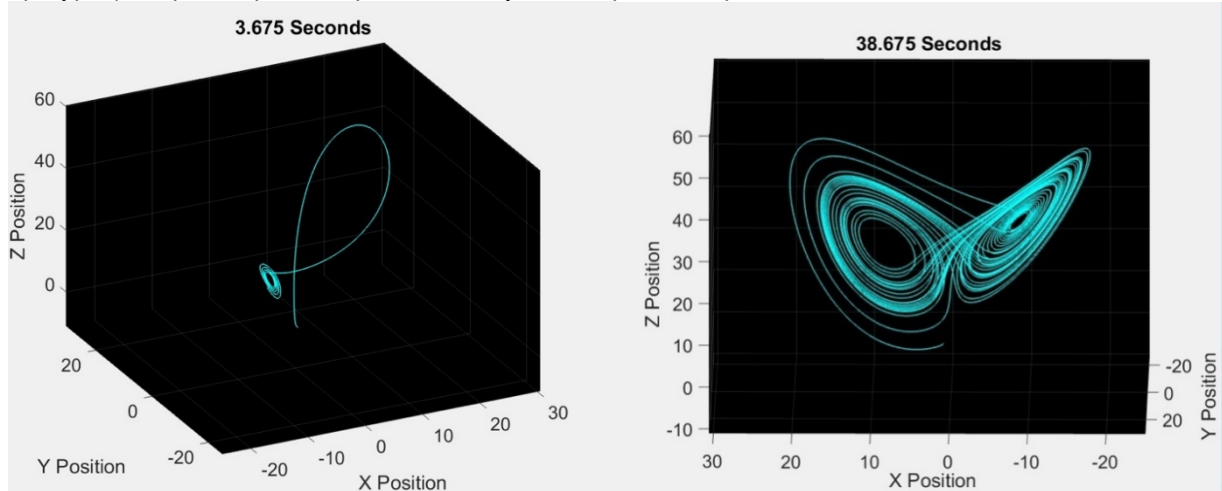


Рис. 2. Параметрический вид траектории системы в трехмерном фазовом пространстве аттрактора Лоренца при $t_1 = 3,675$ с и $t_2 = 38,675$ с. Результаты работы программы

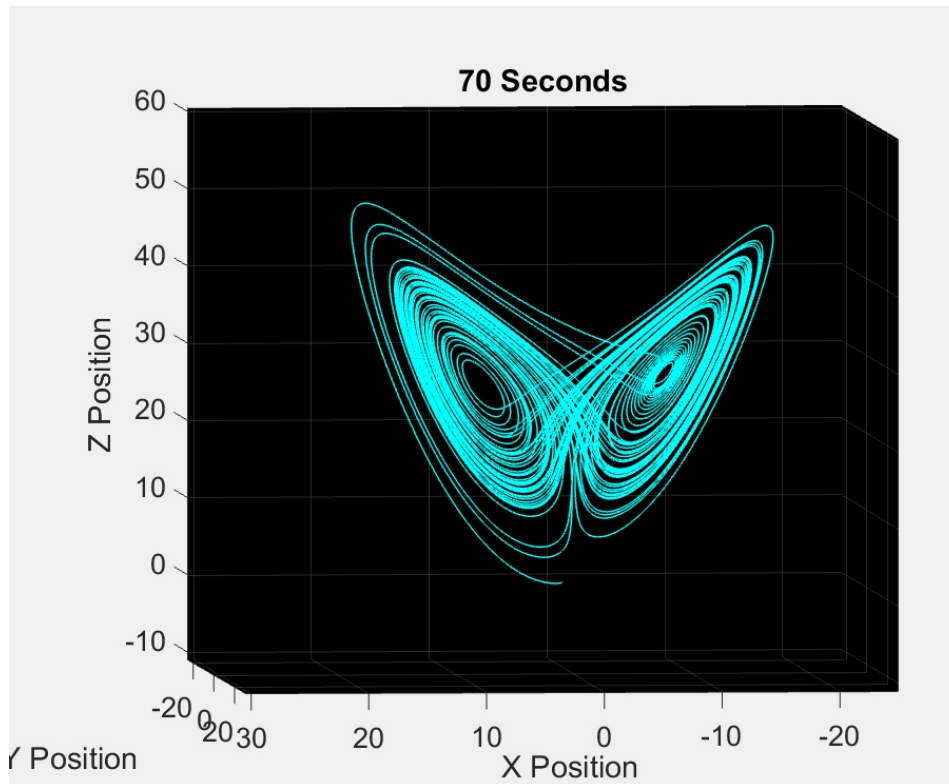


Рис. 3. Аттрактор Лоренца. Результаты работы программы

В качественной теории дифференциальных уравнений появилось новое направление, связанное с понятием «странного аттрактора» (странным его назвали потому, что он демонстрирует хаотическое поведение детерминированной системы), и возникли реальные надежды на то, что явления типа возникновения турбулентности могут быть объяснены с помощью его концепции.

Турбулентность возникает из бесконечной последовательности бифуркаций периодических траекторий, состоящих в появлении периодических траекторий удвоенного периода. Кроме того, последовательность бифуркаций типа удвоения периода приводит к представлению о странном аттракторе как о предельном объекте, получающемся из все более сложных периодических траекторий. Странные аттракторы появляются при изменении параметров систем обыкновенных дифференциаль-

ных уравнений с нелинейной частью весьма простого вида. Такие системы встречаются во многих областях жизни, например, в нелинейной оптике, физике плазмы, в задачах биологии и экологии и т. д., т. е. не только в математике и в математической физике. Таким образом, с помощью странных аттракторов удастся решить множество задач, объяснить много реальных явлений и фактов.

Для полных уравнений Навье – Стокса мы не только не знаем ни одного турбулентного решения, нам не известно даже, существует ли такое вообще. Однако модель Лоренца, хоть она и максимально упрощена, может помочь в понимании того, что происходит в более сложной ситуации исходных уравнений Навье – Стокса. Согласно предложенной Рюэлем и Такенсом картине турбулентности, движение жидкости само по себе стохастично, и наблюдаемое при $Re = 0$ течение (решение уравнений Навье – Стокса) с увеличением числа Рейнольдса в результате бифуркаций становится все более сложным и в конце концов притягивается к странному аттрактору.

В своей статье «Попытки установить соотношение между уравнениями Навье – Стокса и турбулентностью» Джерри Марсден, опираясь на величайшие труды Йорке, Гукенхаймера и Ландфорда, рассмотрел три основные теории возникновения и описания турбулентности, а также рассмотрел поведение динамической системы Лоренца, происходящее при изменении числа Рэлея: когда жидкость становится неустойчивой и возникают конвективные потоки, т. е. процесс возникновения бифуркации с последующим «притягиванием» такой системы к аттрактору Лоренца.

Конечно, этот факт накладывает множество примечаний, которые необходимо обосновать, обозначить и ограничить, необходимо работать с множеством доказательств и теорем, чтобы в конечном счете приблизить реальную турбулентность к фазовому пространству аттрактора. В настоящее время ученым удалось достичь невероятных успехов в изучении аттракторов, однако вопрос все равно остается открытым. Таким образом, вместо описания будущего для заданных начальных условий нужно пытаться описать аттрактор. Это возрождает нашу свободу личности, а ньютоновский равнодушный детерменизм ведет своего рода к фатализму. Однако как бы мы ни были малы, мы все равно можем влиять на мир. Именно это следует из математической теории хаоса.

Библиографический список

1. *Синай, Я. Г.* Странные аттракторы / Я. Г. Синай, Л. П. Шильников. М.: Мир, 1981. 256 с.
2. *Пчелинцев, А. Н.* Критический взгляд на аттрактор Лоренца / А. Н. Пчелинцев. 2013. URL: <https://habr.com/ru/post/203926> (дата обращения: 18.10.2019).
3. Немного о хаосе и о том, как его сотворить. URL: <https://habr.com/ru/post/153691/> (дата обращения: 18.10.2019).
4. Кратко о гидродинамике: уравнения движения. URL: <https://habr.com/ru/post/171327/> (дата обращения: 11.10.2019).

УДК 629.5.03

А. Н. Алексеевастудент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**Р. Н. Целмс**

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Методы и средства оценки технического состояния механизмов и энергетического оборудования в процессе мониторинга развивались поэтапно. На первом этапе использовались средства контроля различных параметров, затем мониторинга технического состояния, а впоследствии применялись системы диагностики и прогноза технического состояния энерготехники. Внедрение каждого последующего вида систем мониторинга технического состояния энерготехники определяет перспективу перехода на обслуживание механизмов и оборудования по фактическому состоянию.

Контроль технического состояния роторного оборудования позволяет получать информацию о величинах параметров и зонах их допустимого отклонения. При мониторинге же появляется дополнительная информация о тенденциях изменения параметров во времени, которая может использоваться в том числе и для прогноза технического состояния. Еще больший объем информации дает диагностирование, а именно идентификация места, вида и величины дефекта. Наиболее сложной задачей является прогноз развития дефекта, а не изменения контролируемых параметров, решение которой позволяет определить остаточный ресурс энергетического оборудования.

Современные экспертные системы мониторинга и диагностики машин и энергетического оборудования строятся на базе неразрушающих методов контроля и диагностирования.

Используемые в экспертных системах мониторинга и диагностики технического состояния энергетического оборудования методы диагностирования можно разделить на две основные группы.

К первой относятся *методы тестовой диагностики*, требующие формирования искусственных возмущений, воздействующих на объект диагностики. Подобные методы строятся на базе достаточно простых информационных технологий и широко используются для диагностирования различных узлов оборудования на этапе его изготовления, а также механизмов в неработающем состоянии.

Вторая группа включает в себя *методы функциональной (рабочей) диагностики*, используемые в первую очередь для механизмов, являющихся источником естественных возмущений в процессе их работы. Эти методы ориентированы прежде всего на анализ процессов формирования возмущений.

Простейшим из основных методов функциональной диагностики является *энергетическая технология*, основанная на измерении мощности или амплитуды контролируемого сигнала. В качестве диагностического сигнала может использоваться изменение температуры, давления, а также шума, вибрации и многих других физических параметров. Энергетическая технология строится на измерении величин сигналов в контрольных точках и сравнении их с пороговыми значениями.

Развитием энергетической технологии является информационная *частотная технология*, предполагающая выделение из измеряемого сигнала составляющих в определенных частотных диапазонах и дальнейший энергетический анализ выделенных составляющих. Технология частотного анализа используется не только для контроля и диагностики механизмов, но и для их аварийной защиты.

Информационная *фазовременная технология* основана на сравнении формы сигналов, измеренных через фиксированные интервалы времени. Эта технология успешно используется для контроля состояния оборудования возвратно-поступательного действия с несколькими одинаковыми узлами (цилиндрами и поршнями), нагружаемыми последовательно через одинаковые интервалы времени.

Сравнение формы сигналов с эталонной можно осуществлять с помощью еще одной технологии – информационной *спектральной технологии*, основанной на узкополосном спектральном анализе сигналов. При использовании такого вида анализа сигналов диагностическая информация содержится в соотношении амплитуд и начальных фаз основной составляющей и каждой из кратных ей по частоте составляющих. Такая технология применяется для анализа сигналов с датчиков давления, вибрации, шума, а также датчиков тока и напряжения в электрических машинах и аппаратах.

Библиографический список

1. Вибродиагностика / Розенберг Г. Ш. [и др.]. СПб.: ПЭИПК, 2003. 284 с.
2. Скориантов, Н. Н. Аспекты создания системы метрологического обеспечения измерительных систем при оценке технического состояния оборудования энергетических установок / Н. Н. Скориантов, Р. В. Гетьман // Мат. Межотр. науч.-практич. конф. «Военное кораблестроение – 2012». СПб., 2012. 190 с.
3. Скориантов, Н. Н. Метрологическое обеспечение систем вибрационного мониторинга измерительной техники / Н. Н. Скориантов, Т. П. Мишура, В. О. Парфенова // Морские интеллектуальные технологии. 2014. Т. 1. № 3 (25). С. 78–82.

УДК 681124.41

Д. В. Бахвалов, А. О. Кисляк

студенты кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности

К. В. Епифанцев

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРОЕКТИРОВАНИЕ SCADA-СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРУБОПРОВОДА В СРЕДЕ LABVIEW

В настоящее время системы дистанционной оценки параметров оборудования на основе SCADA-систем предназначены для своевременного обнаружения отклонения машин от заданных параметров. На примере технологических цепочек оборудования, работающего автономно, реализуется данный процесс. Данная методика информатизации измерений является как средством экономии ввиду безлюдной технологии оценки, так и средством увеличения скорости реакции на поломку или аварийное состояние оборудования. В статье рассматривается вопрос создания системы уровнемеров и контролирующих температуру устройств на примере удаленно работающей насосной станции.

SCADA-система – это инструментальная программа, обеспечивающая создание программного обеспечения для автоматизации контроля и управления технологическим процессом в режиме реального времени. Основные задачи SCADA-системы:

- сбор данных от датчиков и представление их оператору в удобном для него виде, включая графики изменения параметров во времени;
- дистанционное управление исполнительными механизмами;
- ввод заданий алгоритмам автоматического управления.

Мониторинг и управление, собственно, то, для чего и устанавливается система управления. Архивы параметров, сообщений и отчеты необходимы для оценки и анализа ведения технологического процесса, действий оператора и т. д. Также для них важен один из базовых инструментов SCADA – разграничение прав доступа к управлению по уровням (оператор, технолог, инженер АСУТП).

В связи с тенденцией к интеграции систем управления технологическими процессами и систем управления предприятием все чаще возникает необходимость использования SCADA в качестве источника данных для вышестоящих систем. Некоторые SCADA могут выступать и как сервер консолидации всех технологических данных, и как сервер генерации отчетов на базе этих данных.

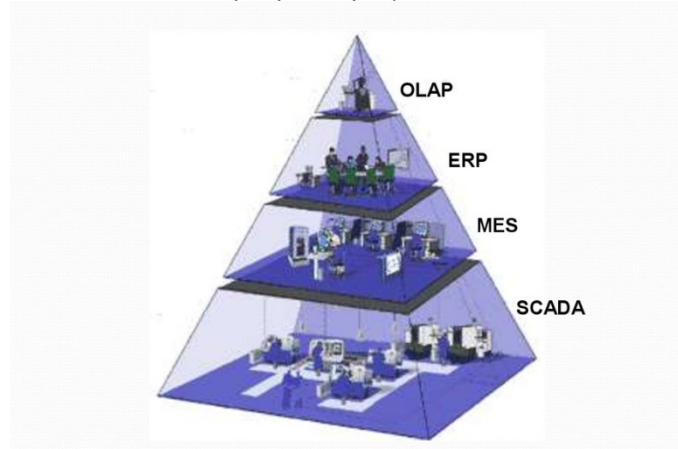


Рис. 1. Пирамида информатизации измерений

Системы технологической автоматизации обычно разделены на три уровня: нижний, средний и верхний. Выше них находится уровень управления производством в целом. Нижний уровень – это сами датчики и исполнительные механизмы. Средний уровень – контроллеры. На среднем уровне происходит:

- прием входных данных;
- первичная обработка данных;
- автоматическое формирование и выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы;

– обмен информацией с верхним уровнем.

Верхний уровень – это и есть уровень SCADA. На этом уровне происходит:

- сбор, обработка и хранение информации, полученной на среднем уровне;
- визуализация текущей и архивной информации в удобном оператору виде (мнемосхемы, графики, тренды, журналы сообщений);
- ввод команд оператора;
- формирование отчетности о результатах технологического процесса;
- обмен информацией с верхним уровнем.

Разберем процесс построения SCADA-системы в виде контроллера температуры, скорости и уровня жидкости в резервуаре.

Итак, открываем среду программирования (File>>NewVI).

Открывается блок-диаграммы (справа), где строится логика самой программы, и (слева) блок интерфейса.

Продолжаем работу в блоке интерфейса. Нажимая ПКМ, вызываем меню Controls:

Выбираем нужные элементы в разделе Numeric (рис. 2).

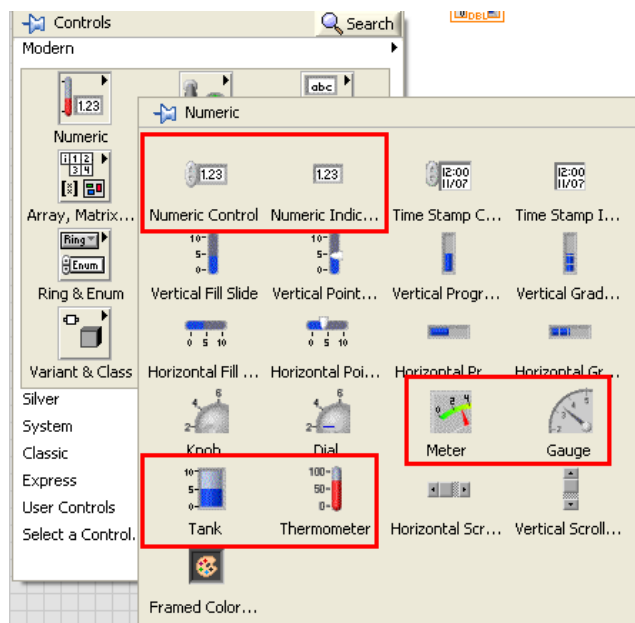


Рис. 2. Скриншот выбора инструментов SCADA

Систематизируем SCADA-панель для мониторинга состояния на объекте.

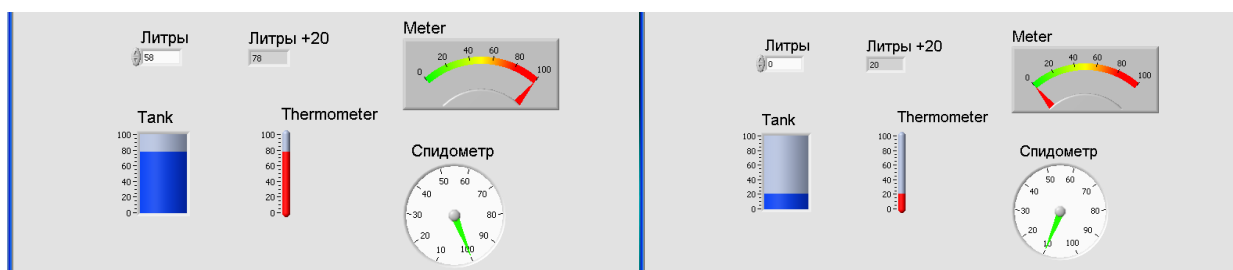


Рис. 3. Скриншот блок-диаграммы разработанного SCADA-монитора

Применение SCADA-систем в теплоэнергетике позволяет сократить время, трудозатраты и стоимость внедрения системы управления, а также повышает ее надежность и упрощает обслуживание за счет удобства методики разработки, отсутствия необходимости настройки сети или выделения отдельного сервера для запуска распределенной системы, простого и понятного русскоязычного интерфейса, подробного справочного материала, набора учебных проектов и обучающих курсов, запоминания всех индивидуальных настроек, всплывающих подсказок, контроля допустимости вводимой информации.

Библиографический список

1. Федосов, В. П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В. П. Федосов. М.: ДМК Пресс, 2013.
2. Лупов, С. Ю. LabVIEW в примерах и задачах / С. Ю. Лупов, С. И. Муякшин, В. В. Шарков. Нижний Новгород, 2007. 101 с.
3. Definition of: SCADA. URL: <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/50832/scada> (дата обращения: 19.09.2019).
4. Master SCADA. URL: <http://kipasu.net/know/program/47-masterscada.html> (дата обращения: 19.09.2019).
5. Интеллектуальные системы автоматизации технологии. URL: <http://www.insat.ru/products/?category=214> (дата обращения: 19.09.2019).
6. Управление технологическими системами. URL: <http://web.archive.org/web/20020408120945/http://kiryushin.boom.ru/uts/start.htm> (дата обращения: 19.09.2019).

УДК 681124.41

А. Ю. Данченкостудент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**В. Ш. Сулаберидзе**

доктор технических наук, старший научный сотрудник – научный руководитель

ИЗМЕРЕНИЕ МОДУЛЯ ЮНГА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОЛИУРЕТАНОВЫМ СВЯЗУЮЩИМ

Приведены результаты испытаний образцов композиционных материалов на основе полиуретана и мелкодисперсных порошковых наполнителей на сжатие. Определены значения коэффициентов упругости и модуля Юнга для образцов с массовым содержанием наполнителя до 70%. Испытания проводились на стенде МЕГЕОН-03000.

В настоящее время выпускается большое количество композиционных материалов, для описания свойств которых требуются исследования характеристики упругости.

Полимерные материалы – важный класс современных материалов, которые широко используются во всех технических отраслях и имеют возможность регулирования состава и свойств. Основными преимуществами таких материалов является низкая стоимость, высокая производительность, эластичность, прочность, минимальная энергоемкость, экологичность, а также высокие диэлектрические свойства [1].

Полимерные композиционные материалы применяют при производстве деталей для техники, транспортных средств, бытовых приборов, также в строительстве и медицине.

Целью данной работы является определение модуля упругости материалов с полиуретановым связующим для выявления пригодности их использования при изготовлении различных изделий.

Полиуретан – полимер, получаемый при взаимодействии органического ди- или полиизоцианата и соединений, содержащих две и более гидроксильных группы [2]. На его основе изготавливается множество вещей из повседневной жизни. Чтобы убедиться, насколько прочен данный материал, проводятся испытания образцов композиционных материалов с полиуретановым связующим. Также полиуретан после растяжения возвращается в свое исходное состояние.

Полимерный материал имеет очень широкую и многообразную сферу применения. Его используют в различных формах, как правило, это листовый материал, жидкий или в виде пенополиуретана.

Чтобы композиционный материал стал более упругим, в него добавляют различные мелкодисперсные порошковые наполнители. Испытания проводились над материалами, в которых присутствовали наполнители: $Al(OH)_3$, прокаль, кварц, кристобалит.

Все испытания были проведены на специальном оборудовании – испытательном стенде МЕГЕОН-03000, который представлен на рис. 1.



Рис. 1. Испытательный стенд МЕГЕОН-03000

Максимальная нагрузка – 100 кг (1000 Н). Погрешность измерений не превышает 0,5%. Прибор может осуществлять различные типы нагружений, такие как растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг. Рабочая температура при испытаниях 5–35 °С. Допустимая температура –10...+60 °С. Относительная влажность 15–80% [3].

Коэффициент упругости (Гука), выраженный в ньютонах на миллиметр, находится по формуле:

$$k = \Delta F / \Delta \delta, \quad (1)$$

где ΔF – изменение силы, с которой происходит сжатие образца, Н; $\Delta \delta$ – изменение толщины образца при сжатии, мм.

Модуль Юнга E , выраженный в мегапаскалях, вычисляется по формуле:

$$E = (\Delta F \cdot H_0) / (S_0 \cdot \Delta \delta), \quad (2)$$

где ΔF – изменение силы, с которой происходит сжатие образца, Н; S_0 – площадь поперечного сечения, мм²; H_0 – высота образца, мм; $\Delta \delta$ – толщина образца, мм.

Площадь поперечного сечения рассчитывается по формуле:

$$S_0 = (\pi \cdot D^2) / 4, \quad (3)$$

где D – диаметр образца.

В таблице приведены результаты испытаний образцов, определенных по формулам (1), (2) физико-механических характеристик исследованных материалов.

Таблица

Результаты испытаний							
№ образца	масс. % нап.	H_0 , мм	D_{cp} , мм	m , г	S_0 , мм ²	E , МПа	k , Н/мм
Полиуретан + Al(OH) ₃ (305)							
16 (XVI)	20	45	25,8	28,93	522,5	19,87	230,68
17 (XVII)	40	55	25,2	39,29	498,5	21,00	190,35
18 (XVIII)	50	55	25,47	35,17	509,2	17,36	160,71
19 (XIX)	60	49	24,8	26	482,8	12,47	122,86
20 (XX)	70	39,6	18,45	12,98	267,6	16,52	111,67
Полиуретан + Прокаль (104)							
12 (XII)	40	43,3	25,38	18,19	505,65	36,76	429,28
13 (XIII)	50	54,4	24,9	17,3	486,71	38,20	341,73
14 (XIV)	60	56,3	24,83	35,48	483,98	14,63	125,77
15 (XV)	70	51,6	25,35	42,57	504,46	12,00	117,28
Полиуретан + Кварц (Б)							
9 (IX)	50	62	28,08	31,64	443,91	5,54	39,40
10 (X)	40	54	24,93	31,42	487,88	8,14	73,57
6 (VI)	50	58,3	25,25	26,03	500,49	22,37	192,08
7 (VII)	60	67	24,95	37,92	488,66	7,23	52,71
8 (VIII)	70	59,3	25,38	33,81	505,65	15,83	135,00
Полиуретан + Кристобалит							
1 (I)	20	62	25,63	23,6	515,66	25,80	214,60
2 (II)	40	58,7	25,9	31,62	526,59	12,57	112,80
3 (III)	50	53	25,08	29,41	493,77	16,33	152,14
4 (IV)	60	61	25,35	30,53	504,46	40,86	337,92
Чистый полиуретан							
–	0	41,1	25,05	23,87	492,59	2,71	32,48

Примеры графиков зависимости нагрузки от деформации образцов при сжатии приведены на рис. 2–6.

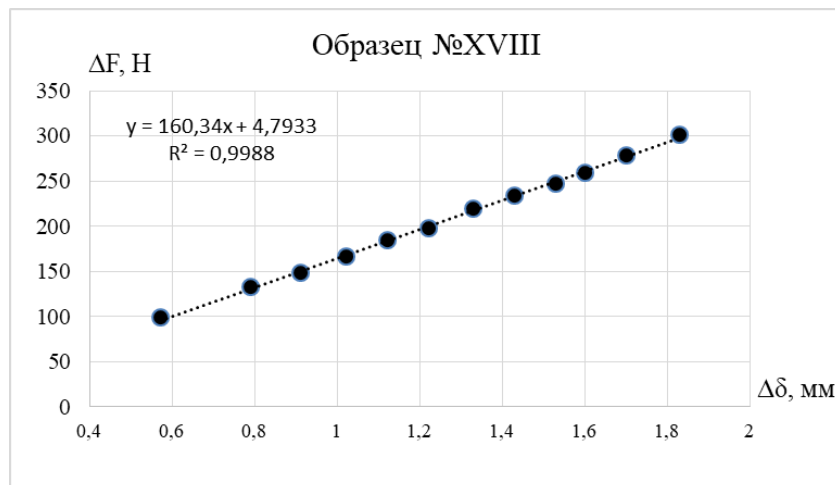


Рис. 2. Зависимость нагрузки от деформации образца с 50%-м содержанием $\text{Al}(\text{OH})_3$

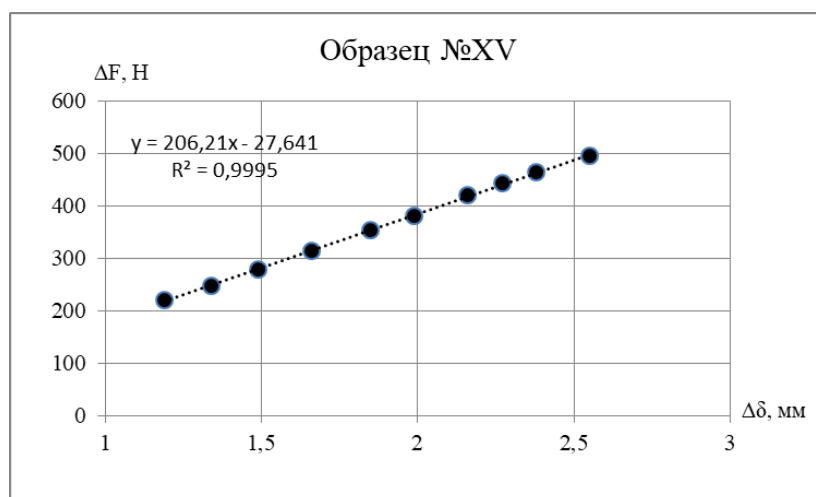


Рис. 3. Зависимость нагрузки от деформации образца с 70%-м содержанием прокала

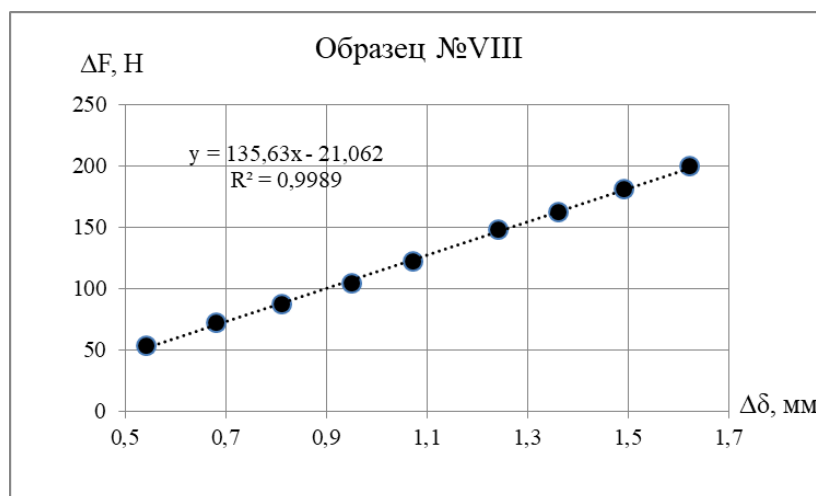


Рис. 4. Зависимость нагрузки от деформации образца с 70%-м содержанием кварца

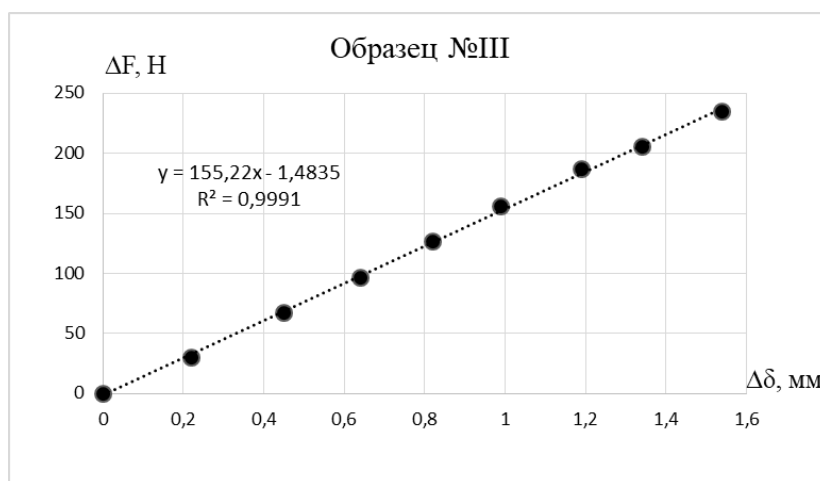


Рис. 5. Зависимость нагрузки от деформации образца с 50%-м содержанием кристобалита

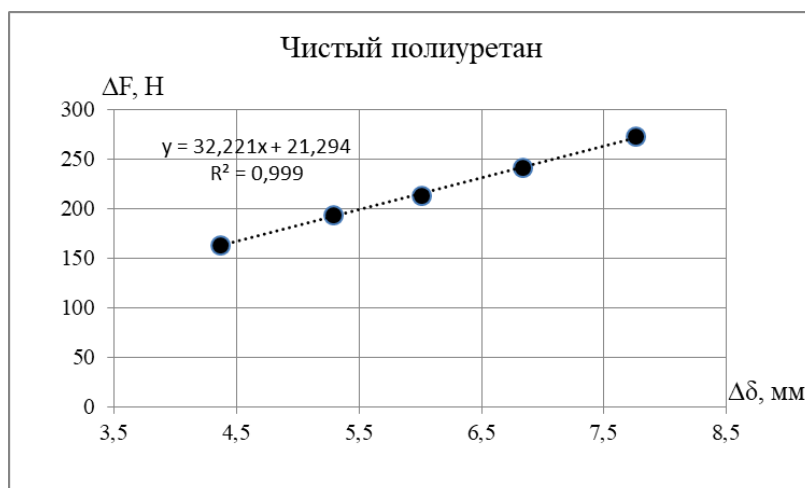


Рис. 6. Зависимость нагрузки от деформации образца с 0%-м содержанием наполнителя

В результате проведенных исследований определены значения модуля Юнга образцов с различным содержанием наполнителя.

Из полученных результатов следует, что с увеличением процентного содержания наполнителей коэффициент упругости и модуль Юнга существенно увеличиваются.

Библиографический список

1. Данченко, А. Ю. Анализ возможностей стенда МЕГЕОН-03000 / А. Ю. Данченко, В. Ш. Сулаберидзе // Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем (Молодежная секция). СПб.: ГУАП, 2019. С. 17–22.
2. ГОСТ 34358-2017 (ISO 15028:2014). Пластмассы. Ароматические изоцианаты для полиуретанов. Определение содержания гидролизующего хлора // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-13835-73> (дата обращения: 09.11.2019).
3. Руководство по эксплуатации «МЕГЕОН. Динамометры цифровые сжатия и растяжения серии МЕГЕОН-03XXX». 22 с.

УДК 681124.41

А. С. Деменова, Д. С. Рошка, Н. М. Суринстуденты кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**К. В. Епифанцев**

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СУММИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Сумматором называется электронная логическая схема, выполняющая суммирование двоичных чисел. При арифметическом сложении выполняются и другие дополнительные операции: учет знаков слагаемых, выравнивание порядков чисел и так далее. Данные операции выполняются в арифметико-логических устройствах (АЛУ) или процессорных элементах, ядром которых являются сумматоры. В специализированной аудитории ГУАП разрабатывается виртуальный инструмент при помощи пакета LabVIEW – модель суммирующего устройства. Мы решили исследовать данный прибор, потому что использование сумматора актуально и по сей день.

Начинаем разработку с алгоритма с помощью LabVIEW.

1. Вводим окно диаграмм.

Два числа (число А и В) проходят через сумматор, затем результат выводится в числовом виде и в виде графика. Чтобы остановить опыт, нажимаем красную кнопку «Стоп». Чтобы изменение значений суммы, выводимой в виде графика, выполнялось с определенной задержкой во времени, мы установили константу с задержкой.

Для помещения системы в цикл мы заключили всю нашу схему в серую рамку, называемую телом цикла.

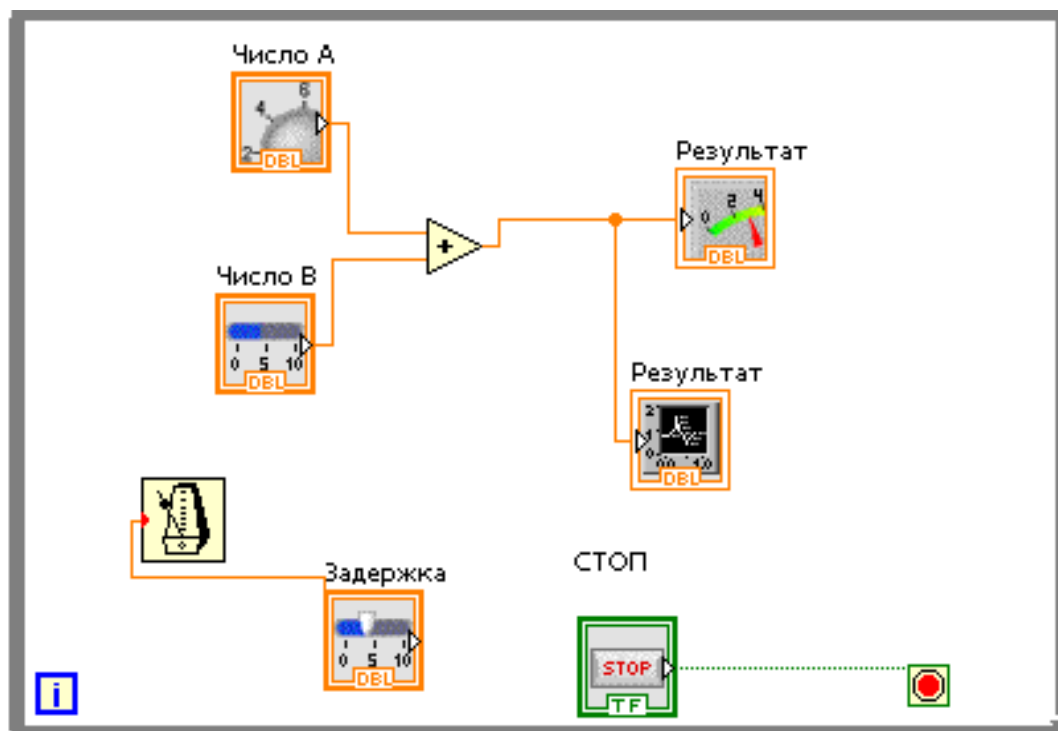


Рис. 1. Схема из блока диаграмм

2. Далее выполняем суммирование при минимальной задержке. График постоянен, так как мы не изменяем числа А и В, интенсивность изменения шкалы времени высокая.



Рис. 2. Суммирование при минимальной задержке

3. Выполняем суммирование при максимальной задержке.

График постоянен, так как мы не изменяем числа А и В, интенсивность изменения шкалы времени низкая.



Рис. 3. Суммирование при максимальной задержке

4. Чертим график увеличения числа А.



Рис. 4. График увеличения числа А

5. Создаем график уменьшения числа В.

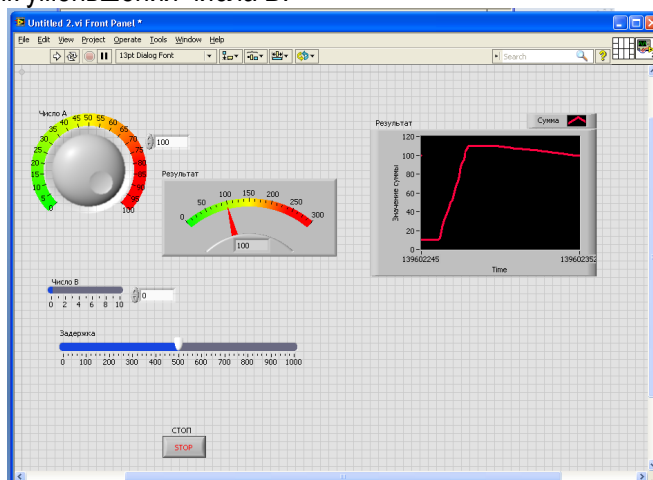


Рис. 5. График уменьшения числа В

На примере данной работы мы показали алгоритм разработки модели виртуального суммирующего устройства и расчета с помощью него. Этот инструмент действительно очень полезно применять в вычислительной технике, поскольку сумматор не только используется для выполнения математических операций, но и является средством для хранения информации. Также сумматор является главной частью компьютерного процессора. Именно поэтому алгоритм разработки и механизм работы этого устройства будет полезно знать каждому специалисту, деятельность которого связана с вычислительной техникой.

Библиографический список

1. Bress, T. Effective LabVIEW Programming / T. Bress. NTS Press, 2013. 720 p.
2. Белиовская, Л. Г. Основы машинного зрения в среде LabVIEW / Л. Г. Белиовская, Н. А. Белиовский. М.: ДМК Пресс, 2017. 90 с.
3. Блюм, П. LabVIEW: стиль программирования / П. Блюм. М.: ДМК Пресс, 2010.
4. Магда, Ю. С. Практический курс для инженеров и разработчиков / Ю. С. Магда. М.: ДМК Пресс, 2014. 208 с.

УДК 629.5.03

А. Д. Дурасовастудент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**Н. Н. Скорянцов**

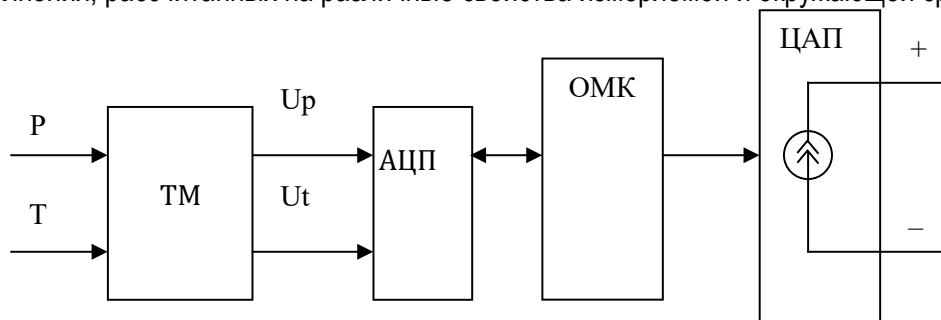
кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

Интеллектуальный датчик – это первичный преобразователь, выполняющий одну или несколько функций: линейаризацию, масштабирование, калибровку, нормализацию, фильтрацию, сжатие, устранение ошибок, статическую обработку, корректировку нулевого уровня, самодиагностику, обработку результатов измерений.

Структура интеллектуальных датчиков

Структурно рассматриваемые датчики состоят из двух взаимосвязанных блоков: чувствительного элемента (сенсора) и преобразователя (см. рисунок). Последний комплектуется из программируемого микропроцессора с оперативным и постоянным модулями памяти, АЦП, сетевого контроллера связи с типовыми полевыми сетями. Как сенсор, так и преобразователь датчика обычно имеют ряд вариантов исполнения, рассчитанных на различные свойства измеряемой и окружающей сред.



Структурная схема интеллектуального датчика:

P – давление; T – температура; ТМ – тензомост; U_p – напряжение, снимаемое с диагонали ТМ;
 U_t – падение напряжения на резисторе, включенном в цепь диагонали питания тензомоста;
 АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; ОМК – однокристальный микроконтроллер;
 ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

В последнее время получили распространение мультисенсорные датчики, т. е. когда к одному преобразователю подключается ряд сенсоров, воспринимающих различные или однотипные величины. Так, датчик расхода газа состоит из трех сенсоров: перепада давления на сужении, абсолютного давления и температуры в месте сужения. По всем ним преобразователь вычисляет значение расхода газа: многозонные (многоточечные) датчики температуры имеют в своем составе от нескольких до более десятка температурных чувствительных элементов и преобразователь по их значениям вычисляет профиль температуры в объекте или определенную функцию от ряда температурных сенсоров (например, среднюю температуру на объекте).

Функции, реализуемые в интеллектуальных датчиках

Функции преобразования. Датчик преобразует электрическую величину на выходе сенсора (обычно представленную в виде низковольтного аналогового, частотного или импульсного сигнала) и производит ее измерение.

Функции самодиагностики. В процессе работы датчики выполняют анализ своей работы: при возникновении различных сбоев, нарушений и неисправностей фиксируют их место возникновения и причину, определяют выход погрешности прибора за установленное значение, анализируют работу

базы данных датчика, рассматривают правильность учета факторов, которые корректируют выходные показания датчика.

Обычно информация, выдаваемая датчиком об отдельных его неисправностях, подразделяется на два типа:

1) не критическая информация, когда датчик требует определенного обслуживания, но измеряемые им значения могут использоваться для управления;

2) критическая информация, когда выходные данные датчика неверны и либо требуется немедленное вмешательство оператора по приостановке использования его показаний, либо сам датчик переводит свой выход в постоянное безопасное для управления процессом значение и сообщает о необходимости срочного обслуживания прибора.

Информационные функции. Датчики хранят в своей памяти и по дистанционному запросу пользователя выдают все данные, определяющие свойства, характеристики, параметры данного конкретного прибора (его тип, заводской номер, технические показатели).

Функции конфигурирования. В них входит дистанционное формирование или модификация пользователем основных настроечных параметров датчика.

Функции форматирования. К ним относят автоматический анализ изменений измеряемой величины и текущего состояния среды измерения. Все эти функции дистанционно настраиваются пользователем.

Функции управления. Для реализации этих функций в память микропроцессора датчика прошивается соответствующий набор типовых программных модулей, а их инициация и параметризация проводятся дистанционно оператором с помощью простейшего графического конфигуратора. В качестве типовых программных модулей используются простейшие арифметические и логические операции, таймер, элемент чистого запаздывания, интегратор и другие функции, из которых легко набираются конкретные алгоритмы регулирования разных видов, блокировочные зависимости, алгоритмы смешивания и другие алгоритмы управления технологическими процессами.

Библиографический список

1. Разработка предложений к программе-методике проведения виброизмерений роторных узлов оборудования ЭУ стенда КВ-2 и выполнение по их результатам оценок остаточного уровня долговечности подконтрольного оборудования (НИР «Ресурс КВ-2-2006») / С. А. Петров [и др.]. СПб.: 1 ЦНИИ МО РФ, 2006.

2. Скориантов, Н. Н. Аспекты создания системы метрологического обеспечения измерительных систем при оценке технического состояния оборудования энергетических установок / Н. Н. Скориантов, Р. В. Гетьман // Мат. Межотр. науч.-практич. конф. «Военное кораблестроение – 2012». СПб., 2012. 190 с.

3. Скориантов, Н. Н. Метрологическое обеспечение систем вибрационного мониторинга измерительной техники / Н. Н. Скориантов, Т. П. Мишура, В. О. Парфенова // Морские интеллектуальные технологии. 2014. Т. 1. № 3 (25). С. 78–82.

УДК 681124.41

А. Д. Дурасова, С. В. Пивоваровастуденты кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**К. В. Епифанцев**

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ВОЗМОЖНОСТИ ВИРТУАЛЬНЫХ ШКАЛ В LABVIEW

Технология виртуальных измерительных приборов объединяет аппаратные средства и программное обеспечение с промышленными компьютерными технологиями для решения измерительных задач, причем свойства этих решений в значительной степени определяются пользователями.

Компания National Instruments специализируется в области разработки встраиваемых и распределенных технических средств для сбора данных (DAQ) и программных драйверов к ним, систем на основе приборного интерфейса IEEE 488 (GPIB) и стандарта. Измерения и виртуальные приборы. Измерения в LabVIEW 1–2 ni.com PXI, систем с использованием последовательного интерфейса и промышленных сетей. Для построения лицевой панели используют элементы управления и индикаторы, размещенные на палитре Controls. Элементами управления служат кнопки, клавиши, переключатели и другие входные устройства. Индикаторами являются графопостроители, светодиоды и другие устройства отображения. Элементы управления имитируют входные устройства и поставляют данные на входы блок-диаграммы виртуального прибора. Индикаторы имитируют выходные устройства и отображают данные (рис. 1), обработанные или сгенерированные блок-диаграммой.

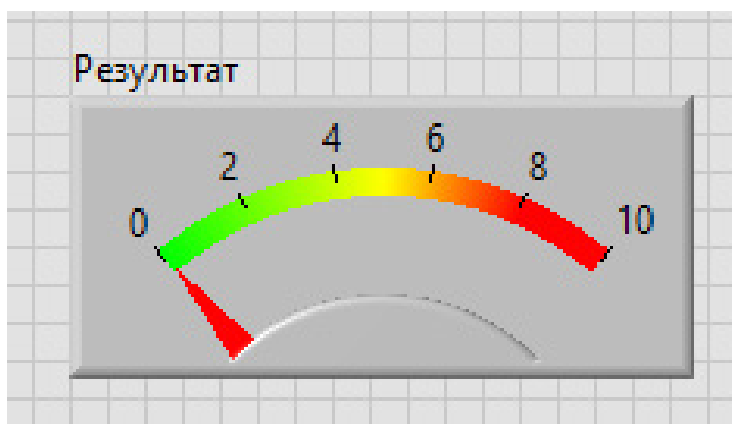


Рис. 1. Шкала Meter

Для графического конфигурирования каналов и решения типовых измерительных задач используется DAQAssistant (помощник по вводу-выводу). DAQAssistant можно активизировать одним из следующих способов:

- поместить экспресс-БП DAQAssistant на блок-диаграмму;
- ввести правой кнопкой элемент управления DAQmxGlobalChannel и выбрать из контекстного меню пункт NewChannel 24 (DAQAssistant). Щелкнуть правой кнопкой элемент управления DAQmxTaskName и выбрать из контекстного меню пункт NewTask (DAQAssistant). Щелкнуть правой кнопкой элемент управления DAQmxScaleName и выбрать из контекстного меню пункт NewScale (DAQAssistant);
- запустить Measurement & Automation Explorer (MAX) и выбрать из дерева Configuration ветвь Data Neighborhood или ветвь Scales. Щелкнуть кнопку CreateNew. Сконфигурировать NIDAQmx канал, задачу или шкалу.

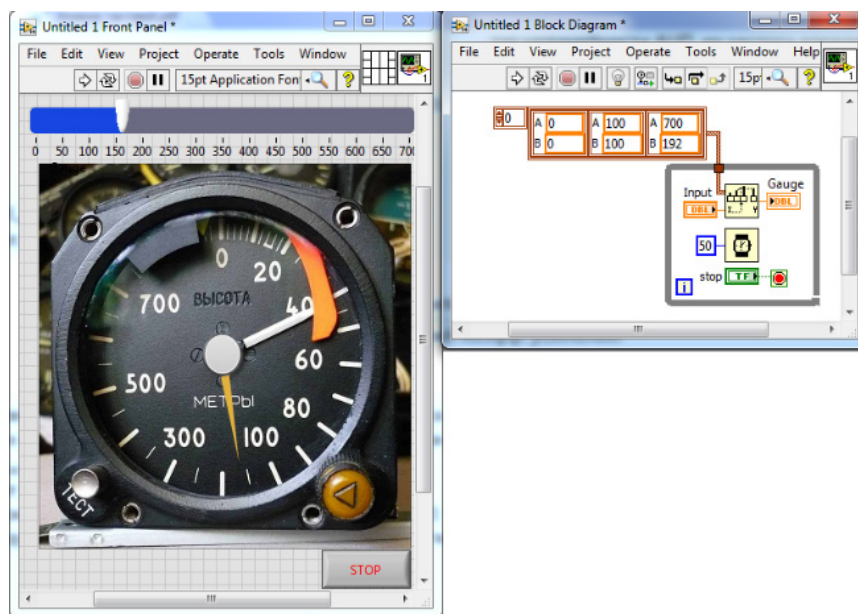


Рис. 2. Возможные варианты компоновки шкал в LabVIEW

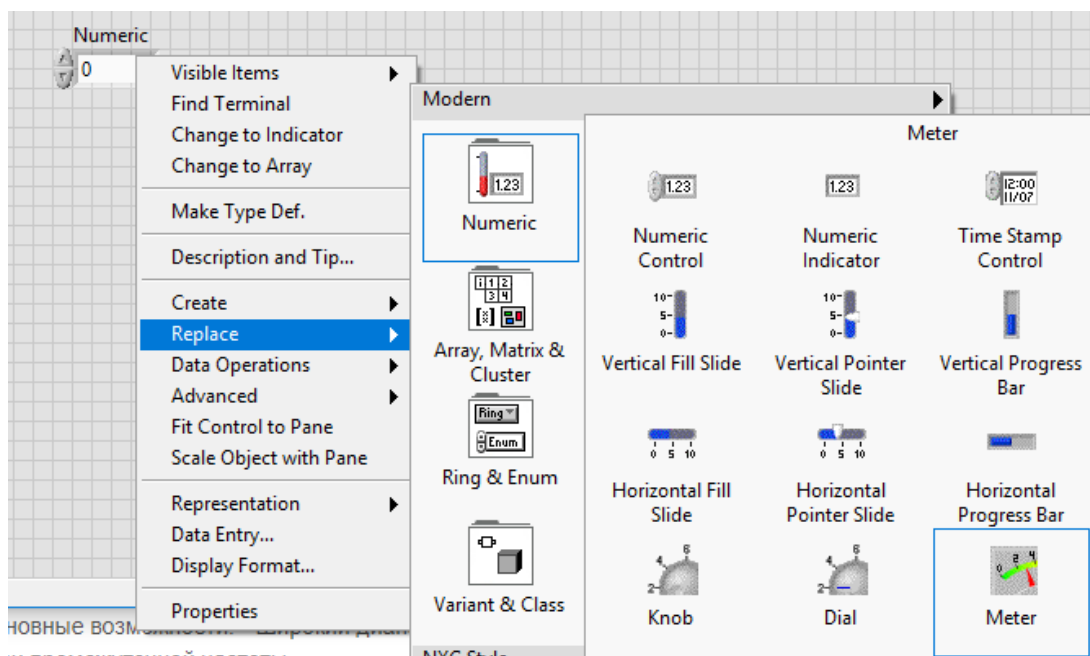


Рис. 3. Вариации шкал в LabVIEW

Данная шкала чаще используется при производстве таких измерительных приборов, как вольтметры, амперметры, омметры. Таким образом, возможности LabVIEW позволяют использовать для работы различные шкалы (рис. 2–3), что очень важно для создания комплекса измерительных приборов, аналогов которым в реальности не существует.

Библиографический список

1. Евдокимов, Ю. К. Виртуальная электронная лаборатория в инструментальной среде LabVIEW / Ю. К. Евдокимов, Р. Г. Насыров, А. Ф. Байтуллин. Казань, 2001. 26 с.
2. Пейч, Д. И. LabVIEW для новичков и специалистов / Д. И. Пейч, Д. А. Точилкин, Б. П. Поллак. М., 2004. 384 с.
3. Travis, J. LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun / J. Travis, J. Kring. Third Edition. Prentice Hall, 2006. 1032 с.
4. Разработчики LabVIEW. URL: <http://www.ni.com/ru-ru.html> (дата обращения: 11.10.2019).

УДК 681124.41

Е. С. Копейкинастудент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**К. В. Епифанцев**

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ВАЖНЫЕ АСПЕКТЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МЕДИЦИНСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Лабораторные исследования – это комплекс химических, молекулярных и клеточных технологий, используемых для оценки состояния здоровья пациента. В основу дисциплины, именуемой в России «клиническая лабораторная диагностика», положено получение результатов измерений и исследований состава и свойств образцов биологического материала и преобразование этих данных в предоставляемую клиницисту соответствующую лабораторную информацию, используемую для решения вопросов диагностики, лечения и профилактики заболеваний [1–2]. ГОСТ Р ИСО 15189 дает такое определение основе деятельности лаборатории: п. 3.3 «Исследование (examination)»: Набор операций, задачей которых является установление значения величин или характеристик свойств. При этом различают измерения с использованием шкал:

1. Интервалов, когда числа не только упорядочены, но и разделены определенными интервалами (например, температура).

2. Отношений (например, концентрация компонента в системе – концентрация общего белка в сыворотке = 70 г/л; концентрация форменных элементов в крови – концентрация эритроцитов в крови = $4,2 \cdot 10^{12}/л$). При этом строго определена нулевая точка. Таким образом, измерение – это нахождение значения физической величины с помощью специальных технических средств. Иначе говоря, измерение – всегда сравнение данной величины – меры (калибратора) с известной величиной, принятой за единицу. Поэтому для физических измерений необходимо наличие средства измерения. Для химических измерений необходимо, помимо этого, наличие сложного валидированного аналитического процесса и, соответственно, аналитической системы.

Аналитическая система – это совокупность факторов, определяющих качество аналитического результата, включающая оборудование, процедуры, исследуемые материалы, персонал, условия окружающей среды и мероприятия по обеспечению качества.

Сложность химического измерительного процесса, нестабильность аналитической системы, отсутствие прослеживаемости до единиц СИ приводят к тому, что сопоставимость результатов химических измерений не может быть обеспечена только проверкой средств измерений. Так, при проведении внутреннего контроля качества и при калибровке прибора (корректнее называть этот процесс градуировкой) используют контрольные материалы и калибраторы производства различных компаний. Во всем мире существуют стандарты, регламентирующие метрологическую прослеживаемость количественных значений, присвоенных этим продуктам.

На рис. 1 представлена последовательность передачи эталонного значения той или иной величины, имеющего место у стандарта высшего порядка, к результату измерения в конкретной биологической пробе. Иначе говоря, метрологическая прослеживаемость – свойство результата измерения соотноситься с результатом установленного метрологического эталона через непрерывную цепь калибровок измерительных систем или сравнений в каждом случае с установленной неопределенностью измерения. Таким образом, для обеспечения сопоставимости результатов химических измерений требуется дополнительная цепь передачи размеров единиц измеряемых при этом величин, характеризующих химический состав объектов исследования.



Рис. 1. Метрологическая прослеживаемость. Слева снизу вверх – прослеживаемость; справа сверху вниз – неопределенность измерения [3]

На рис. 2 представлена аналитическая система проведения химического исследования [4].

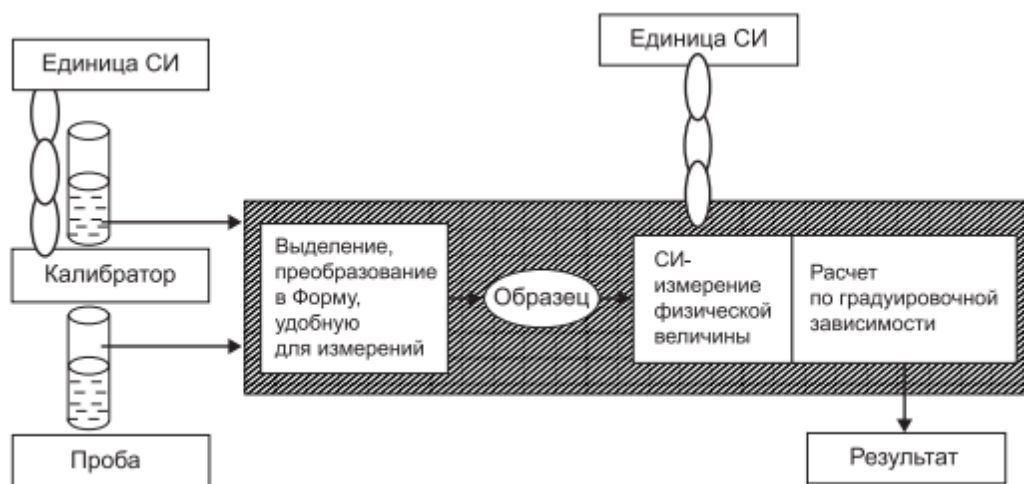


Рис. 2. Аналитическая система проведения химического измерения [5]

Итак, результат лабораторного исследования является итогом многоступенчатых процессов, в которых первостепенную роль играют производители оборудования, реагентов и контрольных материалов для нужд лабораторной медицины. Часто многие проблемы, связанные с метрологией в лабораторной медицине, находятся на стыке взаимодействия производителя продукции для лабораторной диагностики и непосредственно ее потребителя – клинко-диагностической лаборатории.

В заключение нужно со всей очевидностью констатировать, что современной лабораторной службе необходимо не отгораживаться от проблем метрологической корректности выполняемых исследований и создавать фронт борьбы с метрологами, а активно изучать эти проблемы, прежде всего изложенные в национальном достоянии – серии ГОСТ Р ИСО и ГОСТ Р – и на основе полученных знаний выстраивать систему внедрения этих стандартов, прежде всего ГОСТ Р ИСО 15189.

Библиографический список

1. Стандартизация в клинической лабораторной медицине. Организационные и метрологические аспекты. М., 2005. 251 с.
2. Compendium on Analytical Nomenclature (The Orange Book). International Union of Pure and Applied Chemistry. 2002.
3. *Проценко, В. Н.* Основы обеспечения качества клинических лабораторных исследований / В. Н. Проценко. Харьков, 2002. 120 с.
4. Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины. 2-е изд. СПб.: Профессионал, 2010. 82 с. нет ссылки в тексте
5. *Rios, A.* QUANAS Training Course / A. Rios. Traceability. Bucarest, 2004.

УДК 628.162

Н. С. Малиновскийстудент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**А. С. Степашкина**

кандидат технических наук, доцент, старший преподаватель – научный руководитель

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВРЕДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
И ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ**

Существует объективная необходимость совершенствования национальной политики в важнейших сферах жизнедеятельности общества и государства. Обеспечение охраны окружающей среды, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов является одним из ключевых конституционно значимых благ, которые формируют основу долгосрочного социально-экономического развития, обуславливают материальную базу развития будущих поколений. Деятельность по охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности относится к ключевым функциям государственной политики России [1].

Обеспечение качества атмосферного воздуха, соответствующего национальным стандартам, является одной из приоритетных задач в сфере охраны окружающей среды промышленно развитых субъектов Российской Федерации. В частности, постановлением Правительства РФ № 322 от 15.04.2009 г. показатели, характеризующие качество атмосферного воздуха, включены в состав показателей эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Также характеристика качества атмосферного воздуха используется при определении стандартов проживания в регионах Российской Федерации.

Обычно различают чисто природные опасные физические факторы, которые существуют с момента образования планеты. К ним относятся ультрафиолетовое излучение Солнца, космическое ионизирующее излучение и естественно-радиоактивные нуклиды (ЕРН), содержащиеся в земной коре и объектах окружающей среды, аэрозоли и аэроионы. Принято также говорить о техногенных факторах, источниками которых является жизнедеятельность человека и которые усиливают действие природных факторов. К ним можно отнести применение в технике хлорсодержащих хладонов, разрушающих озоновый слой атмосферы и усиливающих поток ультрафиолетового излучения Солнца, достигающего поверхности Земли. К техногенным факторам относятся также локальные изменения распределения ЕРН, образуемые за счет производственной деятельности человека, что приводит к изменению уровня радиационного воздействия в отдельных регионах, увеличение запыленности атмосферы (аэрозоли) и изменение ее аэроионного состава.

Нельзя забывать и об антропогенных физических факторах, которые, преимущественно созданы самим человеком: высоковольтные линии электропередач, электробытовая техника, радиопередающие и принимающие системы (мобильные телефоны), солярии, такие источники ионизирующей радиации, как рентгеновские аппараты, ускорители, ядерные реакторы, искусственно-радиоактивные элементы. К антропогенным факторам можно отнести также акустический шум транспортных средств [2].

Основные направления государственной политики в сфере охраны окружающей среды закреплены в Федеральном законе «Об охране окружающей среды», а также в 2012 г. указом Президента были приняты «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации до 2030 г.» и Постановление Правительства «Об утверждении государственной программы Российской Федерации „Охрана окружающей среды“ на 2012–2020 гг.» [3].

В связи с ростом и стремительным развитием государств наиболее актуальными и приоритетными вопросами являются защита окружающей среды и охраны здоровья человека от вредных факторов воздействия на организм, создающих угрозу для жизни и здоровья населения и всей планеты в целом.

Уровень загрязнения считается высоким в каждом десятом городе России с общей численностью населения более 50 млн человек (что соответствует трети всех жителей страны) [4].

Запыленность воздуха является одной из глобальных проблем современности, так как все производственные процессы – обработка металла или дерева, подготовка топлива, увеличение количества автомобилей и в связи с этим выделение в большом количестве выхлопных газов и продуктов сгорания – связаны с выделением пыли.

Известно, что при оценке неблагоприятного воздействия пыли используются следующие физико-технические показатели запыленности:

- концентрация в воздухе;
- пылевая нагрузка на органы дыхания;
- химический состав пыли;
- растворимость и дисперсность.

Метрологическое обеспечение с применением инновационных методов, способов и современных приборов и устройств на сегодняшний день является актуальным и будет способствовать снижению степени запыленности приземного слоя атмосферы и предупреждению воздействия вредных факторов среды на человека и его здоровье. Под предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных взвешенных частиц понимают максимальные величины концентраций примесей в атмосфере, отнесенные к определенному времени осреднения, которые при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывают ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного воздействия (включая отдаленные последствия).

Нормирование запыленности воздушной среды населенных пунктов (приземного слоя атмосферы, т. е. на высоте до 2 м от поверхности земли) осуществляется по двум показателям: максимальной разовой и среднесуточной ПДК. Известно, что максимальная разовая ПДК (ПДКМР) устанавливается с целью предупреждения рефлекторных реакций у человека (кашель, слезы и т. д.) при кратковременном (не более 20 минут) раздражающем воздействии атмосферных примесей, является основной характеристикой опасности вредных веществ. Среднесуточная ПДК (ПДКСС) не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания.

Все вредные вещества подразделяются по классам опасности в зависимости от величины ПДК: I класс – чрезвычайно опасные (уровень $\text{ПДК} \leq 0,1 \text{ мг/м}^3$); II класс – высокоопасные (уровень $0,11 \leq \text{ПДК} \leq 1,0 \text{ мг/м}^3$); III класс – умеренно опасные (уровень $1,1 \leq \text{ПДК} \leq 10,0 \text{ мг/м}^3$); IV класс – малоопасные (уровень $\text{ПДК} > 10,0 \text{ г/м}^3$) [5].

При современном подходе к проблемам экологической безопасности актуально принятие согласительных документов, и результатом одного из недавних соглашений было соглашение, направленное на уточнение ПДК в России и концентраций, установленных рекомендациями ВОЗ по качеству воздуха в Европе. В результате ВОЗ был принят документ о ПДК взвешенных частиц. Таким образом, именно частицы размером менее 10 мкм (PM10) относят к приоритетным по загрязняющему фактору веществам по уровню влияния на здоровье населения в целом [6].

Для разных стран характерны различные подходы к установлению ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе, к определению целевых показателей качества воздуха и других нормативов. В проведенных на сегодняшний день исследованиях не удалось определить пороговый уровень загрязнения воздуха мелкодисперсной пылью, ниже которого PM10 не оказывают воздействия на здоровье. Однако после подробного изучения новейших научных данных рабочая группа ВОЗ пришла к выводу, что пороговая концентрация PM10 располагается в нижней части диапазона наблюдаемых в настоящее время концентраций PM10 в Европейском регионе. Снижение концентрации PM10 до установленных ЕС уровней является важнейшей мерой для улучшения здоровья населения, но этого недостаточно, чтобы устранить все существенные последствия воздействия PM10 [7].

Значительное влияние на качество среды и проживание городского населения оказывает сеть железнодорожных и автомобильных дорог. Экологические проблемы урбанизированных территорий обостряются возрастанием массы выбросов вредных веществ от увеличивающегося потока транспорта и формированием очагов загрязнения воздушного бассейна. Масса выбросов вредных веществ от автотранспорта постоянно нарастает и достигает более половины общего объема выбросов в приземный слой атмосферы, тем самым нарушается сбалансированное существование и наносится вред окружающему миру и самому человеку [8, 9].

На сегодняшний день известно, что запыленность воздуха – это масса частиц, которые присутствуют в 1 единице объема воздуха. Существуют различные стандартные классификации всех твердых частиц, содержащихся в атмосфере: крупные частицы диаметром 20 мкм, полутонкая пыль диаметром 0,1–5 мкм, тонкая (микроскопическая) пыль диаметром менее 0,001 мкм. Интенсивный рост численности парка автомобилей, низкий уровень экологической безопасности конструкции транспортных средств, объектов автотранспортной и придорожной инфраструктуры, используемых материалов, техническое состояние автомобилей, несоблюдение регламентов и низкое качество проведения технического обслуживания и ремонта приводят к обострению проблем воздействия автотранспорта на окружающую среду в городах и на автомобильных дорогах. Интенсивность загрязнения воздушной среды шинной пылью на некоторых автомагистралях Европы достигает около 250 кг на каждый километр дороги, а почва в придорожных полосах содержит около 2% резиновых частиц [10].

Таким образом, в приоритете остаются развитие и создание инновационных приборов, современных устройств, установок и методов, позволяющих предупреждать и охранять атмосферный воздух от загрязнений, в том числе промышленных. В большинстве случаев охрана атмосферного воздуха сводится к очистке газов перед их выбросом в атмосферу с использованием пылеочистительных устройств, которые подразделяются на воздушные фильтры и пылеуловители. Основными источниками запыленности атмосферы являются технологические процессы промышленных производств, работающие установки, машины, механизмы и транспортные средства. Многие технологические процессы загрязняют атмосферу туманами или дымами, которые в ряде случаев являются устойчивыми аэрозольными образованиями.

Во всей атмосфере населенных пунктов присутствуют аэрозоли различного типа антропогенного происхождения. Все они образуются в результате хозяйственной деятельности человека: это продукты сжигания различных видов топлива, выбросы промышленных предприятий, автотранспорта, распыление пестицидов природного происхождения вследствие выветривания горных пород и верхнего слоя почвы, лесных пожаров, вулканических процессов, туманов, облаков, а также биогенные аэрозоли [11].

Особенностью аэрозольного состояния является чрезвычайно высокая удельная поверхность единицы массы вещества, что обуславливает высокую активность его взаимодействия с организмом. Выходящая из какого-либо источника струя или облако аэрозоля движется вместе с ветром и одновременно рассеивается под действием атмосферной турбулентности. Молекулярная диффузия в этом процессе не играет существенной роли, за исключением очень тонкого воздушного слоя у поверхности соприкасающихся с аэрозолем тел. Важно отметить, что частицы городской пыли размером менее 10 мкм содержат более 80% всех тяжелых металлов и вредных органических соединений (толуол, бензол, безопорен и т. д.) Для оценки метрологического обеспечения и определения степени воздействия на организм человека веществ, находящихся в аэрозольном состоянии, вводятся следующие основные параметры: дисперсный состав, концентрация аэрозоля, и дополнительный параметр, в некоторых случаях приобретающий роль доминирующего – форма и строение частиц [12].

Концентрация, т. е. мера количества вещества в единице объема воздуха, в зависимости от характера воздействия аэрозольного вещества на организм может определяться различными способами. При подсчете числа частиц, приходящихся на заданный интервал размеров, определяется счетная концентрация, имеющая размерность м^3 , при подсчете действующей на организм массы пыли определяется массовая концентрация частиц, имеющая размерность $\text{г}/\text{м}^3$. Эти определения концентрации являются основными.

При определении относительного объема, занимаемого дисперсной фазой аэрозоля, вычисляется объемная (относительная) концентрация частиц, являющаяся безразмерной величиной. В качестве меры химико-биологической активности аэрозоля может также определяться удельная поверхность аэрозольных частиц, содержащихся в единице объема воздуха, имеющая размерность м^2 . Концентрация частиц изменяется в весьма широких пределах (массовая изменяется от 10–8 до 105 $\text{мг}/\text{м}^3$, счетная – от 1 до 1012 м^3). Форма частиц пыли может быть самой разнообразной: от простейших сплошных сфер, эллипсоида и кристаллов до сложнейших неправильных многосвязных образований и кластеров, что может существенно влиять как на механизмы воздействия на организм человека, так и на точность измерения параметров пыли теми или иными приборами [13, 14].

Таким образом, инновационные технологии, способствующие совершенствованию методов очистки атмосферного воздуха, с последующим метрологическим обеспечением в условиях развития государства представляют научный и практический интерес для исследований. Расчет современных пылеочистительных систем состоит преимущественно в определении степени очистки, гидравлического сопротивления, затрат, подборе вентиляционных устройств, компоновке оборудования.

Для расчета пылеуловителя необходимо иметь данные о физико-химических свойствах пыли, таких как дисперсность, плотность, слипаемость, электростатическая зарядность, горючесть, взрывоопасность, самовоспламеняемость и фракционный состав, количество очищаемого воздуха, начальная концентрация пыли в очищаемых газах, минимальная степень очистки, располагаемое давление перед очистным устройством [15].

Решение экологических проблем возможно лишь с учетом получения оперативной, достоверной и исчерпывающей информации о состоянии и качестве атмосферного воздуха и окружающей среды. Контроль качества должен проводиться таким образом, чтобы обеспечивалась возможность оценки динамических процессов в окружающей среде, вызванных теми или иными факторами. Кроме того, полученная информация должна обеспечивать возможность анализа причинно-следственных зависимостей между параметрами окружающей среды и состоянием здоровья населения.

Экология представляется одной из наиболее актуальных проблем современности. Вопреки всем декларациям о праве человека на благоприятную для жизни и здоровья окружающую среду экономические интересы преобладают над экологическими. В результате истощаются запасы природных ресурсов, загрязняется окружающая среда, ухудшается физическое и нравственное здоровье людей, обостряется экономическая и политическая борьба за сырьевые рынки, жизненное пространство [16].

Осознание актуальности «зеленых» аспектов современной экономики начинает отражаться в документах главным образом программного, стратегического характера. В апреле 2012 г. были приняты «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.». Этот документ является закреплённой на федеральном уровне методологической базой, нацеленной на преодоление глобальных экологических проблем, связанных с изменением климата, потерей биологического разнообразия, опустыниванием и другими негативными для окружающей среды процессами, затрагивающими интересы граждан Российской Федерации [17].

Библиографический список

1. ФЗ «Об охране окружающей среды» // Российская газета. 2002. № 6.
2. Контроль физических факторов окружающей среды, опасных для человека // Энциклопедия «Экометрия» из серии справочных изданий по экологическим и медицинским измерениям. М.: Издательство стандартов. 2003. С. 376.
3. Указ Президента от 30 апреля 2013 г. «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации до 2030 г.». URL: <http://base.garant.ru> (дата обращения: 08.11.2019).
4. SavePlanet.su – Сохраним Планету. URL: https://www.saveplanet.su/articles_279.html (дата обращения: 08.11.2019).
5. Стеценко, С. Е. Учет фактора запыленности в формировании городской застройки: дисс. канд. техн. наук / С. Е. Стеценко. М., 2006. 20 с.
6. Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://www.who.int/ru> (дата обращения: 08.11.2019).
7. Pasquill, F. Atmospheric Dispersion Parameters in Gaussian Plume Modeling. Part II. Possible Requirements for Change in the Turner Workbook Values / F. Pasquill. U.S. Environmental Protection Agency. 1976. 44 p.
8. Балакин, В. В. Инновационные организационно-технологические ресурсы для развития строительства доступного и комфортного жилья в Волгоградской области / В. В. Балакин, Н. С. Бышкина // Мат. Междунар. науч.-техн. конф. Волгоград: ВолгГАСУ, 2008. С. 70–74.
9. Санжапов, Б. Х. Оценка экологической безопасности автотранспортной системы города / Б. Х. Санжапов, А. А. Мурадо // Интернет-вестн. ВолгГАСУ. 2013. Вып. 2 (27). URL: www.vestnik.vgasu.ru (дата обращения: 08.11.2019).

10. *Просви́ров, А. А.* Проблема негативного влияния автотранспорта на экологию крупных городов и пути ее решения / А. А. Просви́ров // Мат. I студ. науч.-техн. конф. «Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России». Волгоград: ВолгГАСУ, 2007. С. 48–51.
11. *Грин, Х.* Аэрозоли – пыли, дымы и туманы / Х. Грин, В. Лейн. М., 1972. 427 с.
12. *Фукс, Н. А.* Механика аэрозолей / Н. А. Фукс. М.: АН СССР, 1955.
13. ГОСТ 12.1.016-79. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерений концентрации вредных веществ.
14. *Сидоренко, В. Ф.* Изучение загазованности и запыленности от автотранспорта на улицах города Волгограда / В. Ф. Сидоренко, Н. В. Сапожкова // Сб. стат. по мат. Междунар. науч.-практ. конф. «Устойчивое развитие городов и территорий: проблемы, пути решения, инновации» Воронеж: ВГАСУ, 2011. С. 166–171.
15. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б. М. Хрусталева. М.: АСВ, 2005.
16. *Апарышев, И.* Будущее за зеленой экономикой / И. Апарышев // Юрист. 2012. № 36. С. 1–4.
17. *Бажайкин, А. Л.* Принципы охраны окружающей среды – как основополагающие идеи (руководящие положения) экологического права и законодательства, государственной экологической политики / А. Л. Бажайкин // Экологическое право. 2012.

УДК 681124.41

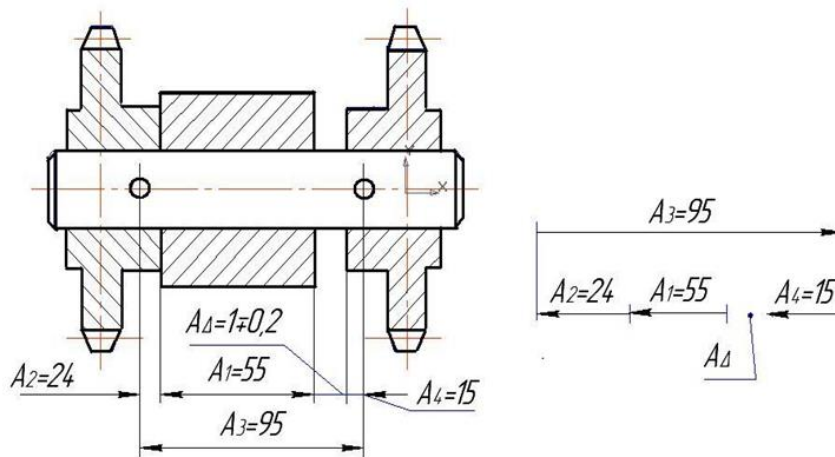
Д. Д. Мосунов, В. И. Грибенниковстуденты кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**К. В. Епифанцев**

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ – НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ

При конструировании механизмов, машин, приборов и других изделий, проектировании технологических процессов, выборе средств и методов измерений возникает необходимость в проведении размерного анализа, с помощью которого достигается правильное соотношение взаимосвязанных размеров и определяются допустимые ошибки (допуски). Подобные геометрические расчеты выполняются с использованием теории размерных цепей.

Размерная цепь (см. рисунок) – совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующая в решении поставленной задачи. На чертежах размерная цепь оформляется незамкнутой, без обозначения размеров и отклонений одного из звеньев. В реальном объекте правильно составленная размерная цепь всегда замкнута. Последний (замыкающий) размер и поле допуска этого размера являются функцией остальных размеров. Все размеры цепи функционально взаимосвязаны, и изменение любого из звеньев влечет за собой необходимость изменения как минимум еще одного звена.



Пример размерной цепи

В соответствии с определением целевое назначение размерной цепи зависит от решаемой задачи: обеспечение работоспособности конструкции (конструкторские цепи), обеспечение точности изготовления (технологические цепи), обеспечение точности измерения (измерительные цепи).

В одном объекте могут быть разные размерные цепи, причем некоторые из них могут включать одни и те же звенья. Звенья размерной цепи – размеры (элементы), образующие размерную цепь. Все звенья, входящие в цепь, называют составляющими звеньями размерной цепи. Звено, которое технологически получается последним в размерной цепи (при изготовлении или при сборке), называют замыкающим звеном.

Правильно рассчитанные размерные цепи обеспечивают нормальное функционирование реального объекта за счет нужных ограничений исходных звеньев. Исходное звено размерной цепи – звено, номинальное значение и отклонения которого должны быть обеспечены в ходе создания размерной цепи, поскольку они определяют функционирование изделия. В качестве примеров можно рассматривать зазоры в направляющих скольжения или по высоте шпонки в призматическом сопряжении.

В процессе сборки изделия исходный размер, как правило, становится замыкающим. Размер замыкающего звена может быть положительным, отрицательным или равным нулю.

Надо иметь в виду, что любая конструкция представляет собой замкнутую размерную цепь. При обработке любой детали имеет место технологическая размерная цепь, где замыкающим звеном является размер обрабатываемого элемента детали. При измерениях средство измерения вместе со вспомогательными элементами образуют измерительную размерную цепь, где замыкающим звеном является размер измеряемого элемента детали.

По виду задач, в решении которых участвуют размерные цепи, они разделяются на конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторские размерные цепи решают задачу по обеспечению точности при конструировании, устанавливают связь размеров детали в изделии.

Технологические размерные цепи решают задачу по обеспечению точности при изготовлении деталей машин, устанавливают связь размеров деталей на разных этапах технологического процесса.

Измерительные размерные цепи решают задачу обеспечения точности при измерении, устанавливают связь между звеньями, которые влияют на точность измерения.

Звеном называется каждый из размеров, образующих размерную цепь. Звеном размерной цепи может быть линейный или угловой размер машины, узла, детали, определяющий размер поверхности (например, диаметр) или относительное расстояние (например, координирующий размер), либо относительный поворот поверхностей или их осей. Каждая размерная цепь содержит одно (и только одно) исходное или замыкающее звено и несколько составляющих звеньев.

В зависимости от расположения звеньев цепи делятся на плоские и пространственные. В зависимости от вида звеньев различают линейные размерные цепи (звеньями являются линейные размеры) и угловые.

Линейной размерной цепью называют цепь, все звенья которой параллельны между собой и лежат в одной плоскости или могут быть без изменений спроектированы на эту плоскость. Если все размеры этой цепи угловые, то такую цепь называют *угловой размерной цепью*.

Исходным материалом для линейной или угловой размерной цепи является чертеж, но для решения могут применяться специально составленные схемы. Расчет размерных цепей и их анализ – обязательный этап конструирования машин, способствующий повышению качества, обеспечению взаимозаменяемости и снижению трудоемкости их изготовления.

Сущность расчета размерной цепи заключается в установлении допусков и предельных отклонений всех ее звеньев исходя из требований конструкции и технологии. При этом различают две задачи: прямую и обратную.

Прямая задача заключается в определении номинальных размеров, допусков и предельных отклонений всех составляющих звеньев размерной цепи по заданным номинальному размеру и допуску (отклонениям) исходного звена. Такая задача относится к проектному расчету размерной цепи.

Обратная задача заключается в определении номинального размера, допуска и предельных отклонений замыкающего звена по установленным номинальным размерам, допускам и предельным отклонениям составляющих звеньев. Такая задача относится к поверочному расчету размерной цепи.

Размерная цепь строится, начиная с замыкающего (исходного) звена. Затем по чертежу находят примыкающую к нему слева деталь, размер которой непосредственно влияет на размер замыкающего звена. Далее находят размер второй детали, сопряженной с размером первой. И так последовательно выявляют детали сборочного соединения, сопряженные друг с другом, размеры которых непосредственно влияют на размер замыкающего звена. Последний из этих размеров должен примкнуть к размеру замыкающего звена, замкнув цепь. В состав размерной цепи от каждой детали входит только один размер. У покупных изделий в размерную цепь включают конечный размер.

У изделия, как правило, несколько размерных цепей. Каждой цепи присваивается определенная буква. Звеньям линейной цепи обычно присваивают букву русского алфавита, угловым – греческого. Каждому составляющему звену присваивают индекс в виде порядкового номера, отсчет которого производится от левой границы замыкающего звена. Замыкающему звену присваивают индекс. Увеличивающие звенья обозначают стрелками, проставленными над буквенным обозначением звена и направленными вправо, а также знаком «+», уменьшающие – стрелками влево и знаком «–».

При расчете размерных цепей применяют методы:

- а) полной взаимозаменяемости (по ГОСТу метод расчета на максимум-минимум);
- б) теоретико-вероятностный;
- в) групповой взаимозаменяемости;
- г) регулирования;
- д) пригонки.

На сборочных чертежах обычно не указывают принятый метод достижения точности замыкающего звена. Тогда технологу приходится самому устанавливать метод сборки на основании выявления и проверочного расчета сборочных размерных цепей.

Выбор метода сборки зависит от точности звеньев цепи, от реальной возможности технологического оборудования по обеспечению точности составляющих звеньев в механическом цехе, от уровня организации сборочных работ.

Метод взаимозаменяемости применяют в том случае, когда на оборудовании механического цеха безусловно можно выдержать допуски составляющих звеньев, назначенных конструктором. Если это невыполнимо, пытаются применить метод неполной взаимозаменяемости. При этом значительно расширяются производственные допуски по сравнению с конструкторскими (в 1,5 ~ 2 раза), но у 0,27 размерных цепей (у трех из тысячи) предельные значения замыкающего звена (при нормальном законе распределения) могут быть не выдержаны. Если эти расширенные допуски трудновыполнимы, прибегают к использованию методов регулировки или пригонки (последний – в единичном или мелкосерийном производстве). В этом случае устанавливают на составляющие звенья легко выдерживаемые в данных производственных условиях допуски.

В редких случаях, когда точность звеньев исключительно высока, применяют метод групповой взаимозаменяемости (зазоры в плунжерных парах, подшипниках).

Метод полной взаимозаменяемости – это метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у всех объектов путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

Технологический процесс сборки при этом сводится к присоединению деталей в соответствии с установленным характером сопряжения без выполнения какой-либо пригонки, подбора деталей или регулирования их взаимного положения.

Основными достоинствами метода полной взаимозаменяемости являются простота и экономичность сборки, применение поточных организационных форм сборочных процессов, высокий уровень механизации и автоматизации сборочных процессов, возможность широкого кооперирования заводов, развитие специализированных предприятий с высоким уровнем автоматизации, возможность организации легкого, быстрого и дешевого ремонта изделий, упрощение системы изготовления запасных частей и др.

Метод полной взаимозаменяемости требует повышенной точности составляющих звеньев размерных цепей. В многозвенных цепях требуемая точность может существенно повышать среднюю экономическую, а иногда и достижимую точность, соответствующую существующим технологическим методам обработки. Поэтому метод полной взаимозаменяемости находит применение для создания короткозвенных размерных цепей или в случае, когда к замыкающим звеньям многозвенных цепей не предъявляют высоких точностных требований.

Метод групповой взаимозаменяемости – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается добавлением в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к одной из групп, на которые они предварительно рассортированы.

Достоинством метода является достижение высокой точности замыкающего звена при экономически целесообразных допусках составляющих звеньев размерной цепи. Метод находит применение в массовом и крупносерийном производстве для короткозвенных размерных цепей (3–4 звена).

Примерами применения метода могут служить комплектация шариков и колец шариковых подшипников, подбор при сборке поршней и поршневых колец, подбор при сборке пальца к отверстию верхней головки шатуна двигателя внутреннего сгорания.

К недостаткам метода относят увеличение незавершенного производства ввиду количественных несоответствий в группах деталей, соединяемых при сборке; дополнительные затраты на сортировку деталей по группам; усложнение снабжения запасными частями.

К недостаткам **метода регулирования** относят некоторое усложнение конструкции введением конструктивного компенсатора и усложнение сборки из-за необходимости проводить регулировку. Метод нашел широкое применение для создания многозвенных цепей с высокими требованиями к точности замыкающих звеньев.

Библиографический список

1. *Анухин, В. И.* Допуски и посадки / В. И. Анухин. СПб.: Питер, 2004. 207 с.
2. ГОСТ 16320-80. Цепи размерные. Методы расчета плоских цепей.
3. *Димов, Ю. В.* Метрология, стандартизация и сертификация / Ю. В. Димов. СПб.: Питер, 2005. 432 с.
4. *Лисиенкова, Л. Н.* Метрология, стандартизация и сертификация изделий и услуг / Л. Н. Лисиенкова. Челябинск: ЮУрГУ, 2001.
5. *Солонин, И. С.* Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И. С. Солонин, С. И. Солонин. М.: Машиностроение, 1980. 110 с.

УДК 629.5.03

С. В. Пивоваровастудент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**Н. Н. Скориантов**

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Отличительной особенностью интеллектуальных средств измерения (СИ) является способность определять и использовать наилучший из числа возможных алгоритмов измерения, способность трансформации алгоритма измерений в процессе его выполнения. Важным элементом таких интеллектуальных СИ является аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), к которому предъявляются высокие требования по точности и надежности. В связи с этим для работы в интеллектуальных СИ АЦП должны обладать, в том числе и надлежащим запасом отказоустойчивости, т. е. способностью продолжать функционирование при наличии отказавших компонентов. Широкое распространение находят АЦП на основе активной отказоустойчивости, когда при помощи средств самоконтроля (ССК) осуществляется автоматическое обнаружение неисправностей, происходящих в АЦП, с последующим их устранением за счет реконфигурации устройства или замены отказавших АЦП на резервные. С одной стороны, ССК позволяют сократить период скрытого отказа, уменьшают количество таких отказов и повышают эффективность структурного резервирования. С другой стороны, реализация функций самоконтроля и самодиагностики требует определенных затрат ресурсов, что приводит к росту суммарной интенсивности отказов и времени выполнения измерений, т. е. к снижению безотказности.

Обычно интеллектуальный датчик имеет АЦП и цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) в составе кремниевых чипов. Однако в реальности существуют серьезные технологические трудности, при которых необходимо разъединение сенсора (датчика) от интеллектуальной части. Тогда возникает необходимость в приборных интеллектуальных АЦП.

Обычно АЦП делятся на последовательные, параллельно-последовательные и параллельные, в том числе: «умные»; отказоустойчивые последовательные; резервируемые с реконфигурацией; с автоматической коррекцией динамических погрешностей и самоконтролем; повышенной точности и достоверности самоконтроля; со встроенным тестовым самоконтролем; с функциональным контролем; самоконтролирующие с замещением и др.

В связи с этим весьма актуальной является разработка функциональных схем высокоточных, отказоустойчивых АЦП, имеющих высокие значения достоверности самоконтроля, самодиагностики, обладающих способностью производить автокоррекцию погрешностей измерения и имеющих встроенные средства самокалибровки.

Библиографический список

1. Скориантов, Н. Н. Аспекты создания системы метрологического обеспечения измерительных систем при оценке технического состояния оборудования энергетических установок / Н. Н. Скориантов, Р. В. Гетьман // Мат. Межотр. науч.-практич. конф. «Военное кораблестроение – 2012». СПб., 2012. 190 с.
2. Скориантов, Н. Н. Метрологическое обеспечение систем вибрационного мониторинга измерительной техники / Н. Н. Скориантов, Т. П. Мишура, В. О. Парфенова // Морские интеллектуальные технологии. 2014. Т. 1. № 3 (25). С. 78–82.
3. Скориантов, Н. Н. Разработка методики оценки технического состояния роторного оборудования корабельной ЭУ: дисс. канд. техн. наук / Н. Н. Скориантов. СПб.: 1 ЦНИИ МО РФ, 2009.

УДК 53.089.6; 681.2.08

А. В. Семеновастудент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**А. Г. Варехов**

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРОВЕДЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Цифровые измерительные устройства можно разделить на цифровые измерительные приборы и цифровые измерительные преобразователи. Цифровые измерительные приборы – это автономные устройства, которые автоматически отображают значение измеряемой величины на цифровом дисплее. Цифровые измерительные преобразователи не имеют цифрового дисплея; результаты измерений преобразуются в цифровой код для последующей передачи и обработки в измерительных системах.

Наиболее распространенные типы цифровых измерительных устройств – это те, которые используются для измерения электрических величин, таких как ток, напряжение и частота. Эти устройства могут использоваться для измерения неэлектрических величин – таких как давление, температура, скорость и сила – если неэлектрическая величина сначала преобразуется в электрическую величину. Приборами учета характеристик оптических волокон являются оптические рефлектометры.

В данной статье будут рассмотрены три различных цифровых измерителя температуры (термометров), а также будет проведен анализ их устройства и технических характеристик.

Портативный измеритель температуры ИТ-17К-01. Электронный термометр со щупом ИТ-17К-01. Прибор предназначен для непрерывного (круглосуточного) измерения и регистрации температуры воздуха и/или других неагрессивных газов и/или жидкостей, а также для построения автоматических систем контроля температуры в производственных технологических процессах. Прибор может применяться в различных технологических процессах в промышленности, энергетике, сельском хозяйстве, гидрометеорологии и других отраслях хозяйства.

Портативный термометр ЛТ-300. Термометр ЛТ-300 может заменить большинство ртутных лабораторных термометров типов ТЛ, ТН, ТИН и ASTM для диапазона температур от 50 до +300 °С. Миниатюрный платиновый чувствительный элемент в тонкостенном чехле из нержавеющей стали позволяет измерять температуру с высокой точностью и незначительным временем реакции на ее изменения.

ЛТ-300 может быть использован везде, где сейчас используются ртутные термометры или лабораторные термометры других типов. ЛТ-300 совмещает в себе простоту использования ртутных термометров с удобством считывания показаний цифровых приборов. Как и прецизионные ртутные термометры, ЛТ-300 обладает высокой точностью, великолепной повторяемостью и отличной долговременной стабильностью. В отличие от стеклянных термометров ЛТ-300 не так просто повредить, но даже если вам это удастся, проблем с утилизацией ртути не возникнет.

ЛТ-300 характеризуется исключительно низким энергопотреблением и питается от стандартных батареек типа AAA, одного комплекта которых хватает на год непрерывной эксплуатации.

Термометр цифровой ТЦ-1200. Термометр для погружных и поверхностных измерений температуры жидких, твердых, газообразных и сыпучих сред контактным методом, а также для измерения сопротивления термометров сопротивления (ТС) и термоэлектродвижущей силы термопар (ТП).

Измеритель-регулятор может применяться для измерения температуры в технологических процессах различных отраслей промышленности, при производстве продуктов питания, в сельском хозяйстве, в научных исследованиях и при калибровке СИ температуры.

Для выбора лучшего из представленных цифровых термометров сравним их технические и метрологические характеристики (см. таблицу).

Сравнив характеристики трех различных оптических рефлектометров, можно сделать вывод, что наиболее выгодным будет термометр лабораторный ЛТ-300.

Технические и метрологические характеристики рассмотренных цифровых термометров

Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение		
		ИТ-17К-01	ЛТ-300	ТЦ-1200
Диапазон измерений температуры	°C	–99...+999	–50...+300	–80...+300
Разрешающая способность индикации температуры	°C	0,1 (от –99 до +999°C) 1 (ниже –99 выше +999°C)	0,01 (от – 50 до +199,99 °C) 0.01 (от +200 до +300 °C)	с ТП – 0,1 °C с ТС – 0,01 °C
Потребляемая мощность, не более	мВт	10	10	70
Минимальный диаметр датчика	мм	6	3	6
Средний срок службы, не менее	лет	5	10	8
Пределы абсолютной погрешности измерений температуры	°C	±0,2	±0,05	±(0,05+0,0005)
Стоимость	руб.	8 150	19000	13 450

Данное цифровое средство имеет меньшую разрешающую способность индикации температуры при чуть большем диапазоне в сравнении со своим ближайшим конкурентом ТЦ-1200. При этом ИТ-17К-01 имеет больший диапазон измерений, привлекательную цену, небольшую потребляемую мощность, но уступает своим аналогам при сравнении их пределов абсолютной погрешности измерений температуры. ЛТ-300 также имеет лучшее значение пределов допускаемой абсолютной погрешности при измерении температуры и при этом потребляет энергии столько же, сколько и ИТ-17К-0. Более того, по остальным характеристикам (средний срок службы и минимальный диаметр датчика) ЛТ-300 также превосходит конкурентов при несущественной большей стоимости.

Библиографический список

- ГОСТ 8.558-2009 ГСИ. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений температуры. М.: Стандартинформ, 2012. Приложение А.
- Руководство по эксплуатации ТКЛШ 2.822.000 РЭ. ООО «Термэкс».
- Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ.
- Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация / Ю. В. Димов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2005. 432 с.
- Портативный измеритель температуры ИТ-17К-01. URL: https://skomplekt.com/files/product_57350/instr_p57350_1.pdf (дата обращения: 6.10.2019).

Однако результат свертки $s(x)$ последовательности на сигнатурном анализаторе не есть остаток $s(x)$ от деления на полином $p(x)$. В то же время между $s(x)$ и $s(x)$ существует однозначная связь.

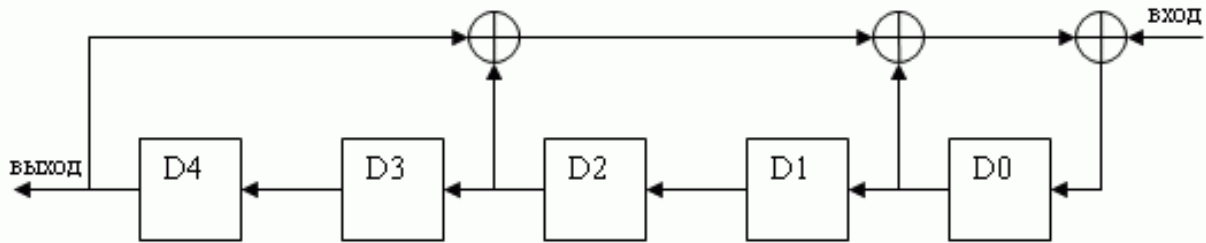


Рис. 2. Схема сигнатурного анализатора, построенного по методу свертки

Одновременно с первыми сложными электронными схемами появилась и задача создания эффективных средств диагностирования и ремонта изделий, выполненных на их основе. Отечественная промышленность в предыдущие десятилетия использовала специализированные программируемые стенды для диагностирования серийных электронных изделий, а также различные тестеры и пробники для поиска неисправностей в период их эксплуатации. Но резкое увеличение фактора «плотность монтажа/стоимость» параллельно с очень быстрой модификацией электронных изделий сделали программируемые стенды экономически неэффективными даже в серийном производстве.

Применение традиционного лабораторного оборудования (осциллографов, мультиметров, тестеров и т. д.) требует подачи напряжения питания на дефектные модули, что часто невозможно и небезопасно, так как может привести к выходу из строя исправных узлов модуля. Кроме того, для использования этого оборудования требуется наличие документации и высокая квалификация персонала [2].

С целью решения этих проблем предприятие «Совтест АТЕ» начало поиск универсального ремонтного оборудования, способного обеспечить быстрый и качественный ремонт радиоаппаратуры без документации и силами сервисного персонала средней квалификации. Помог опыт зарубежных производителей тестового оборудования. В 1993 г. предприятие заключило соглашение с английской кампанией *Polar Instruments* о продвижении ее товаров на российском рынке и приобрело для своего сервисного центра прибор POLAR T3000 – локализатор неисправностей на компонентном уровне (сигнатурный анализатор).

В приборе POLAR T3000 используется простой эффективный метод ASA – *Analog Signature Analysis* (аналоговый сигнатурный анализ). Данный метод эффективен и безопасен при тестировании любых электронных модулей, поскольку при его реализации отсутствует необходимость в подаче на проверяемые платы питающего напряжения. По этой причине исключается возможность появления последующих дефектов в виде КЗ, выгорания дорожек и элементов при тестировании неисправного электронного модуля.

Режимы работы POLAR T3000:

1. В режиме реального времени (непосредственного сравнения) прибор сравнивает два одинаковых устройства – эталонное и тестируемое, – и результат тестирования выводится на дисплей локализатора неисправностей или монитор ПК.

2. В режиме программирования прибор производит проверку проверяемого изделия по заданной программе тестирования. Оператор устанавливает пробники согласно командам программы, а сравнение сигналов выполняется прибором автоматически. Наличие файла эталонных сигнатур (тестовой программы) позволяет обойтись при тестировании без использования второго (эталонного) устройства.

Технические характеристики сигнатурного анализатора POLAR T3000 приведены в табл. 1.

Опираясь на накопленный опыт по ремонту и диагностированию узлов радиоэлектронной аппаратуры и учитывая потребность российского рынка в простом, универсальном и высокоэффективном

тестовом оборудовании, предприятие «Совтест АТЕ» разработало прибор SFL2500 – локализатор неисправностей на компонентном уровне. Технология производства прибора SFL2500 предусматривает контроль качества на всех этапах его изготовления.

Таблица 1

Технические характеристики POLAR T3000

Диапазоны тестирования	V пик	I пик
Min	1 В	500 мкА
Logic	10 В	5 мА
Low	10 В	150 мА
Med	20 В	1 мА
High	40 В	1 мА
Частоты тестирования	50, 100, 500, 1000, 2000 Гц	
Импульсный генератор DC, Pulse1, Pulse2	0–7,5 В (регулируемый) Регулировка длительности и амплитуды импульса	
Регулировка чувствительности	1–99%	

В основу работы прибора SFL2500 положен метод аналогового сигнатурного анализа (ASA), который иногда называют методом UI (напряжение – ток). Суть метода заключается в том, что прибор выводит на цветной экран вольт-амперную характеристику (сигнатуру) анализируемой цепи, которая сравнивается с эталонной. Эталонная сигнатура может быть получена от исправного модуля (прибор имеет два канала) или из альбома эталонных сигнатур, поставляемого с прибором.

Отличие сигнатуры проверяемой цепи от эталонной говорит о наличии неисправностей в данной цепи. Сравнение сигнатур выполняется автоматически, т. е. прибор сообщает результат сравнения (годен/не годен). Порог различия (допуск) сигнатур задается оператором, что позволяет устанавливать любую глубину сравнения [3]. Примеры сигнатур анализируемой цепи приведены на рис. 3.

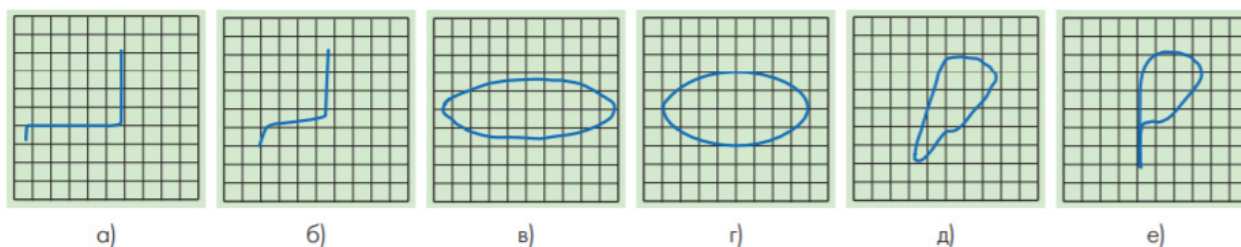


Рис. 3. Примеры некоторых сигнатур: а) исправный стабилизатор; б) неисправный стабилизатор; в) конденсатор с верным значением емкости (100 мкФ); г) конденсатор с неверным значением емкости (10 мкФ); д) исправная вторичная обмотка трансформатора; е) вторичная обмотка с одним неисправным выпрямительным диодом

Встроенный функциональный генератор прибора SFL2500 позволяет оценить работоспособность ключевых компонентов, таких как транзисторы, тиристоры, оптроны и т. д., не выпаивая их из схемы и не повреждая тем самым ее печатных проводников. При помощи прибора SFL2500 можно проверить не только собранную плату, но и отдельные элементы (микросхемы, транзисторы, конденсаторы, диоды и т. д.) перед их установкой на плату.

Технические характеристики сигнатурного анализатора SFL2500 приведены в табл. 2.

Технические характеристики SFL2500

Диапазоны тестирования	V пик, В	I пик, мА
Min	1	0,5
Logic	10	5
Low	10	150
Med	20	1
High	50	1
Частоты тестирования	20 Гц, 40 Гц, 90 Гц, 500 Гц, 2 кГц	
Импульсный генератор		
DC, Pulse1, Pulse2	0–7,5 В (регулируемый) Регулировка длительности и амплитуды импульса	
Диапазон переключения		
Ручной	Выбирается отдельный диапазон управления	
AUTO	Автоматически выбирается подходящий диапазон	
CYCLE	Проверка во всех диапазонах тестирования по кругу	
Функциональные возможности		
Регулировка чувствительности	1–99%	
Сохранение эталонных сигнатур	Базовая модель – по 1 сигнатуре для каждого канала. Опция – до 1024 сигнатур для каждого канала	
Мультиплексор каналов (для подключения клипс, краевых разъемов и т. д.)	Опция – 1024 канала, наращивается по 128	
Дополнительная память для хранения и вывода на экран эталонных сигнатур	Максимальное количество хранимых сигнатур – 1024	
USB-интерфейс с ПК	Опция	

В ходе исследования было выявлено, что отечественный производитель делает такую же качественную продукцию и не уступает импортным. Если распространить эти приборы на все российские производства, будет значительно снижена рыночная цена локализаторов неисправностей (сигнатурных анализаторов).

Библиографический список

1. Пухальский, Г. И. Цифровые устройства / Г. И. Пухальский, Т. Я. Новосельцева. СПб.: Политехника, 2001.
2. Шонфелдер, Г. Измерительные устройства на базе микропроцессора / Герт Шонфелдер, Корнелиус Шнайдер. СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
3. Исаков, Н. SFL2500 локализатор неисправностей на компонентном уровне / Н. Исаков // Электроника: Наука, технология и бизнес. 2006. № 2. С. 70–72.

УДК 614.12

Д. Д. Федюнин, Р. А. Ахмадовстуденты кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий
и промышленной безопасности**К. В. Епифанцев**

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АЛГОРИТМ РАБОТЫ ВИРТУАЛЬНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОМАНДЫ NUMERICADD

Наша задача – создание виртуального инструмента при помощи пакета LabVIEW.

Рассмотрим алгоритм создания лицевой панели.

1. Запустим программу LabVIEW 8.5, при этом откроется стартовое окно.
2. В левой части диалогового окна (Files) выберем пункт BlankVI (пустой виртуальный прибор (ВП)). При этом откроются два окна: Untitled Front Panel и Untitled Block Diagram. Слово Untitled («не имеющий наименования») указывает на то, что мы еще не назвали наш ВП и не сохранили его на диск компьютера. Если окно BlockDiagram скрыто, то его можно вызвать через меню Window → ShowBlockDiagram.
3. Сохраним новый ВП. Для первого сохранения ВП в меню File любого из этих окон выберем пункт Save.
4. В открывшемся диалоговом окне выберем или создадим новую папку для наших ВП, введем имя файла – Example01 и подтвердим сохранение, нажав ОК. Файл сохранится с расширением .vi от VirtualInstrument – Виртуальный прибор. Чтобы не потерять сделанную работу, время от времени следует сохранять ВП в процессе его редактирования. Для этого можно использовать меню File → Save. Передняя панель (FrontPanel) ВП служит для размещения на ней элементов управления и индикаторов, т. е. элементов, при помощи которых этот ВП будет взаимодействовать с человеком (или с другим ВП, как мы увидим немного позже). Для начала создадим ВП, который может складывать два числа. Поместим на переднюю панель простейший элемент управления (Control).
5. Переместим указатель мыши на рабочую (клетчатую) поверхность передней панели и нажмем правую кнопку мыши.
6. В появившемся меню элементов управления Controls из раздела Modern (современные) выберем пункт Numeric (числовые, цифровые).
7. В раскрывшемся меню Numeric выберем Numericcontrol (числовой элемент управления). Указатель мыши примет вид руки, держащей пунктирные прямоугольники – контур элемента управления.
8. Переместим указатель на переднюю панель и установим элемент, нажав один раз на левую кнопку мыши.
9. Два раза щелкнем левой кнопкой мыши на надпись Numeric над элементом управления и введем текст: Число А.
10. Добавим на переднюю панель еще один элемент управления и назовем его Число Б;
11. Аналогичным образом добавим на переднюю панель индикатор (Controls → Modern → Numeric → NumericIndicator). Назовем его Сумма.

Теперь передняя панель выглядит следующим образом: на ней расположены два элемента управления, используя которые можно ввести в компьютер два числа, и индикатор, который будет отображать результат операции с этими числами. На блок-схеме появились соответствующие им терминалы, при помощи которых введенные числа Число А и Число В передаются в программу, а результат выполнения программы выводится на индикатор Сумма. Обратите внимание, что терминалы элементов управления находятся слева, а индикатора – справа. Они расположены так, потому что общепринятое направление передачи данных и сигналов на блок-схемах слева направо и сверху вниз. Этого правила следует обязательно придерживаться при оформлении программ в среде 6 LabVIEW. Выходы терминалов элементов управления (маленькие треугольники) расположены справа на иконках этих терминалов, а вход индикатора – слева. В среде LabVIEW все процедуры и функции представлены виде иконок. Поместим на нашу блок-схему иконку операции сложения.

12.Нажмем правую кнопку мыши на белом поле окна блок-схемы.

13.В появившемся меню Functions (функции), выберем раздел Programming (программирование) → Numeric → Add (сложить).

14.Поместим на блок-схему иконку оператора сложения

15.Подведем курсор к иконке. По краям иконки появятся точки с отрезками линий – контакты, при помощи которых элементы блок-схемы соединяются между собой.

16.Подведем курсор к контакту $x + y$ оператора сложения. При этом он примет вид катушки с проводом (Wiringtool – инструмент для соединения проводами), а внизу появится подсказка – назначение данного контакта.

17. Щелкнем левой кнопкой мыши и подведем Wiringtool к терминалу Сумма. За курсором потянется пунктирная линия – набросок будущего провода. Его направление можно задавать, нажимая на левую кнопку мыши. Нажатие на правую кнопку отменяет рисование провода.

18. Подведем курсор к контакту терминала Сумма и, нажав левую кнопку мыши, соединим их между собой.

19. Аналогично соединим терминал Число А и вход x оператора сложения, а затем – терминал Число Б и контакт y .

20. Выделяя провода и терминалы при помощи мыши и перемещая их при помощи клавиш, придадим блок-схеме вид.

Визуализация процесса подготовки к измерениям представлена на рис. 1–7.



Рис. 1. Стартовое окно LabVIEW

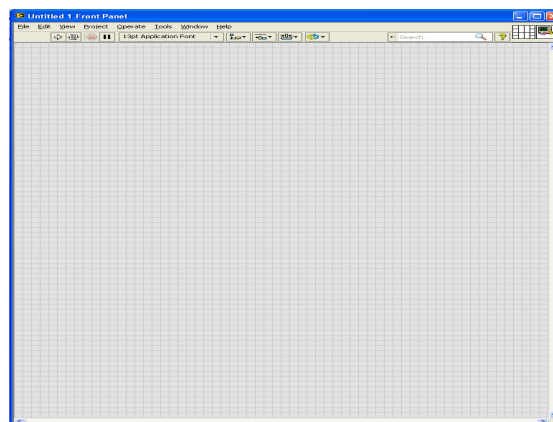


Рис. 2. Окно FrontPanel (первая панель)

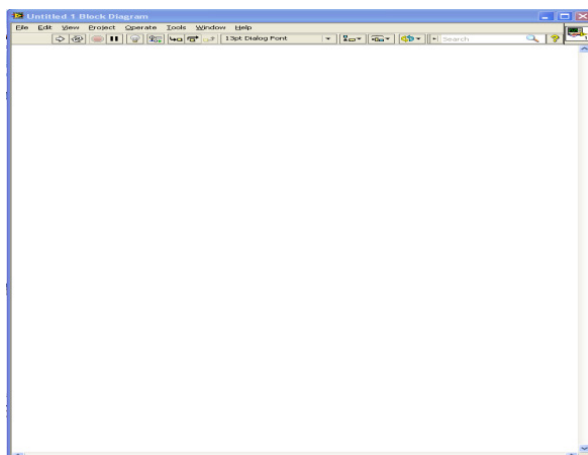


Рис. 3. Окно BlockDiagram (блок-схема)

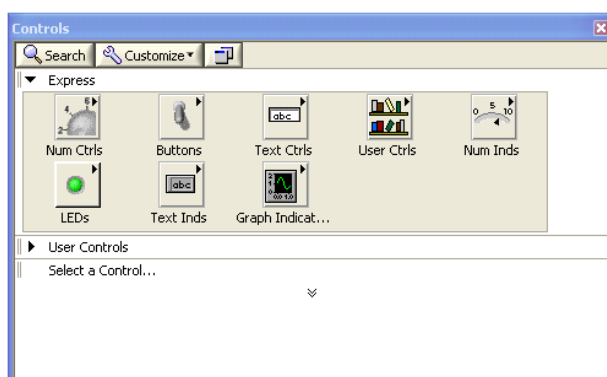


Рис. 4. Меню Controls и раздел Modern

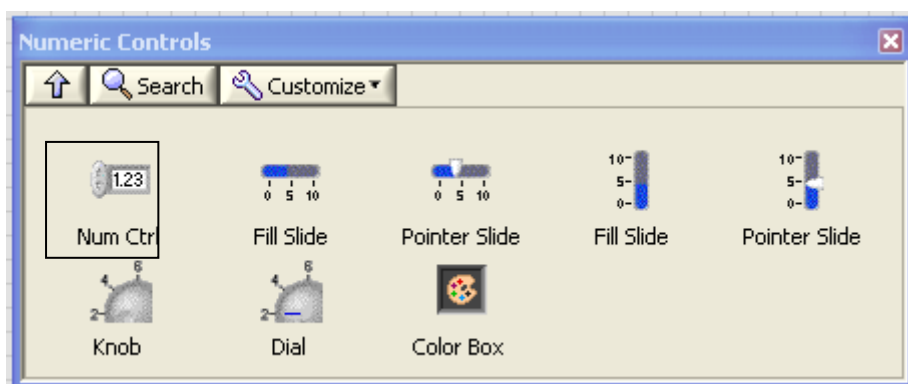


Рис. 5. Меню Numeric (элемент управления NumericCtrl выделен рамкой)

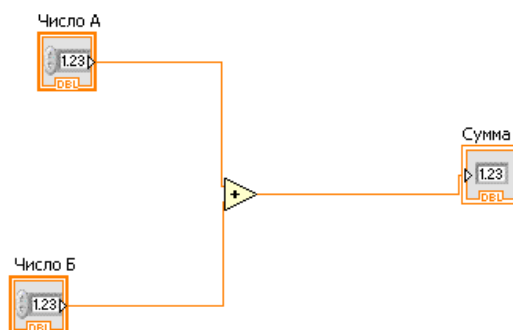


Рис. 6. Терминалы элементов управления на блок-схеме

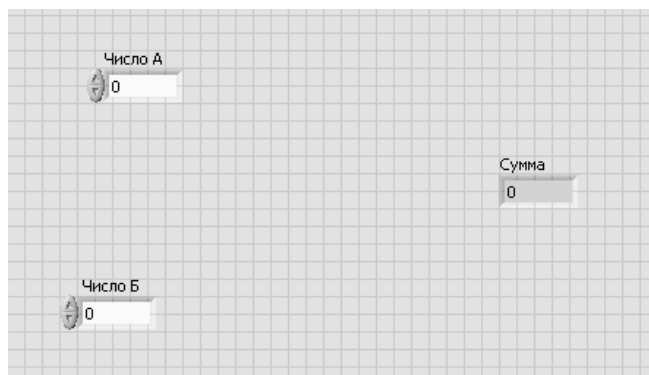


Рис. 7. Элементы управления

Таким образом, можно сделать вывод, что данная функция полезна для визуализации суммирования разных приборов.

Библиографический список

1. Блюм, П. LabVIEW: стиль программирования / П. Блюм. М.: ДМК Пресс, 2010.
2. Федосов, В. П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В. П. Федосов. М.: ДМК Пресс, 2013.
3. Лупов, С. Ю. LabVIEW в примерах и задачах / С. Ю. Лупов, С. И. Муякшин, В. В. Шарков. Нижний Новгород, 2007. 101 с.

УДК 681124.41

А. А. Емельянов, Н. М. Митрофанов, А. Г. Харатян

студенты Военного учебного центра

К. В. Епифанцев

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Аппаратные генераторы случайных чисел главным образом применяются для проведения статистических испытаний и в криптографии, где они используются для создания криптографических ключей для зашифрованной передачи данных. Также такие устройства широко используются в интернет-казино для имитации, например, рулетки. Но из-за сложности реализации и относительной медленности использование подобных генераторов зависит от потребностей конкретной предметной области и от устройства самого генератора. В специализированной аудитории ГУАП создается виртуальный инструмент при помощи пакета LabVIEW – генератор случайных чисел. Мы решили исследовать данный генератор, потому что данная технология актуальна, и с каждым годом проблема шифрования передачи данных на предприятиях усложняется.

Простая игральная кость, широко использовавшаяся в азартных играх в прошлом и в настольных играх в настоящее время, является простейшим истинным генератором случайных чисел. В 1890 г. английский исследователь Фрэнсис Гальтон описал способ использования игровых костей для генерации случайных чисел в научных целях.

Дальнейшим развитием аппаратных генераторов случайных чисел можно считать специальные устройства – лототроны, использующиеся для генерации чисел в лото и кено. Они главным образом состоят из барабана, перемешивающего шары с числами, и устройства, извлекающего их из него поочередно. Однако такой метод генерации является очень медленным и непригодным для автоматической генерации больших массивов данных.

Для прикладных задач были необходимы большие массивы данных. В 1939 М. Ж. Кендалл и Б. Бабингтон-Смит построили первую машину, генерирующую случайные числа для построения таблицы, содержащей 100 000 случайных чисел. А через 16 лет корпорацией RAND с использованием специальных устройств была построена таблица из миллиона случайных чисел. Несмотря на оживление табличного метода в 1996 г. Дж. Марсальей, построившим 650 Мбайт случайных чисел, круг применимости таких таблиц очень узок.

Гораздо большее распространение получили генераторы случайных чисел, генерирующие их в реальном времени. В 1951 г. в компьютер Ferranti Mark 1 была включена программа, которая генерировала случайные числа, используя шум резистора. Идея создания этой программы принадлежала А. Тьюрингу. А в 1957 г. была изобретена машина ERNIE (Electronic Random Number Indicator Equipment), четвертая версия которой была представлена в 2004 г. Это устройство изначально предназначено для генерации номеров выигрышных облигаций в британской лотерее (рис. 1).



Рис. 1. Пример ручного генератора случайных чисел.

Наша задача - создать виртуальный инструмент (ВИ) при помощи пакета LabVIEW и встроить в ВИ возможность вычисления статистических характеристик сигнала.

Рассмотрим алгоритм создания лицевой панели.

1. Чтобы создать виртуальных генератор случайных чисел в среде LabVIEW (рис. 2), нужно создать новый проект, на фронтальную панель добавить элемент WaveformChart, который находится на контрольной панели в разделе Classic → ClassicGraph.

2. Затем нужно перейти на блокную диаграмму (рис. 3) и добавить цикл WhileLoop из раздела Programming → Structures. Для остановки/запуска цикла нужно добавить контроль. Также надо добавить генератор случайных чисел RandomNumber (0–1) из раздела контрольной панели Mathematics → Numeric.

3. Чтобы запустить виртуальную модель на выполнение, нужно нажать кнопку RunContinuously на главном меню фронтальной панели с пиктограммой  (рис. 4).

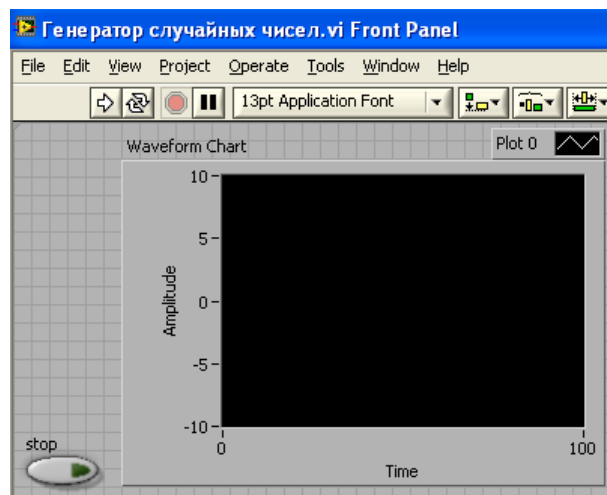


Рис. 2. Фронтальная панель LabVIEW

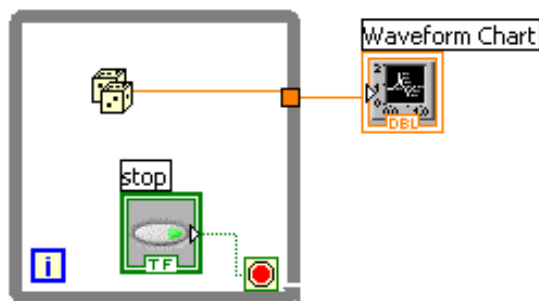


Рис. 3. Элементы блокной диаграммы

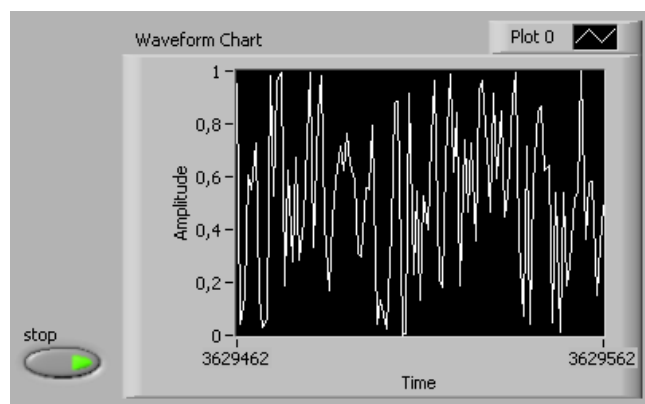


Рис. 4. Результат работы генератора случайных чисел

Виртуальный генератор случайных чисел, созданный с помощью пакета LabVIEW, предназначен для генерирования последовательности случайных чисел на основе измеряемых, хаотически изменяющихся параметров протекающего физического процесса. Также возможно интегрировать данный генератор в другие виртуальные установки и использовать его в качестве тестера.

Библиографический список

1. Блюм, П. LabVIEW: стиль программирования / П. Блюм. М.: ДМК Пресс, 2010.
2. Федосов, В. П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В. П. Федосов. М.: ДМК Пресс, 2013.
3. Лупов, С. Ю. LabVIEW в примерах и задачах / С. Ю. Лупов, С. И. Муякшин, В. В. Шарков. Нижний Новгород, 2007. 101 с.

УДК 68112441

М. К. Жакисов, А. В. Добрицкая

студенты Военного учебного центра

К. В. Епифанцев

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПРИСТАВКЕ ELVIS II ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИГНАЛА НА RS-ТРИГГЕР

RS-триггер как цифровой управляющий автомат включает собственную память и комбинационную схему управления на типовых логических элементах, реализующую его входной логический алгоритм. Если рассматривать эту схему применительно к простейшим схемам триггеров, то они не имеют структурно выделенной памяти в виде какой-то специализированной микросхемы или схемного узла. Память триггера существует на уровне функции, она словно встроена в алгоритм работы его комбинационной схемы управления.

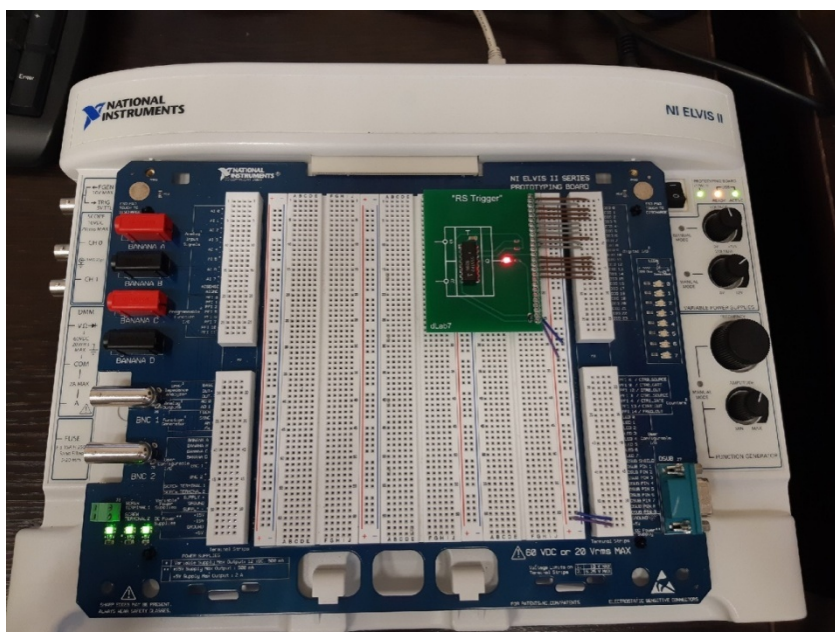


Рис. 1. Приставка ElvisII

NIELVIS II – это модульная образовательная лабораторно-техническая платформа, разработанная специально для учебных заведений (рис. 1). Практический подход к обучению помогает преподавателям передавать студентам навыки проведения экспериментов.

NIELVIS II – это устройство, сочетающее 12 наиболее часто используемых приборов для лабораторных работ в компактном формфакторе, таких как осциллограф, цифровой мультиметр, генератор функций, переменный источник питания и анализатор Боде. Вы сможете передавать результаты измерений на ПК благодаря поддержке plug-and-play USB и создавать схемы на съемной плате прототипирования.

Комплект оборудования Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NIELVIS II Series) фирмы National Instruments Corporation обладает функциональными возможностями лабораторного рабочего места с широким набором приборов общего назначения. Комплект ELVIS II Series комбинирует как аппаратные средства, так и программное обеспечение к ним в один полный лабораторный набор.

Из всех видов триггеров RS-триггер как по принципу действия, так и по схемотехнике, самый простой.

Информация может записываться в триггеры свободно (непрерывно), т. е. при подаче сигналов на вход, состояние выхода меняется в реальном времени. Такие триггеры называются асинхронными.

А может информация записываться, только когда активен синхронизирующий сигнал. При отсутствии положительного уровня напряжения на нем информация на выходах измениться не может – так функционируют синхронные (тактируемые) триггеры.

Асинхронный RS-триггер имеет два входа – «R» и «S» – и два выхода, как правило это «Q» и «не Q» (т. е. инверсный). Вход R – это «Reset» (сбросить), вход «S» – это «Set» (установить). При подаче сигнала на вход «S», на выходе «Q» – «Quit» устанавливается единица, а подача единицы на «R» приводит к сбросу единицы на выходе «Q» и установки на нем нуля.

Реализуется RS-триггер как на логических элементах 2И–НЕ, так и на логических элементах 2ИЛИ–НЕ.

Триггер условно можно назвать автоматом, способным хранить один бит информации. Простейшего вида прибор имеет два выхода, находящихся по отношению друг к другу в инверсном состоянии. Важные параметры устройства связаны с синхронизацией (тактированием) выходов, зависящей от времени предустановки и выдержки. Первый параметр характеризуется интервалом времени, в течение которого поступает разрешающий фронт синхросигнала, а второй определяется временем нахождения устойчивого состояния в неизменном положении. Ряд других характеристик триггера связывают с сигналом, проходящим через него. К ним относятся:

- нагрузочная способность – характеризуется коэффициентом разветвления (K_p) и обозначает способность прибора управлять определенным количеством параллельно подключенных элементов к выходу устройства;

- K_o – коэффициент объединения, обозначает наибольшее число входных напряжений, которые возможно завести на вход прибора;

- $t_{и}$ – минимальная продолжительность входного сигнала, т. е. длительность импульса, при котором триггер еще может перейти в инверсное состояние;

- $t_{зд}$ – коэффициент задержки, указывает на временной промежуток между подачей входного сигнала и появлением напряжения на выходе;

- t_p – длительность разрешения, определяется минимальным временем, прошедшим между двумя импульсами сигнала на входе и спровоцировавшим переход триггера в другое состояние.

Измерения можно производить в следующем порядке:

1. Установите макетную плату на лабораторную станцию NI ELVIS II, которая была заранее приготовлена.

2. Установите и подключите прибор таким образом, чтобы контакты 1–2 лабораторного модуля совпали с контактными полосами DIO0-DIO1 контактного поля DigitalI/O² макетной платы, контакт 13 лабораторного модуля совпал с контактной полосой DIO12, контакт 25 подключите к контактной полосе GROUND, а контакт 26 – к контактной полосе +5V контактного поля DCPowerSupply способом 1 или 2. (рис. 1).

3. Подключите NI ELVIS II к ПК с помощью USB-кабеля, а через блок питания, идущий в комплекте с устройством, к внешнему источнику питания 220 V. На задней панели NI ELVIS II переключатель питания необходимо перевести в положение «|». В этот момент на лицевой панели оранжевым цветом загорается индикатор Active. На рабочем столе возникнет диалоговое окно NewData Acquisition Device, а на лицевой панели NI ELVIS II оранжевым цветом загорится индикатор Ready. Для работы с платой необходимо перевести на лицевой панели NI ELVIS II переключатель питания (Prototyping Board) в положение «|», в этот момент индикатор Power загорится зеленым светом.

4. Откройте программу для выполнения работы. На рабочем столе откроется окно лабораторной работы.

5. Далее нажмите клавиши S и R, соответственно изменяя значения с «0» на «1» и наоборот. Входы RS-триггера выполнены инверсными, поэтому сигналы низкого уровня на входах дают на выходе сигнал высокого уровня. Нажмите клавишу «Добавить состояние в таблицу и на диаграмму».

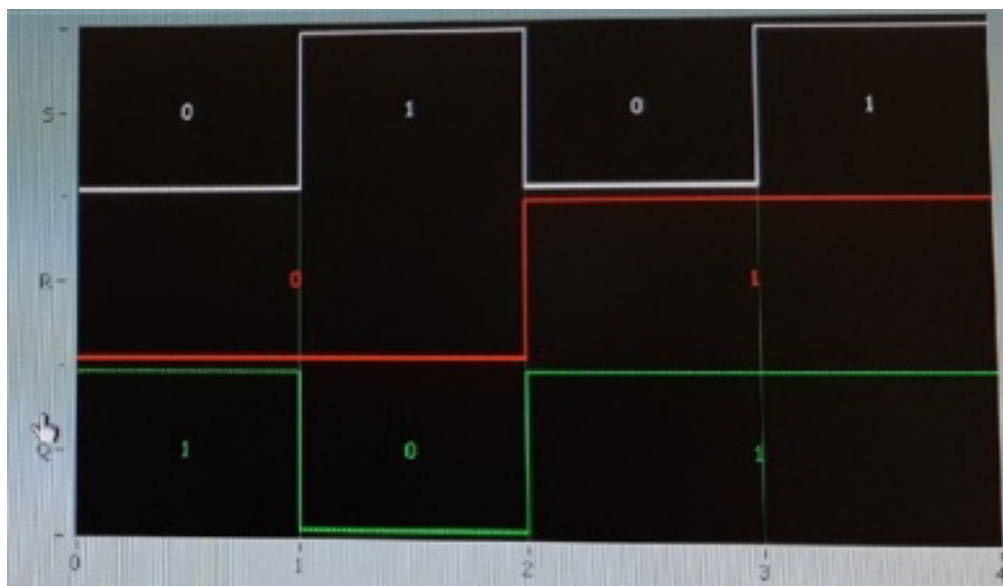


Рис. 2. Схема сигналов RS-триггера

На рис. 2 видно, как ведет себя сигнальная характеристика RS-триггера. Виртуальный RS-триггер, созданный с помощью пакета LabVIEW, предназначен для записи и хранения информации.

Библиографический список

1. Лупов, С. Ю. LabVIEW в примерах и задачах / С. Ю. Лупов, С. И. Муякшин, В. В. Шарков. Нижний Новгород, 2007. 101 с.
2. Создание виртуального генератора шума при помощи пакета LABVIEW / К. В. Епифанцев [и др.] // Инновационные технологии в машиностроении // Сб. тр. X Междунар. науч.-практич. конф. Томск: ТПУ, 2019. С. 72–76.

УДК 681124.41

Е. А. Лысова

студент Военного учебного центра

К. В. Епифанцев

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА LABVIEW ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК D-ТРИГГЕРА

В цифровой и вычислительной технике наиболее распространенным является D-триггер, иначе его называют триггером задержки. Для производства d-триггера обычно используются полевые или биполярные транзисторы, а также интегральные микросхемы. Для управления логическими элементами используются входы, которые делятся на информационные и вспомогательные. *Информационные* воспринимают управляющие импульсы, в зависимости от его значения, в D-триггер записывается то или иное значение. *Вспомогательные* предназначены для синхронизации работы.

Слово «задержка» в названии триггера характеризует то, что поступивший информационный сигнал задерживается в нем ровно на один такт. Время задержки зависит от частоты импульсов синхронизации. В специализированной аудитории ГУАП создается виртуальный инструмент при помощи пакета LabVIEW – D-триггер, чтобы в более экономичном режиме обучаться возможностям электронных средств. Мы решили исследовать данный элемент, потому что данная технология актуальна и с каждым годом проблема сохранения особого режима секретности на предприятиях усложняется.

На рис. 1 символом D обозначен информационный вход, или вход данных, а C – тактовый, или синхронизирующий. На информационный вход подается информационный сигнал, который необходимо сохранить в D-триггере, а на тактовый вход подается тактовый импульс, в зависимости от значения которого определяется режим D-триггера: режим записи или режим хранения.

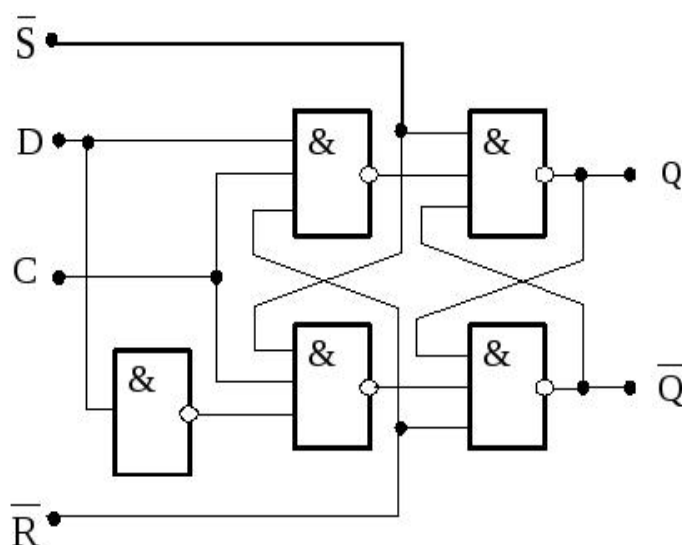


Рис. 1. Функциональная схема d-триггера

Логическое устройство будет находиться в устойчивом положении в том случае, если на $C = 0$. В этом случае импульсы, подающиеся на информационный D-вход, никак не влияют на прибор, и выходной импульс определяется записанным ранее значением. Если $C = 1$, то выходной сигнал будет зависеть от того, какой подан на информационный D-вход. Если $D = 1$, то на выходе будет 1, если $D = 0$, то на выходе будет 0 (см. таблицу).

Входной сигнал		Истинность сигналов триггера	Режим работы
C	D	Выходной сигнал Q	
0	0	Определяется предыдущим состоянием	Хранение информации
0	1	Определяется предыдущим состоянием	
1	0	0	Запись информации
1	1	1	

D-триггер выполняется двух типов: с управлением по уровню и с управлением по фронту.

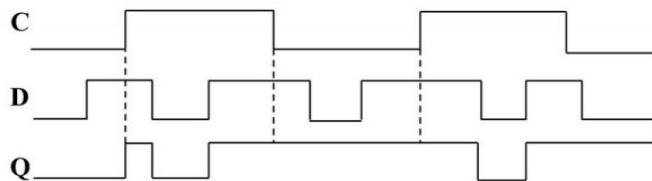


Рис. 2. Временная диаграмма работы прибора со статическим управлением

Элементы с управлением по уровню. При статическом управлении переход из одного состояния в другое выполняется по уровню. Сигнал с D-входа будет записываться только при высоком уровне на тактовом C-входе (рис. 2).

Элементы с управлением по фронту. Данный тип логического устройства срабатывает при переходе с одного уровня на другой. Срабатывание может выполняться в двух случаях: по переднему и заднему фронту. По переднему, если переход выполняется от 0 к 1, и по заднему, если от 1 к 0. Чтобы переключить D-триггер в нужное положение, сначала подается 0 или 1 на информационный D-вход. Если необходимо на выходе получить единицу, то $D = 1$, если нужно, чтобы был на выходе ноль, то на $D = 0$. Затем на C-вход подается тактовый импульс. По его изменению элемент переключится в нужное нам состояние. При этом сигнал, который подается на D-вход, будет сохранен. Такая логика работы делает электронный компонент очень удобным для хранения одного разряда двоичного числа (0 или 1). Причем это состояние D-триггер будет сохранять до тех пор, пока не поступит следующий бит информации.

Для сброса D-триггера нужно, чтобы на входах $D = 0$, а $C = 1$. Однако таким образом не всегда можно управлять состоянием, поэтому в схемах используют компоненты с тремя входами.

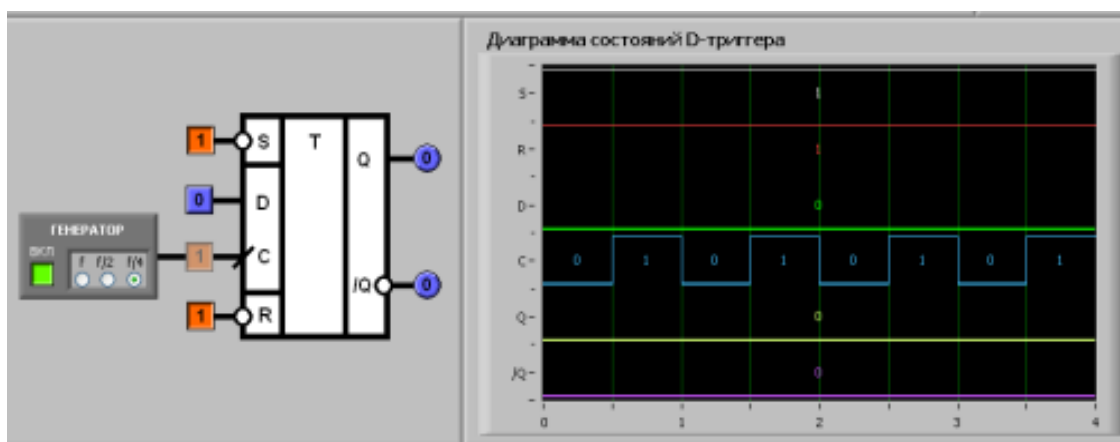


Рис. 3. Пример модели для исследования d-триггера в LabVIEW

Если в логическом элементе D-вход соединить с инверсным выходом, то в этом случае прибор можно использовать в качестве счетного или T-триггера (рис. 3). В этом случае при подаче импульса на C-вход логический компонент переходит в противоположное положение.

Триггеры являются важной компонентой для создания различных микросхем. Их использование позволяет выполнять устройства с цифровой памятью. В микропроцессорной технике они являются основой для реализации электронных компонентов оперативной памяти. Их используют в регистрах сдвига и регистрах хранения.

Библиографический список

1. Блюм, П. LabVIEW: стиль программирования / П. Блюм. М.: ДМК Пресс, 2010.
2. Федосов, В. П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В. П. Федосов. М.: ДМК Пресс, 2013.
3. Лупов, С. Ю. LabVIEW в примерах и задачах / С. Ю. Лупов, С. И. Муякшин, В. В. Шарков. Нижний Новгород, 2007. 101 с.

УДК 681124.41

Т. Х. Рахматов, Н. С. Увангур, Е. Н. Ахрямкин

студенты Военного учебного центра

К. В. Епифанцев

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

«1С: Управление производственным предприятием 8» является комплексным прикладным решением, охватывающим основные контуры управления и учета на производственном предприятии. Решение позволяет организовать комплексную информационную систему, соответствующую корпоративным, российским и международным стандартам и обеспечивающую финансово-хозяйственную деятельность предприятия.

Прикладное решение создает единое информационное пространство для отображения финансово-хозяйственной деятельности предприятия, охватывая основные бизнес-процессы. В то же время четко разграничивается доступ к хранимым сведениям, а также возможности тех или иных действий в зависимости от статуса работников (рис. 1).

Отчет производства за смену: Проведен

Действия: [Иконки] | Перейти | Подбор | Настройка

Номер: ЮФО00000002 | от: 03.06.2009 12:00:00 | Отобразить в: ☒ упр. учете ☒ бух. учете ☒нал. учете

Организация: ЮФО МебельСтройКомплект завод | Склад: Главный склад ЮФО

Подразделение: Цех ЮФО | Подразделение организации: Цех ЮФО

Производство и услуги (1 поз.) | Материалы (5 поз.) | Распределение материалов (5 поз.)

N	Материал	Харак...	Серия...	Ед.	К.	Кол...	Статья затрат	Производство	Счет з...	Счет з...	Характ...	Се
1	Клей мебельный			кг	1,0...	10,0...	Материалы собственные	Стол кухонный БС-55	20.01.1	20.01.1		
2	Кромка ПВХ			м	1,0...	50,0...	Материалы собственные	Стол кухонный БС-55	20.01.1	20.01.1		
3	Столешница			шт	1,0...	10,0...	Материалы собственные	Стол кухонный БС-55	20.01.1	20.01.1		
4	Труба хром D10			шт	1,0...	40,0...	Материалы собственные	Стол кухонный БС-55	20.01.1	20.01.1		
5	Шурупы			кг	1,0...	1,000	Материалы собственные	Стол кухонный БС-55	20.01.1	20.01.1		
						111...						

Ответственный: Абдулов Юрий Владимирович

Комментарий:

МХ-18 (Накладная на передачу готовой продукции) | Печать | ОК | Записать | Закрыть

Рис. 1. Информатизация в виде оформления отчета по смене через программу 1С

Следующий программный продукт – «Бест: Метрологическая служба» – предназначен для повышения эффективности учетной политики метрологической службы предприятия и оптимизации деятельности сотрудников службы метрологии при планировании работ и проведении всестороннего план/факторного анализа работы метрологической службы предприятия.

Система позволяет автоматизировать всю сферу ответственности метрологической службы:

- закупка средств измерений;
- учет метрологических характеристик оборудования в рамках эксплуатации;
- планирование затрат на проведение метрологических работ;
- проведение поверок/калибровок;
- планирование и регистрация ремонтов и ТО;
- списание средств измерений.

Функциональные возможности:

- учет и хранение средств измерений (СИ);
- калибровка СИ;
- поверка СИ;

- паспорт метрологической службы;
- аттестации;
- расходы на метрологический контроль;
- техническое обслуживание и ремонты;
- учет технической документации (рис. 2).

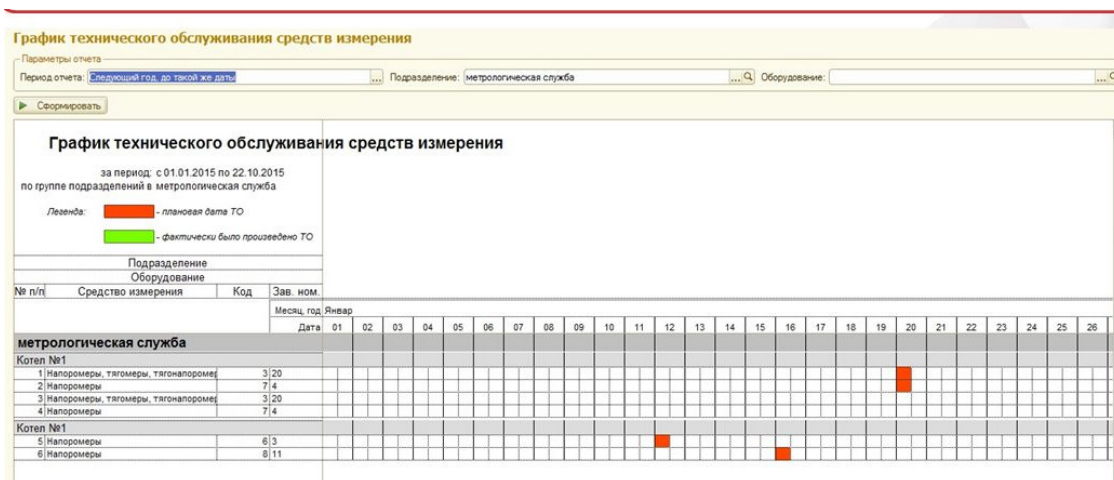


Рис. 2. Информатизация в виде оформления графика технического обслуживания СИ через «Бест: метрологическая служба»

Рассмотрим следующий вид программного обеспечения – «Асоми». Это программное обеспечение, разработанное специально для метрологических служб предприятий, эксплуатирующих парк СИ от десятка до сотен тысяч единиц. Система предназначена для автоматизации деятельности метрологических служб предприятий по учету СИ, а также управления их деятельностью, обеспечивая планирование, организацию и контроль выполнения метрологических работ (рис. 3).

Мои сайты | Новое Оповещение 0 | А.А.Администратор

[АСОМИ](#) [Согласование графиков](#) [Отчёты](#) [Оповещения](#) [Справка](#) [Регламентные работы](#) [Метрконтроль](#) [Архив МР](#) [Нормативные документы](#)

АСОМИ / АСОМИ1

Текущая роль: Метропонт

Режим: Журнал учета эксплуатации Вид: Учетные карточки СИ

Смена работ:

Зачисл: 25 Период: Страна поиска:

Номер Заводской	Вид учетной карточки	Наименование СИ	Тип СИ	Место установки	Место принадлежности СИ Подразделение МП	Мат ответственное лицо СИ
аваа338	Срокосущее устройство	Диафрагма	ДБ-10-1200	котел	/а	Администратор А.А.
аваа338	Срокосущее устройство	Диафрагма	ДБ-10-1200	котел	/а	Администратор А.А.
123	Средство измерений	Мультиметр	DT-990B		--	
12	Средство измерений	Ампервольтметр	D552			
355652	Средство измерений	Преобразователи плотности жидкости измерительные	7835, 7845, 7846, 7847			Киндинова Елена Викторовна
1445	Средство измерений	Визомеры нефтяготочные	УЗВН-1			Администратор А.А.
1701698	Средство измерений	Преобразователи температуры	Метран-280, Метран-280-Ex			Администратор А.А.
20117044826	Средство измерений	Преобразователи температуры	Метран-280, Метран-280-Ex			Администратор А.А.
2062342	Средство измерений	Преобразователи температуры	Метран-280, Метран-280-Ex			Администратор А.А.
6117153	Средство измерений	Преобразователи температуры	Метран-280, Метран-280-Ex			Администратор А.А.
аваа125	Средство измерений	Лампа накаливания температурная электрическая	ТРП 1100-2350			Администратор А.А.
0501	Средство измерений	Комплексы измерительно-вычислительные	ОКТОПУС-Л ОСТОПУС-Л			Администратор А.А.
1448016313851891	Средство измерений	Счетчики-расходомеры массовые	Micro MoloM mod. DS, DH, DT, DL, CMF, F, R, T, CN0050, H, LF			Администратор А.А.
1448015313852074	Средство измерений	Счетчики-расходомеры массовые	Micro MoloM mod. DS, DH, DT, DL, CMF, F, R, T, CN0050, H, LF			Администратор А.А.
919F519262	Средство измерений	Преобразователи давления измерительные	EJX			Администратор А.А.

Рис.3. Информатизация в виде оформления журнала учета эксплуатации СИ через «Асоми»

Данные программы незаменимы для информатизации измерений в производственном цикле.

Библиографический список

1. Лупов, С. Ю. LabVIEW в примерах и задачах / С. Ю. Лупов, С. И. Муякшин, В. В. Шарков. Нижний Новгород, 2007. 101 с.
2. Создание виртуального генератора шума при помощи пакета LABVIEW / К. В. Епифанцев [и др.] // Инновационные технологии в машиностроении // Сб. тр. X Междунар. науч.-практич. конф. Томск: ТПУ. 2019. С. 72–76.

УДК 681124.41

М. А. Сосов, В. А. Барулин

студенты Военного учебного центра

К. В. Епифанцев

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСФОРМАЦИИ СИГНАЛА НА МУЛЬТИПЛЕКСОРЕ ЧЕРЕЗ ПРИСТАВКУ ELVIS II

Мультиплексоры (рис. 1) получили широкое применение в делителях частоты, триггерных устройствах, сдвигающих устройствах. Они могут использоваться для преобразования параллельного двоичного кода в последовательный. Для такого преобразования достаточно подать на информационные входы мультиплексора параллельный двоичный код, а сигналы на адресные входы подавать в такой последовательности, чтобы к выходу поочередно подключались входы, начиная с первого и заканчивая последним.



Рис. 1. Пример мультиплексора

Схематически мультиплексор можно изобразить в виде коммутатора, обеспечивающего подключение одного из нескольких входов (их называют информационными) к одному выходу устройства. Коммутатор обслуживает управляющая схема, в которой имеются адресные входы.

Сигналы на адресных входах определяют, какой конкретно информационный канал подключен к выходу. Если между числом информационных входов n и числом адресных входов m действует соотношение $n = 2^m$, то такой мультиплексор называют *полным*. Если $n < 2^m$, то мультиплексор называют *неполным*. Разрешающие входы используют для расширения функциональных возможностей мультиплексора. Они используются для наращивания разрядности мультиплексора, синхронизации его работы с работой других узлов. Сигналы на разрешающих входах могут разрешать, а могут и запрещать подключение определенного входа к выходу, т. е. могут блокировать действие всего устройства.

Рассмотрим принцип работы мультиплексора (рис. 2). Входные логические сигналы X_i поступают на входы внутреннего коммутатора и через коммутатор передаются на выход Y . На вход управляющей схемы подается слово адресных сигналов A_k (от *англ. Address*). Мультиплексор также может иметь дополнительный управляющий вход E (от *англ. Enable*), иногда этот вход обозначают на схемах CS (от *англ. ChipSelect* – «выбор микросхемы»), он разрешает или запрещает прохождение входного сигнала на выход Y . Логический уровень разрешающего сигнала в разных конкретных моделях мультиплексоров может быть как логическая 1, так и логический 0, но в подавляющем количестве типов мультиплексоров выпускаемых промышленностью разрешающий сигнал логический 0. В разных типах мультиплексоров при запрещающем состоянии передачи на входе E на выходе Y может быть состояние 0 или 1.

Кроме этого, некоторые мультиплексоры имеют выход, который может принимать три состояния: два логических состояния 0 и 1, и третье состояние – отключенный выход (*высокоимпедансное состояние*, часто говорят, Z -состояние – выходное сопротивление велико, выходной внутренний логический вентиль отключается от выхода специальным внутренним ключом). Такое техническое решение облегчает наращивание количества входных сигналов мультиплексора каскадированием нескольких микросхем мультиплексоров, при этом выходы микросхем просто электрически соединяются. Перевод

мультиплексора в третье состояние производится подачей на вход *OE* (от *англ. OutputEnable*) логической 1, чаще логического 0 – опять же зависит от модели конкретного мультиплексора.

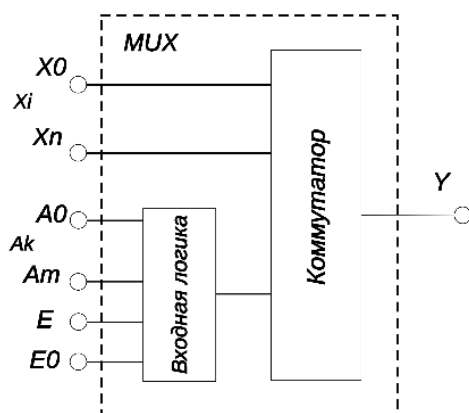


Рис. 2. Обобщенная схема мультиплексора

Для более тщательного исследования мультиплексора в лабораторных условиях воспользуемся программой LabVIEW и приставкой NIELVIS II.

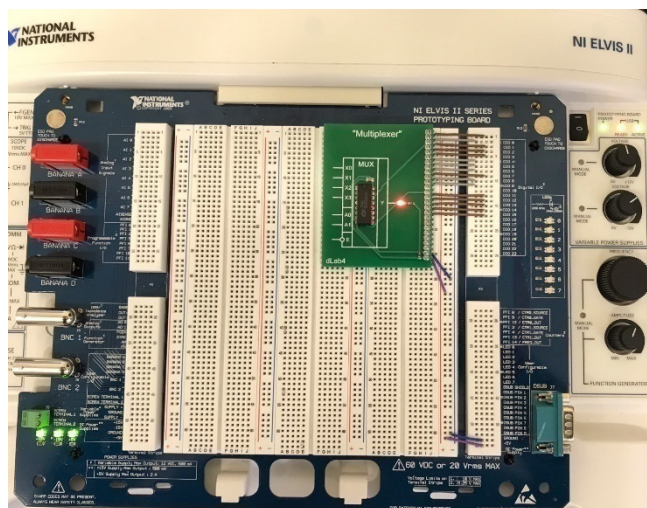


Рис. 3. Мультиплексор на установке Elvis II

Создание виртуального инструмента (ВИ) при помощи пакета LabVIEW позволяет встроить в виртуальный инструмент возможность вычисления статистических характеристик сигнала.

Рассмотрим алгоритм создания лицевой панели.

1. Создаем новый VI (VirtualInstrument) – команда New VI в начальном диалоге при открытии программы.

2. Для определения числа отсчетов выходного сигнала размещаем цифровой орган управления DigitalControl из вкладки Numeric меню Controls. Задаем подходящую надпись для созданного органа управления, например «Число отсчетов».

3. Размещаем цифровой орган управления DigitalControl для определения числа интервалов при нахождении моды случайного процесса. Задаем подходящую надпись для созданного органа управления, например «Интервалы».

4. Размещаем орган управления Knob из меню Controls/Numeric для регулировки интенсивности случайного процесса с равномерным распределением. Задаем для него надпись, например «Интенсивность».

5. Для установки среднеквадратичного отклонения случайного процесса с нормальным распределением размещаем один из ползунковых органов управления из вкладки Numeric меню Controls. За-

даем для него диапазон значений [0...1]. Надпись к созданному органу управления может быть такая: «СКО».

6. Размещаем четыре цифровых индикатора DigitalIndicator из вкладки Numeric меню Controls, которые будут отображать следующие статистические характеристики сгенерированного сигнала:

- математическое ожидание (Mean);
- среднеквадратичное отклонение (Standarddeviation);
- дисперсия (Variance);
- мода (Mode).

7. Определяем подходящие надписи для индикаторов, пользуемся для этого инструментом EditText.

8. Размещаем графический индикатор WaveformGraph, в котором будет отображаться форма выходного сигнала. Настраиваем тип и цвет линии (контекстное меню в правом верхнем углу индикатора). Определяем подходящую надпись к индикатору, например «Сигнал». Отменяем свойство автоматического масштабирования по вертикальной оси, для чего снимаем выделение с пункта контекстного меню Y Scale/AutoScale Y.

9. Размещаем на лицевой панели прибора, справа от индикатора сигнала, графический индикатор XY Graph из вкладки Graph меню Controls для отображения гистограммы случайного процесса. Наводим мышь на окно текущего графика, представляющее собой прямоугольник с условным обозначением графика, расположенный в правом верхнем углу индикатора XY Graph. Вызываем контекстное меню текущего графика с помощью правой кнопки мыши и в подменю BarPlots (гистограмма) выбираем одну из горизонтально ориентированных гистограмм. Отмечаем свойство автоматического масштабирования по вертикальной оси, для чего снимаем выделение с пункта контекстного меню Y Scale/AutoScale Y.

10. Размещаем переключатель вида распределения случайного процесса. Для этой цели подойдет орган управления Dial из вкладки Numeric меню Controls. Удаляем надпись Dial. После того как мы размещаем новый орган управления, с помощью подменю Representation контекстного меню объекта определяем тип данных: UnsignedLong – U32 (целое без знака 4 байта).

11. Используем инструмент EditText и определяем диапазон значений, соответствующий количеству распределений в генераторе: [0...2]. Используем вкладку контекстного меню органа управления Scale/Style и определяем его разметку таким образом, чтобы были видны маркеры целых значений без указания конкретных числовых значений. Используем инструмент EditText и задаем текстовые надписи рядом с маркерами. Надписи могут быть такими: «Нормальное распределение»/«Равномерное распределение»/«...» (последняя надпись определяется в соответствии с вариантом задания).

12. Размещаем один из логических выключателей из вкладки Boolean меню Controls для программирования возможности отключения прибора. Задаем надписи «Вкл» и «Выкл» к обоим положениям выключателя.

13. Размещаем на лицевой панели подходящие декоративные элементы, а также элементы с указанием варианта, фамилии разработчика и группы.

14. Переходим в окно диаграммы командой Window/ShowDiagram.

Далее создаем диаграмму.

1. После переключения в окно диаграммы на ней уже должны находиться пять цифровых органов управления, четыре цифровых индикатора, логические переключатели с индикатором и два графических индикатора.

2. Размещаем на диаграмме структуру для цикла WhileLoop из вкладки Structures меню Functions. Вносим все имеющиеся элементы диаграммы внутрь цикла. К входу условия прекращения цикла подключаем логический переключатель «Вкл/Выкл». В дальнейшем вновь размещаемые элементы диаграммы заносим внутрь структуры.

3. Для создания возможности переключения вида распределения для выходного сигнала размещаем на диаграмме структуру CaseStructure из вкладки Structures меню Functions.

4. К селектору структуры CaseStructure подсоединяем цифровой переключатель вида распределения случайного процесса. При этом все имеющиеся на диаграмме объекты должны оказаться вне поля структуры CaseStructure.

5. В первом кадре структуры CaseStructure размещаем функцию GaussianWhite Noise.vi, во втором – UniformWhite Noise.vi. Все эти функции находятся во вкладке SignalProcessing/SignalGeneration меню Functions. После этого соединяем выходы функций с входом графического индикатора. Входы Samples обеих функций генерации подсоедините к органу управления «Число отсчетов».

6. Вносим орган управления «Интенсивность» внутрь кадра структуры CaseStructure для равномерного распределения и подключаем его к входу Amplitude функции генерации.

7. Орган управления «Среднеквадратичное отклонение» вносим внутрь кадра генерации процесса с нормальным распределением и подключаем его к входу Standarddeviation функции генерации.

8. Из вкладки Mathematics/Probability and Statistics меню Functions размещаем на диаграмме функции для вычисления статистических характеристик выходного сигнала и следующие функции:

- Mode.vi – мода;
- Variance.vi – дисперсия;
- Mean.vi – математическое ожидание.

9. Входы X всех размещенных функций подсоединяем к выходу функций генерации.

10. К входу Intervals функции Mode.vi присоединяем орган управления «Интервалы». Значение на этом входе должно быть больше 0. По умолчанию на этом входе устанавливается 1.

11. Выходы аналитических функций подсоединяем к соответствующим индикаторам.

12. Для нахождения гистограммы случайного процесса размещаем на диаграмме функцию Histogram.vi из вкладки Mathematics/Probability and Statistic меню Functions. К входу X этой функции подключаем массив, отображающий случайный процесс. Вход Intervals соединяем с органом управления «Интервалы».

13. Гистограмма будет отображаться на графическом индикаторе XY Graph, на входе которого ожидаются два массива со значениями по осям x и y. Для того чтобы подать два массива на этот объект, их нужно объединить в кластер – специальный тип данных LabVIEW. Для формирования кластера воспользуемся функцией Bundle из вкладки Cluster меню Functions. После размещения этой функции на диаграмме она имеет два входа и один выход. К верхнему входу подсоединяем выход Histogram: h(x) функции Histogram.vi. Выход X Values той же функции подсоединяем к нижнему входу функции Bundle. Кластер, получившийся на выходе Bundle, подключаем к графическому индикатору «Гистограмма».

14. Запускаем ВИ на выполнение командой Run., подключаем приставку Elvis.

В качестве результата работы будут представлены скриншоты лицевой панели и диаграммы созданного мультиплексора, его итогового вида и работоспособности.

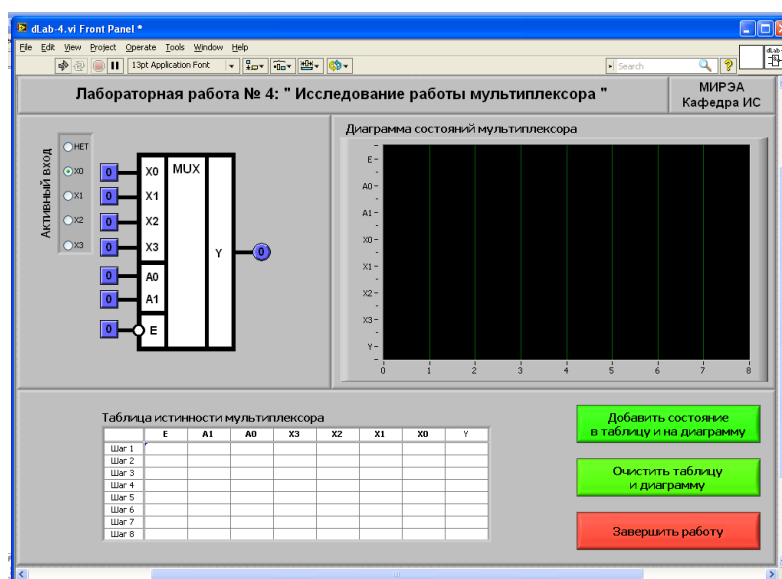


Рис. 4. Скриншот лицевой панели разработанного мультиплексора

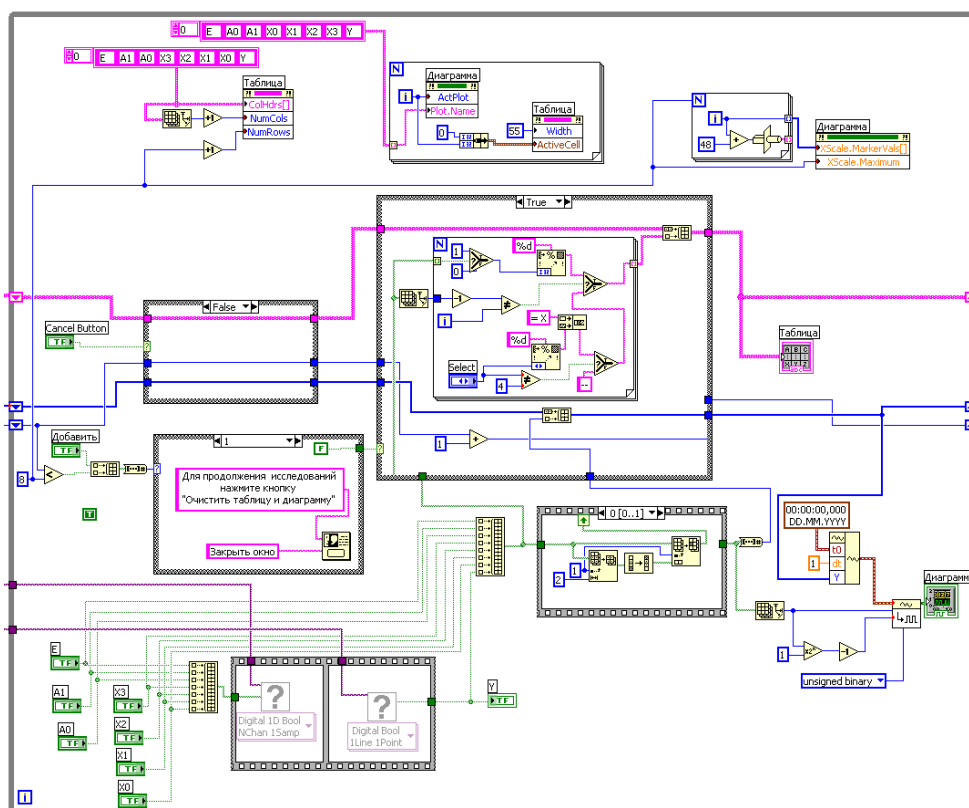


Рис. 5. Скриншот блок-диаграммы разработанного мультиплексора

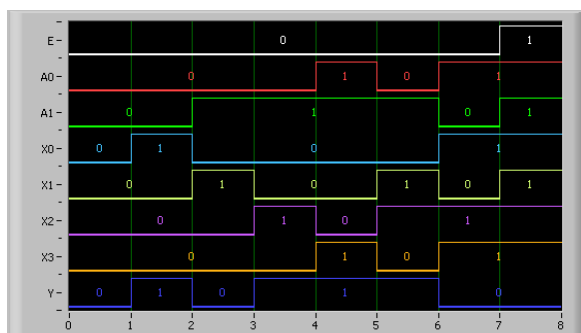


Рис. 6. Диаграмма состояний мультиплексора

Виртуальный мультиплексор, созданный с помощью пакета LabVIEW, предназначен для передачи различных потоков информации с большой скоростью. На рис. 6 представлена диаграмма состояний мультиплексора, представляющая собой ступенчатый график линейной функции. Наибольшая активность в работе по передаче кода наблюдалась со 2-го по 6-й шаг, так как именно эти направления в микросхеме являются наиболее пропускными.

Библиографический список

1. Блюм, П. LabVIEW: стиль программирования / П. Блюм. М.: ДМК Пресс, 2010.
2. Федосов, В. П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В. П. Федосов. М.: ДМК Пресс, 2013.
3. Лупов, С. Ю. LabVIEW в примерах и задачах / С. Ю. Лупов, С. И. Муякшин, В. В. Шарков. Нижний Новгород, 2007. 101 с.
4. Создание виртуального генератора шума при помощи пакета LABVIEW / К. В. Епифанцев [и др.] // Инновационные технологии в машиностроении // Сб. тр. X Междунар. науч.-практич. конф. Томск: ТПУ, 2019. С. 72–76.

УДК 681124.41

М. А. Сосов, В. В. Паршин

студенты Военного учебного центра

К. В. Епифанцев

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕКОДЕРА ДЛЯ АНАЛИЗА ШИФРОВ

В приемо-передающих устройствах декодер имеет широкое применение. Декодер в общем случае – некоторое звено, которое преобразует информацию из одного внешнего вида в другой вид, применяемый в каком-либо устройстве. В программном обеспечении – модуль программы или самостоятельное приложение, которое преобразует файл или информационный поток из внешнего вида в вид, который поддерживает другое программное обеспечение. Программа помогает восстановить исходный текст, искаженный в результате применения неправильной кодировки, и сделать его понятным для пользователя. В специализированной аудитории ГУАП создается виртуальный инструмент при помощи пакета LabVIEW – декодера, чтобы в более экономичном режиме обучаться возможностям электронных средств. Мы решили исследовать данный элемент, потому что данная технология актуальна и с каждым годом проблема сохранения особого режима секретности на предприятиях усложняется.

На рис. 1 символом D обозначен информационный вход, или вход данных, а C – тактовый, или синхронизирующий. На информационный вход подается информационный сигнал, который необходимо сохранить в d-триггере, а на тактовый вход подается тактовый импульс, в зависимости от значения которого определяется режим d-триггера: режим записи или режим хранения.

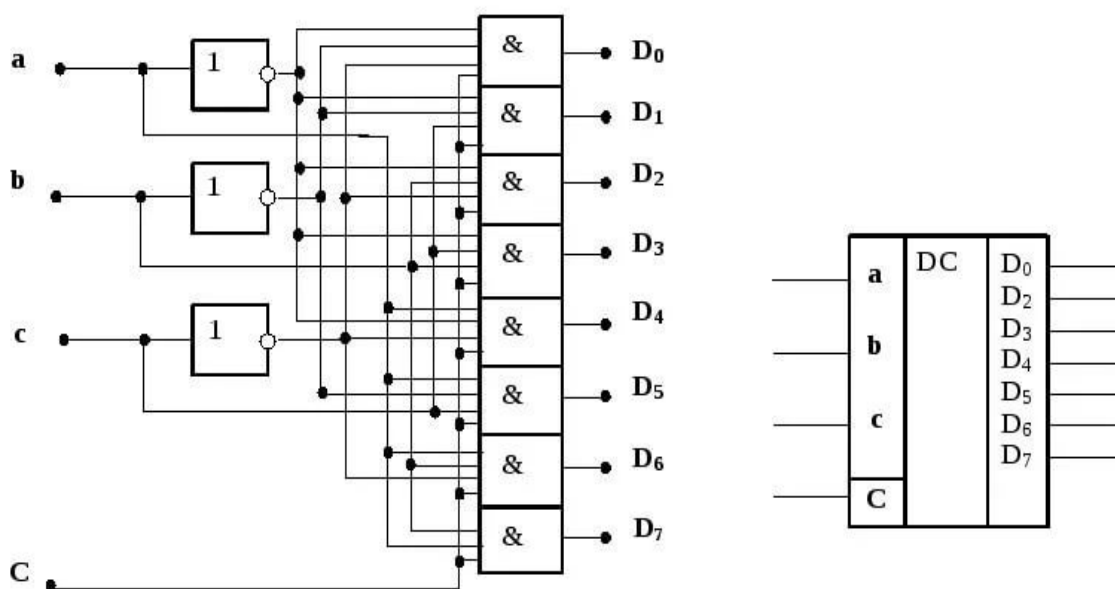


Рис. 1. Пример декодера (дешифратора) на три входа

В стандартные типы дешифраторов входят модели на 4, 8 и 16 выходов, при этом на выходе – 2, 3 и 4 разрядов входного кода. Входы дешифраторов называют часто адресными, и на схемах нумеруют 1, 2, 4, 8, при этом цифра соответствует весу двоичного кода. Сигнал на выходе 1, 2, 4, 8 устанавливает номер активного выхода. C1, C2 – входы разрешения (или стробирования), которые работают с условием «И» (рис. 2). Сигнал на этом входе сообщает о моменте срабатывания дешифратора. Также их можно использовать для увеличения разрядности логических устройств.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к системе передачи радиокоманд управления, необходимо обеспечить вероятность правильного декодирования 0,95 и более (вероятность ошибочного блока 0,05 и менее) при 8...9% ошибок в канале связи. При этом предполагается, что ошибки в

канале появляются независимо друг от друга и с равной вероятностью, т. е. можно использовать модель двоичного симметричного канала.

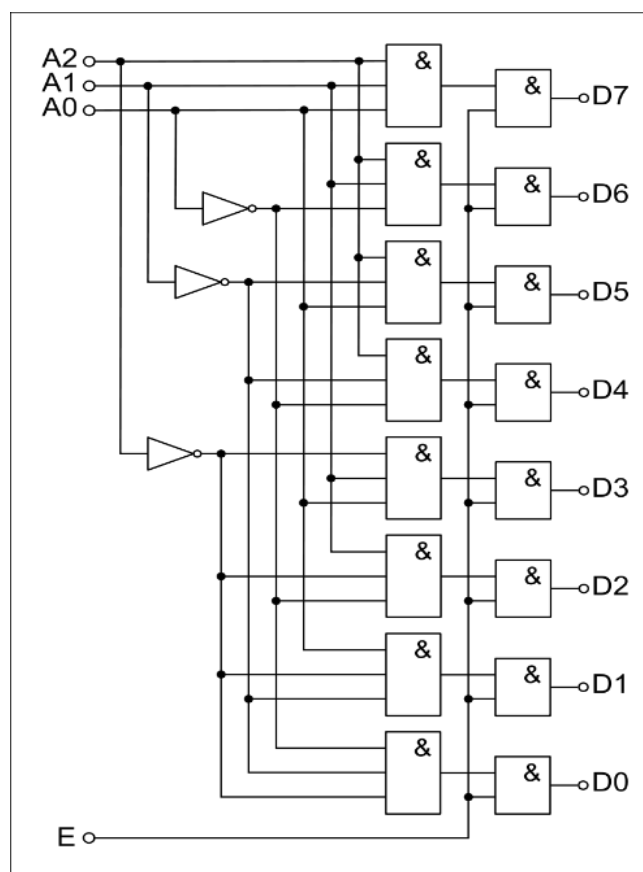


Рис. 2. Дешифратор, реализованный на логических элементах «И»

Выпускают дешифраторы по виду интегральных микросхем. К примеру, К500ИД162М позволяет трансформировать двоичный код в восьмеричный. Другие типы дешифраторов могут преобразовывать двоичное исчисление в десятичное (К176ИД1 и К155ИД1). Отечественной промышленностью выпускаются дешифраторы со счетчиками, они позволяют управлять семисегментными цифровыми индикаторами. На микросхемах их обычно обозначают буквенным сочетанием ДИ.

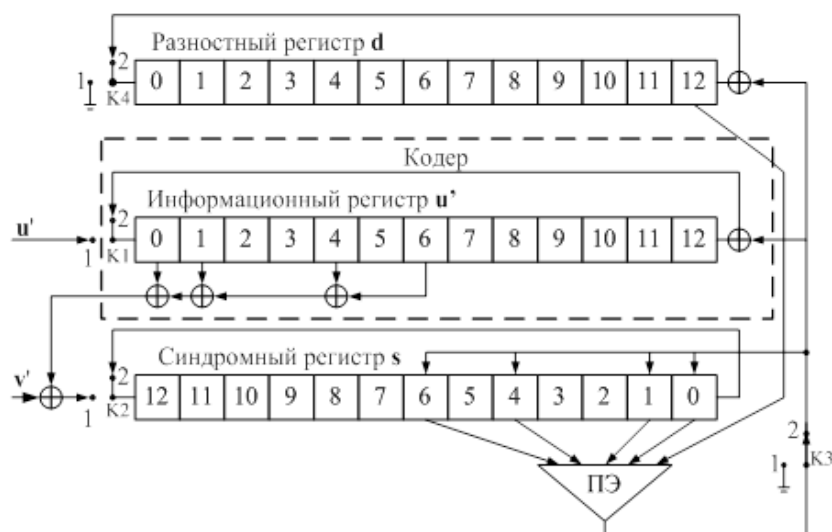


Рис. 3. Принцип шифрования информации

Принцип шифрования информации (рис. 3) в общем виде сводится к перестраиванию последовательности информации из разностного регистра в синдромный.

Универсальный декодер текста способен автоматически определять кодовую страницу текста. При этом пользователю предлагаются варианты текста, кодированные между разными кодовыми страницами. При включенной опции «только популярные кодировки» количество вариантов будет минимальным, что гораздо удобнее при поиске необходимой пары кодовых страниц.

В настоящее время для управления различными объектами часто используются команды, передаваемые объекту управления по радиоканалу. При этом в большинстве случаев правильность передачи команд по каналу, в котором на передаваемый сигнал действуют разного рода помехи, оказывается критичным. Одним из наиболее эффективных подходов, позволяющих решить задачу обеспечения требуемой достоверности передачи радиокоманд, является применение помехоустойчивого кодирования. За счет этого можно улучшить многие параметры системы управления, такие как дальность связи, скорость и надежность передачи и др.

Библиографический список

1. Блюм, П. LabVIEW: стиль программирования / П. Блюм. М.: ДМК Пресс, 2010.
2. Федосов, В. П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / В. П. Федосов. М.: ДМК Пресс, 2013.
3. Лупов, С. Ю. LabVIEW в примерах и задачах / С. Ю. Лупов, С. И. Муякшин, В. В. Шарков. Нижний Новгород, 2007. 101 с.
4. Белицкий, А. М. Повышение достоверности приема-передачи команд управления с использованием многопороговых декодеров самоортогональных кодов / А. М. Белицкий, Г. В. Овечкин, Д. А. Шевляков // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.

УДК 621.039.538

П. А. Баникевич, М. Е. Усольцева

студенты кафедры аэрокосмических измерительно-вычислительных комплексов

М. Ю. Егоров

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

И. П. Кректунова

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРОБЛЕМА БЕЗОПАСНОСТИ АЭС ПРИ АВИАКАТАСТРОФАХ

Введение

Повышение безопасности атомных электростанций (АЭС) всегда было в поле зрения специалистов различных стран. Обеспечение надежности базируется на защите энергоблоков в различных ситуациях:

- землетрясения;
- наводнен;
- исчезновение электропитания;
- прекращение работы системы охлаждения реактор;
- авиакатастрофы.

Существуют значительные различия в национальных подходах к оценке последствий авиационных катастроф для безопасности в отношении существующих и новых АЭС. Требования к проектированию новых АЭС требуют, чтобы после падения крупного авиалайнера на АЭС не происходили выбросы вне зоны сдерживания.

Падение самолета создает значительные динамические нагрузки на строительные конструкции и оборудование АЭС. В то же время вероятность его реализации невероятно мала.

Согласно российским нормам [1, 2], независимо от реального воздушного движения в окрестностях АЭС, в проекте должен быть учтен удар самолета массой до 5000 кг, используемого на внутренних авиалиниях. Это требование содержится и в нормах некоторых других стран, например Франции [3]. При создании АЭС используют понятие «уровень отбора событий по вероятности» (УОВ), в документах МАГАТЭ – *Screening Probability Level* – это наименьшая вероятность реализации события (1/год), приводящего к серьезным радиологическим последствиям, начиная с которой оно должно включаться в проектные основы. Согласно российским нормам [1, 2], при учете техногенных факторов $УОВ = 106$ 1/год, т. е. одно событие за 1 млн лет.

Если вероятность падения самолета больше УОВ, то это воздействие должно быть учтено в проекте. Для этого необходимо установить типы и характеристики всех самолетов, падение которых возможно из данного опасного места.

Классификация самолетов

Первый вид самолетов – малые самолеты (или самолеты авиации общего назначения). По классификации ICAO, к ним относятся самолеты максимальной взлетной массой до 5700 кг. В качестве типичных самолетов [4] этого вида рекомендованы *Lear Jet-23* и *Cessna-210*, площади приложения нагрузки: от самолета *Lear Jet-23* – 12 м², от *Cessna-210* – 4 м².

Второй вид самолетов – скоростные военные самолеты, имеющие относительно небольшую массу, но большую скорость. В качестве образца такого самолета рассматривают истребитель-бомбардировщик *Phantom RF-4E* массой 20 000 кг и скоростью 200 м/с, площадь ее приложения 7 м².

Третий вид самолетов – самолеты коммерческой авиации, масса которых больше, чем у военных самолетов, но скорость меньше. В качестве такого самолета до недавнего времени принимали дальнемагистральный пассажирский лайнер *Boeing 707-320* массой 90 000 кг и скоростью 100 м/с. Считается, что нагрузка распределена по площади до 40 м².

В момент удара самолеты имеют огромную кинетическую энергию. Кинетическая энергия самолета *Phantom RF-4E* равна энергии товарного состава из 20 вагонов массой по 60 т, идущего со скоростью 100 км/ч.

Обеспечение безопасности

Атомная электростанция имеет три (в новейших проектах – четыре) дублированные системы безопасности. Каждой из них достаточно, чтобы остановить реактор и поддерживать его в остановленном состоянии. Для защиты от удара самолета эти системы обычно размещают в отдельных зданиях, которые располагают на генеральном плане станции таким образом, чтобы они не могли быть одновременно выведены из строя.

Проверка прочности проводится посредством динамического расчета конструкций по методу конечных элементов. Такой расчет при ударе самолета *Boeing 747-400 Jumbo Jet* выполнен для железобетонной наружной защитной оболочки реакторного отделения.

Оболочка спроектирована таким образом, чтобы ее деформации оставались в пределах упругости, поэтому после прекращения действия нагрузки происходит упругая отдача конструкции. В месте, где была приложена нагрузка, оболочка вспучивается, а ее бока втягиваются. Наружная поверхность оболочки оказывается растянутой, и требуется усиление ее армирования. Вследствие этого процент армирования, требуемый у наружной поверхности, оказывается больше, чем у внутренней. Величина отдачи при ударе в различные области оболочки неодинакова. При проверке прочности строительных конструкций учитывается повышение прочностных характеристик материалов согласно нормам [1, 5]. Кроме того, по нормам [1] допускается появление в конструкциях необратимых деформаций, не ограничивается ширина раскрытия трещин в бетоне при условии, что это не приведет к нарушению условий безопасности АЭС.

Обломок самолета, в качестве которого зачастую принимают турбину двигателя, считают абсолютно твердым телом. Степень повреждения бетонной преграды при ударе твердого тела зависит от многих факторов.

Во-первых, от параметров снаряда:

- массы;
- размера;
- форм;
- деформируемости.

Во-вторых, от характеристик мишени:

- толщины;
- пролета между опорами;
- свойств бетона;
- армирования.

Наконец, решающее влияние оказывают условия удара:

- линейная и угловая скорости снаряда;
- его ориентация;
- угол между направлением удара и нормалью к мишени (рис. 1).

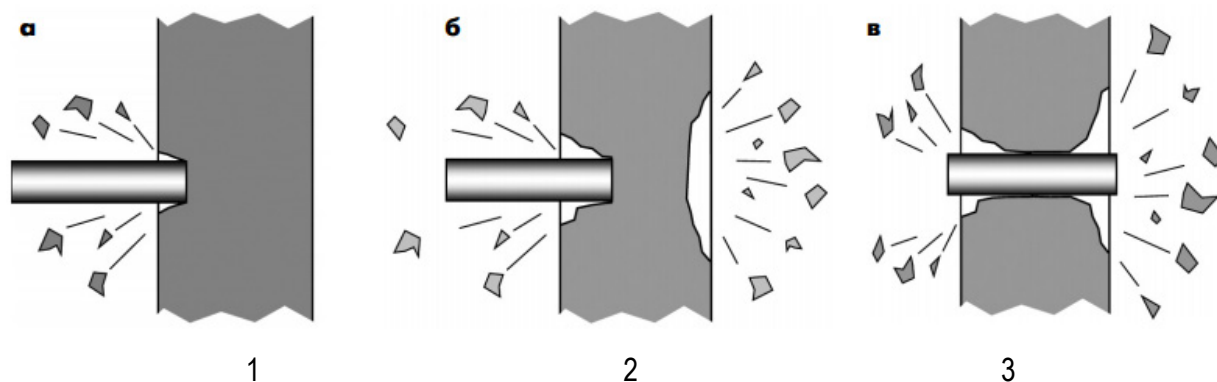


Рис. 1. Степень повреждения бетонной преграды при ударе твердого тела:
1 – выкрашивание с лицевой поверхности; 2 – растрескивание изнутри; 3 – пробивание

Характер повреждения конструкции определяется по эмпирическим формулам. При заданной скорости и характеристиках снаряда повреждение тем меньше, чем выше прочность бетона и больше толщина преграды. Допускаемая степень повреждений зависит от назначения конструкции. Если удар нанесен в стену, за которой располагается ответственное оборудование, то при разлете обломков бетона изнутри оно может быть выведено из строя. Для предотвращения этого придется либо увеличить толщину стены, либо принять конструктивные меры: облицевать стену изнутри листовой сталью или сеткой для удержания обломков бетона, защитить оборудование экранами и рефлекторами.

При ударе самолета в здание, такое тяжелое, как реакторное отделение, происходят его интенсивные, но кратковременные колебания. При этом на установленное в нем оборудование передаются инерционные нагрузки, при которых оно должно выполнять свои функции.

Для уменьшения этих колебаний применяют специальную компоновку здания (рис. 2).

Самолет может нести значительное количество топлива. Например, *Boeing 474-400 Jumbo Jet* несет 75 000 кг. Следовательно, необходимо учитывать возможность его взрыва или пожара. Защита от пожара производится обычными противопожарными мерами. Относительно возможности взрыва авиакеросина у специалистов нет единого мнения.

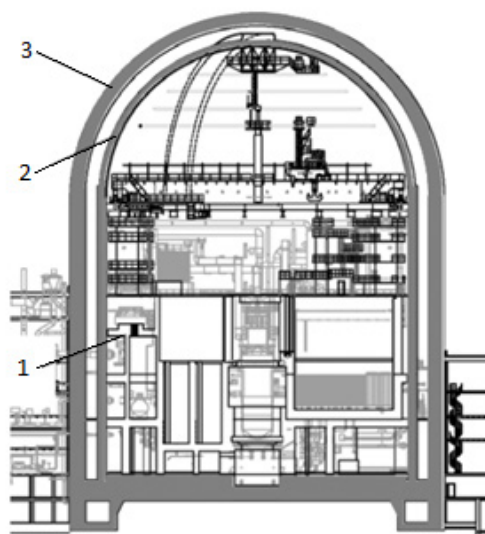


Рис. 2. Пример компоновки реакторного отделения: 1 – внутренние конструкции; 2 – герметичная внутренняя защитная оболочка; 3 – наружная защитная оболочка

Некоторые исследователи считают, что может происходить только его горение, а взрыв невозможен, так как для его реализации необходимо образование взрывной газовой смеси с достаточно равномерным распределением капель. При больших количествах топлива это является сложной технической задачей, даже если используются специальные средства распыления, применяемые для проведения объемных взрывов. По этой причине авиакеросин, имеющий прочные связи между атомами в молекулах, для объемных взрывов не применяют.

По мнению других специалистов, взрыв авиакеросина возможен. Он будет иметь дефлаграционный характер. Для этого необходимо образование паровоздушной смеси, на что потребуется от 0,5 с до 40 мин. Поскольку длительность ударной нагрузки не превосходит 0,4 с, удар самолета и взрыв не совпадают по времени, т. е. прочность оболочки на эти два воздействия можно проверять независимо [3].

Вывод

Для защиты АЭС от экстремальных внешних воздействий, отличающихся большой интенсивностью, но малой вероятностью реализации, проведена классификация элементов АЭС по их роли в обеспечении радиационной и ядерной безопасности. Экстремальные воздействия проанализированы

для наиболее ответственных из них. Предложенный подход позволяет гарантировать безопасность АЭС и при этом избежать ее неоправданного удорожания.

Библиографический список

1. Нормы строительного проектирования атомных станций с реакторами различного типа. ПИН АЭ-5.6-86. Минатомэнерго РФ. 1986. 21 с.
2. Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии. НП-064-05. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. 2006. 63 с.
3. Бирбраер, А. Н. Безопасность АЭС при экстремальных внешних воздействиях / А. Н. Бирбраер, А. Ю. Роледер. СПб.: Ин-т Атомэнергопроект. 2010. 17 с.
4. Внешние антропогенные воздействия при оценке площадки для атомных электростанций. Руководство по безопасности № НСГ-3.1. Вена: МАГАТЭ, 2002. 61 с.
5. Защитные сооружения гражданской обороны. СНиП II-11-77. Госстрой России. ГУП ЦПП. М., 2002. 65 с.

УДК 331.4

И. Н. Мещерякова

студент кафедры управления и моделирования в социально-экономических системах

Н. В. Сакова

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Современное развитие городских территорий, связанных со строительством и вводом в эксплуатацию объектов хозяйственного, жилого и социального назначения требует создания качественной городской среды. Одним из условий, определяющих качество городской среды, является безопасность и защищенность населения и территорий в чрезвычайных ситуациях (ЧС).

Целью исследования является анализ экологических последствий техногенных аварий на примере г. Рыбинска Ярославской области.

Город Рыбинск является крупным промышленным центром. Ведущими отраслями промышленности являются: машиностроительная, электротехническая, судостроительная, деревообрабатывающая и легкая промышленность. На территории города находятся 12 потенциально-опасных химических объектов, на которых используются вещества хлор и аммиак.

В работе рассматривается химическая авария на предприятии МУП «Водоканал». На объекте № 1 (рис. 1), расположенном на берегу р. Волги, хранится 12 т хлора, на объекте № 2 хранится 42 т хлора.

Для расчета аварии используется методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте РД 52.04.253–90 [1].

Исходные данные для составления прогноза выбирались в соответствии с рекомендациями Управления по делам ГО и ЧС г. Рыбинска Ярославской области.

Время, прошедшее с момента аварии: 8 ч.

Метеорологические условия:

- температура воздуха: 3,6 °С;
- скорость ветра: 4 м/с;
- степень вертикальной устойчивости атмосферы: инверсия.

Характеристики аварийно химически опасного вещества:

Наименование: Хлор.

Агрегатное состояние: жидкость.

Запас сильнодействующий ядовитых веществ, Q_0 : 12 т и 42 т

Плотность, d : 1,553 т/м³.

Температура кипения: – 34,1 °С.

Условия розлива: самостоятельный поддон.

Высота поддона: 0,8 м.

Для анализа выбирается наиболее неблагоприятное направление ветра южное и западное.

Эквивалентное количество вещества в первичном облаке для аварий с выбросом хлора 12 и 42 т составит 1,29 т и 4,53 т соответственно.

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке для аварий с выбросом хлора 12 и 42 т составит 3,041 т и 5,905 т соответственно.

Глубина зон заражения для аварий с выбросом хлора 12 т и 42 т составит 4,04 км и 6,51 км соответственно.

Площадь зоны заражения 84 км.

Глубина зоны заражения 4,91 км² и 16,62 км².

Площадь зоны фактического заражения 2,73 км² и 10,27 км².

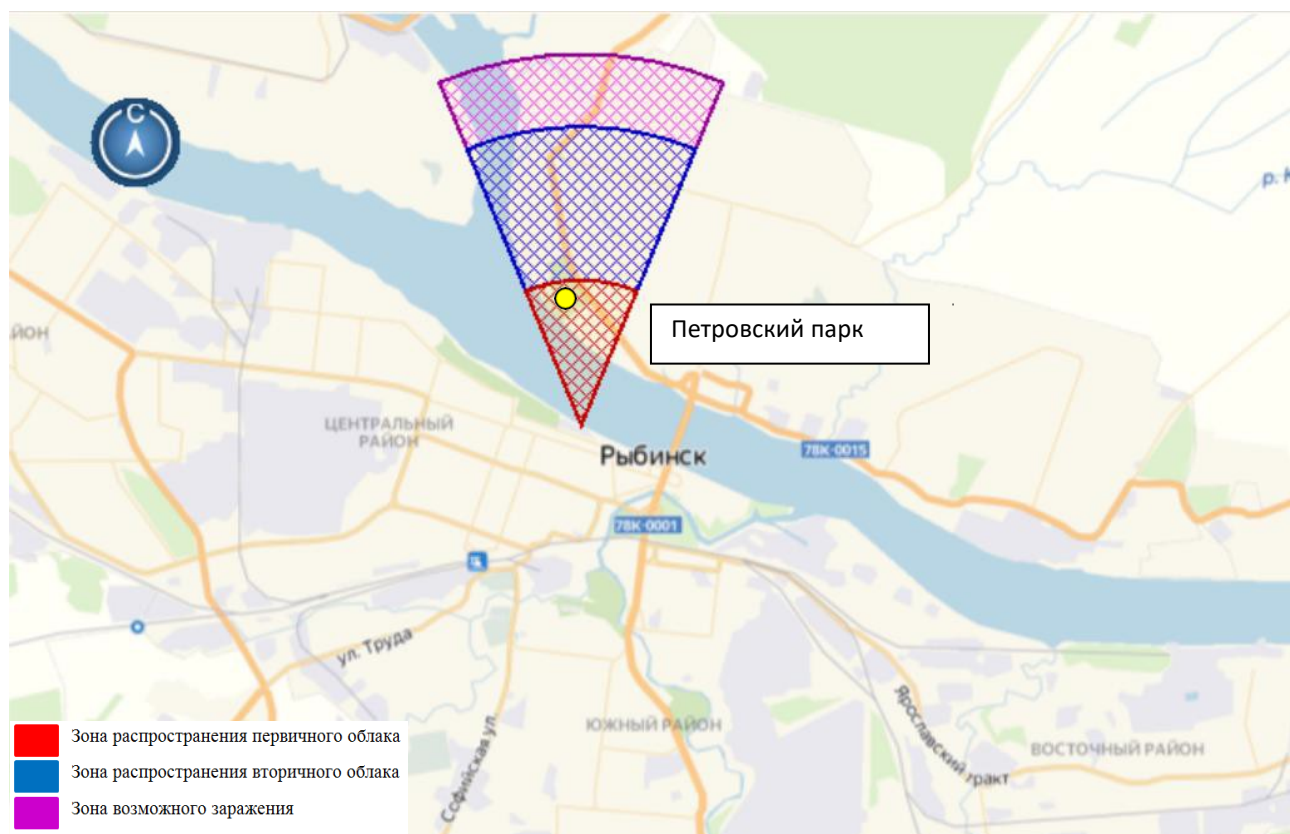


Рис. 1. Зона заражения в результате аварии на объекте № 1 МУП «Водоканал»
Очистные сооружения водопровода при южном ветре, 8 ч. после аварии

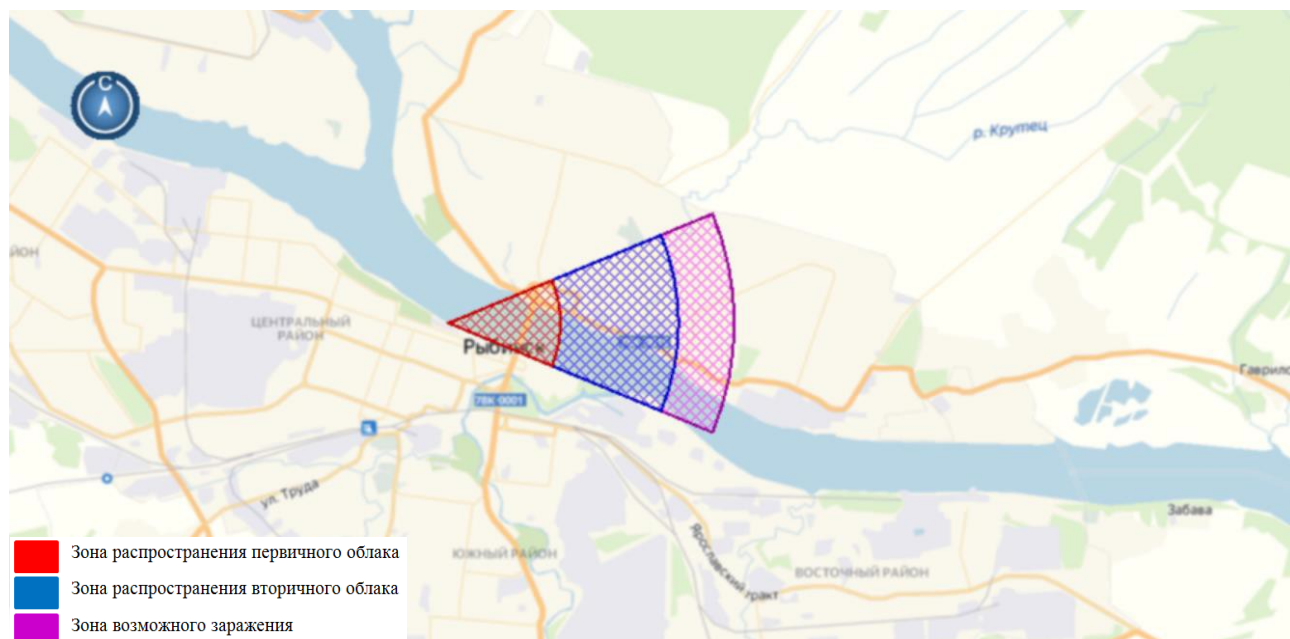


Рис. 2. Зона заражения в результате аварии на объекте № 1 МУП «Водоканал»
Очистные сооружения водопровода при западном ветре, 8 ч. после аварии

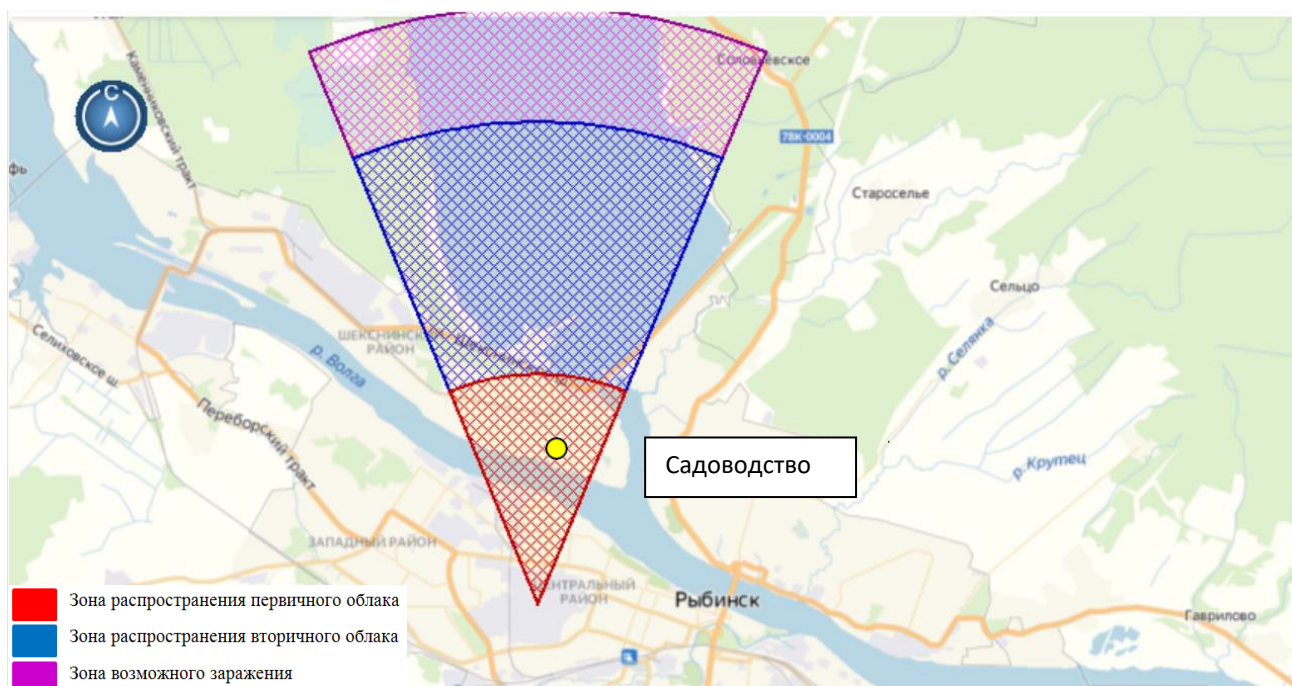


Рис. 3. Зона заражения в результате аварии на объекте № 2 МУП «Водоканал»
Очистные сооружения канализации при южном ветре, 8 ч. после аварии

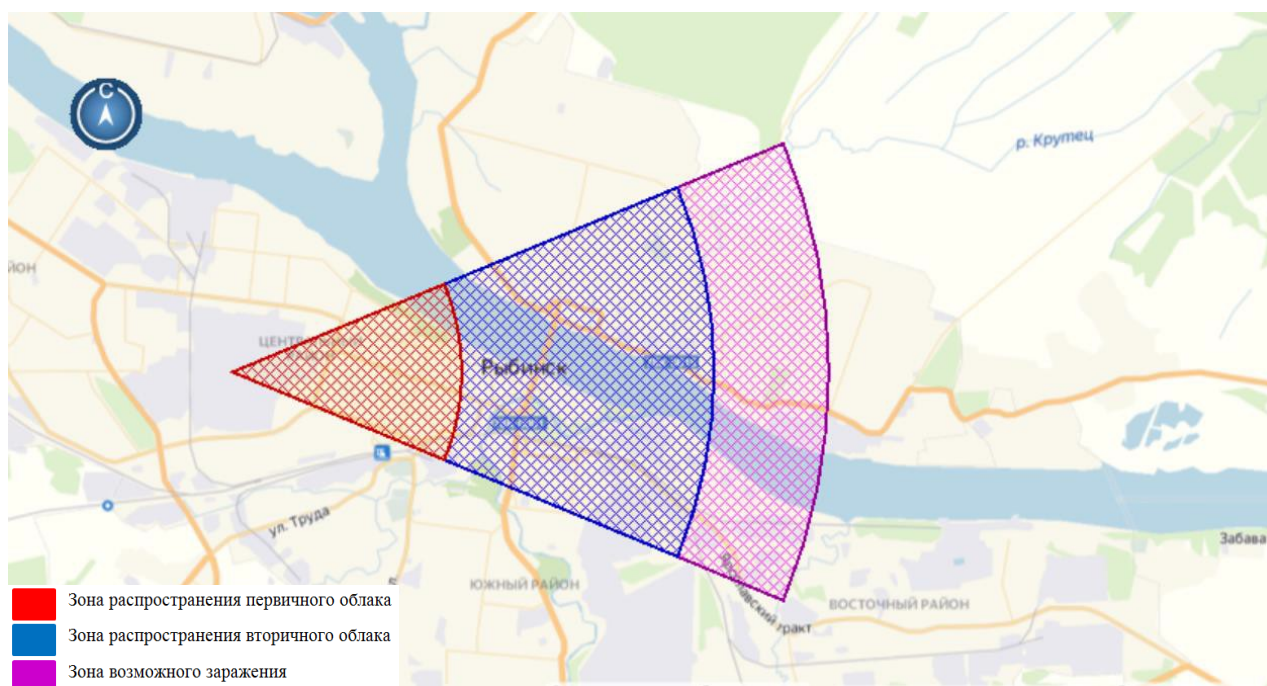


Рис. 4. Зона заражения в результате аварии на объекте № 1 МУП «Водоканал»
Очистные сооружения канализации при западном ветре, 8 ч. после аварии

При данном развитии аварии облако хлора распространяется на территорию жилой застройки, садоводства, водохранилища и природных территорий. Время подхода облака к жилым домам составит 2 минуты, к садоводству – 8 минут (рис. 2–4).

Ориентировочные потери населения [2]:

- безвозвратные – 1,2 тыс. чел.;
- санитарные – 2,1 тыс. чел.,

в том числе:

- тяжелой и средней тяжести – 700 чел.;
- легкие – 1,4 тыс. чел.

Моделирование аварий на химических объектах города позволяет сделать вывод, что в зависимости от направления ветра в зону химического заражения попадают практически все жилые районы города, а также водные объекты, в том числе Рыбинское водохранилище, р. Волга и природные территории Рыбинского района. Исключение составляют только отдаленные районы города при условии возникновения аварии только на одном объекте. При самой неблагоприятной ситуации с одновременным возникновением аварий на всех объектах и малых скоростях ветра вся городская территория попадает в зону заражения.

При расчете моделирования было выбрано южное и западное направление ветра, при котором возможен наихудший исход для окружающей среды. При этих направлениях ветра химическое облако распространяется в сторону жилой застройки, что приведет к отравлению и потерям среди населения. Облако хлора распространяется на территорию исторического Петровского парка, вследствие чего растения и животные будут отравлены ядовитыми парами. Время подхода облака к парку 2,5 минуты.

При такой достаточно крупной аварии и близкой расположенности предприятия к р. Волге примерно 50% жидкого хлора попадет в реку, что нарушит в ней естественные экосистемы и приведет к гибели водных растений, рыб, и планктона.

Концентрация на внешней границе зоны заражения составит 0,00125 мг/л, а в зоне заражения может достигать 0,6 мг/л и выше.

Повышенные концентрации хлора негативно влияют на растения. Допустимый уровень содержания хлора в почве составляет 0,2 мг/л. Излишки хлора ведут к образованию жженных краев у молодых листьев, в результате чего они теряют свою способность адсорбировать влагу из почвенного раствора, которая необходима для процесса роста и развития, также происходит негативное влияние на различные физиологические процессы. У не получивших достаточного количества влаги и минеральных веществ растений происходит изменение химического состава, угнетение роста и развития, ухудшение питания, это также может привести к гибели растения [3].

Сильнее всего отравлению хлором подвержены молодые растения и рассада. Из-за высокого содержания хлора снижается скорость поглощения воды и интенсивность набухания семян, что приводит к торможению ростовых процессов. Неравномерный рост и развитие, нарушенный общий метаболизм у растений приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Например, при содержании в почве хлора от 0,22 до 0,24 мг/л на 14% снижается урожайность пшеницы и на 20% – ячменя, с повышением до 0,4 мг/л урожайность зерна снижается на 18% и 28% соответственно. Избыток хлора сказывается и на качестве урожая, так, например, у картофеля замечается понижение крахмалистости клубней, у прядильных растений ухудшается качество волокна, а у винограда увеличивается кислотность и уменьшается сахаристость.

Что касается действия хлора на водные экосистемы [4], то, обладая высокой активностью, он вступает в химические реакции со всеми органическими и неорганическими веществами, находящимися в воде. Повышенные концентрации хлора вызывают сильное возбуждение рыб, они становятся беспокойными, делают резкие вращательные движения, пытаются выпрыгнуть из воды, переворачиваются на бок. В этих состояниях у рыб отмечают судорожные подергивания хвостового стебля и плавников. После чего наступает фаза угнетения и паралича, рыба становится практически неподвижной и ложится на дно.

Токсическое действие хлора сказывается в первую очередь на жабрах, они покрываются слизью, после чего их ткань разрушается. Повреждаются плавники, по краям появляются белые полосы 2–3 мм, а потом плавники отмирают, и все тело покрывается слизью. При гистологическом исследовании обнаруживается отек тканей, дистрофия, некробиоз и слущивание респираторного эпителия жабр и эпидермиса кожи. Слизистые клетки сильно гипертрофированы.

Постоянно поддерживаемые концентрации хлора 0,6–0,7 мг/л при 18–20° губительны для карпов и карасей в течение суток, а 0,4 мг/л – в течение 7 суток. Хроническое отравление большинства карповых рыб наступает при концентрациях 0,02–0,2 мг/л, а при температуре 15–20° карповые рыбы погибают через 1–2 ч.

Лососевые рыбы более чувствительны к хлору. Острое отравление наступает в течение 2–3 дней при концентрациях хлора 0,06–0,1 мг/л.

Гибель зоопланктона наступает при концентрации хлора 2–5 мг/л, гаммарид и хирономид – при 0,1–0,2 мг/л, бурых и зеленых водорослей – при 1,4–2 мг/л [4].

На животных хлор действует следующим образом. При превышении концентрации хлора в воздухе 3 мг/м³, в воде – 100 мг/л отмечается раздражающий эффект. Токсический эффект хлора зависит от концентрации и времени воздействия. При повышении концентрации до 100 мг/м³ и воздействии в течение часа существует угроза для жизни и здоровья животного, а при концентрации 3 г/м³ происходит гибель в течение 5 минут.

Хлор хорошо растворяется в воде и в тканях и жидкостях живых организмах, прежде всего поражая слизистые оболочки верхних дыхательных путей, трахеи, бронхов. При воздействии длительной экспозиции и высоких концентраций поражаются нижние отделы дыхательных путей.

У животных, отравленных хлором, отмечается общая раздражительность, мышечная дрожь, судороги, усиление рефлекторной чувствительности, а затем и ее угнетение, а также саливация, учащенное дыхание, клинико-тонические спазмы отдельных групп мышц шеи, конечностей и туловища.

Хлор представляет также большую опасность для человека. Порог восприятия – 0,003 мг/л, предельно допустимая концентрация (ПДК) в рабочей зоне – 0,001 мг/л. Предельно допустимая концентрация хлора в населенных пунктах: ПДК максимальная разовая – 0,0001 мг/л, ПДК среднесуточная 0,00003 мг/л. Поражающая концентрация при воздействии в тени в течение часа составляет 0,01 мг/л, смертельная при том же времени воздействия – 0,1–0,2 мг/л. При концентрации 8–10 мг/л смерть может наступить мгновенно. При выбросах жидкого хлора смертельно опасную зону составляет площадь в радиусе примерно 400 м от места выброса. При взаимодействии хлора со слизистыми оболочками человека образуется соляная кислота, которая приводит к отеку легких, поражению глаз и носа, раздражению кожи.

В работе был проведен анализ воздействия техногенной ЧС на окружающую природную среду. С помощью методик произведен расчет масштабов загрязнения на примере предприятия «Водоканал» г. Рыбинска. Расчет показал, что обширные территории города, парков и других природных объектов будут подвержены отравляющему воздействию, что неминуемо приведет к отравлению и гибели живых организмов и нарушению природных экологических систем.

Библиографический список

1. Постановление Госгортехнадзора РФ от 29.10.2002 N 63 «Об утверждении Методических рекомендаций по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» (вместе с «Методическими рекомендациями... РД 03-496-02»).
2. Сакова, Н. В. Анализ опасности воздействия поражающих факторов техногенных чрезвычайных ситуаций на городской территории / Н. В. Сакова, С. А. Панихидников // Качество и жизнь. 2018. № 1 (17). С. 30–35.
3. Головатый, С. Е. Влияние содержания натрия и хлора на урожайность яровых зерновых культур / С. Е. Головатый, З. С. Ковалевич, Н. К. Лукашенко. Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. С. 127.
4. Лукьяненко, В. И. Токсикология рыб / В. И. Лукьяненко. М.: Пищевая промышленность, 1967.

УДК 629.78

А. М. Рулёв

студент кафедры управления в технических системах

М. Ю. Егоров

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В КОСМИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВКАХ

Со дня запуска первого искусственного спутника Земли космонавтика прошла долгий путь в своем развитии и продолжает бурно развиваться [1]. Активно велись и ведутся разработки космических энергетических установок (КЭУ), использующих разнообразные источники энергии. Наиболее перспективным решением в этой области является использование ядерной энергии [1].

При всей важности данной темы она недостаточно освещена во многих источниках [2, 3], а учитывая, что наука с тех пор сделала большой скачок, необходимо уделить особое внимание этому направлению. Наша задача состоит в том, чтобы собрать и обобщить сведения о применении систем автоматического управления (САУ) в ядерных КЭУ, а также указать возможные перспективы развития КЭУ с учетом современных методов теории автоматического управления.

Существуют два основных типа ядерных КЭУ: ядерные изотопные КЭУ и ядерные реакторные КЭУ. В ядерных изотопных КЭУ используется тепловая энергия, получаемая в ходе радиоактивного распада изотопа (в основном используется изотоп плутоний-238, период полураспада которого составляет 87,5 лет), которая преобразуется в электроэнергию с помощью динамических или статических преобразователей (к таковым относятся статические термоэлектрические или термоэмиссионные преобразователи). В ядерных реакторных КЭУ используется тепловая энергия, получаемая в результате цепной ядерной реакции, которая также преобразуется в электроэнергию с помощью динамических и статических преобразователей (кроме указанных ранее преобразователей используется магнетогидродинамический преобразователь замкнутого цикла).

Важнейшей задачей в области применения ядерных КЭУ является обеспечение безопасности и правильной работы установки, потому что в случае ее поломки выходит из строя весь космический аппарат (КА). В конструкции ядерной КЭУ присутствует САУ, отвечающая за контроль работы управляющих органов энергоустановки. Эта система представляет собой один или несколько блоков автоматики, которые, получая сигналы от датчиков тока, напряжения, температуры, давления и т. д., обрабатывают полученную информацию и поддерживают эти величины в заданном диапазоне. При этом информация о состоянии системы выдается на пульт космонавтов и в систему телеметрии. Схема ядерной КЭУ изображена на рисунке.

Сам ядерный реактор как объект управления обладает рядом особенностей. Во-первых, необходимо контролировать скорость ядерной реакции. Во-вторых, важно обеспечить быстрый останов реактора в случае возникновения аварийной или нештатной ситуации. При этом следует учесть, что после прекращения ядерной реакции в реакторе продолжается выделение тепла, связанное с присутствием в цепной реакции запаздывающих нейтронов, поэтому за остановом следует длительный процесс охлаждения реактора посредством прокачки рабочего тела – расхолаживание реактора. Наконец, стоит отметить, что конструкция КЭУ должна учитывать биологически опасный уровень наведенной активности элементов реактора, который может сохраняться долгое время после прекращения работы установки – этим вызвана необходимость присутствия в КЭУ систем дистанционного или автоматического управления.

В будущем системы ядерных КЭУ будут усложняться, поскольку будут усложняться сами КА, поэтому в целях повышения эффективности как работы ядерных КЭУ, так и их проектирования, необходимо совершенствовать системы управления ядерными КЭУ, используя передовые методы теории автоматического управления.

Перспективные технологии в этой области бурно развиваются, например, появились адаптивные САУ, автоматически определяющие закон управления посредством анализа поведения объекта при текущем управлении. Адаптивные САУ могут найти применение в этой области, поскольку КЭУ ис-

Таким образом, разработка и применение ядерных космических энергоустановок связана с рядом проблем, касающихся как специфики работы ядерных реакторов, так особенностей условий использования ядерных КЭУ. В то же время выделенные задачи, связанные в первую очередь с эффективностью использования САУ, могут быть решены в будущем при развитии современных методов теории автоматического управления.

1. Ядерные ракетные двигатели / Ю. Г. Демянко [и др.]. М.: Норма-Информ, 2001.
2. Худяков, С. А. Космические энергоустановки / С. А. Худяков. М.: Знание, 1984. 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия». № 7).
3. Гущин, В. Н. Основы устройства космических аппаратов / В. Н. Гущин. М.: Машиностроение, 2003. 272 с.

УДК 539.1.08

К. И. Русских

студент кафедры управления в технических системах

М. Ю. Егоров

кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

Введение

Атомная энергетика является одной из основополагающих отраслей промышленности в Российской Федерации. Совершенствование этой сферы производства энергии является важным фактором для дальнейшего экономического развития страны.

Повышение безопасности персонала и оборудования АЭС и других ядерных объектов актуальны, так как они обеспечивают стабильную работу предприятий, связанных с ядерной отраслью.

Атомная электростанция является объектом с повышенной радиационной опасностью. Обслуживающий персонал радиационно опасного объекта (РОО) должен находиться в безопасности. Для ее обеспечения работники должны использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ). Персонал должен иметь представления о радиационной обстановке энергоблока и рабочей зоны. Одним из устройств, предоставляющих информацию о радиационной обстановке, является дозиметр. К требованиям, предъявляемым к дозиметрам, относятся стабильность работы, долгосрочное использование, точность измерения.

В работе проведен анализ некоторых видов дозиметров ионизирующего излучения и сопоставлены их характеристики для количественной и качественной оценки рациональности использования измерительных приборов на объектах с повышенной радиационной опасностью. Также проведен анализ существующих видов СИЗ. Выбран оптимальный набор СИЗ для замеров ионизирующего излучения на территории РОО.

Первый этап анализа

Рассмотрим угрозы, которые существуют при работе с радиоактивными веществами. Определим воздействия, от которых должен быть защищен персонал РОО. Затем проведем анализ существующих СИЗ, используемых для защиты от ионизирующего излучения на РОО. Приведем перечень таких СИЗ.

Анализ угрозы для персонала РОО. Главным фактором вредного и опасного воздействия на персонал атомной отрасли, отражающим ее специфику, является *радиационный*. Этот фактор проявляется в двух формах:

1. Воздействие внешнего ионизирующего излучения.
2. Воздействие радиоактивных веществ, которые также формируют дозы внешнего облучения и одновременно могут попасть внутрь организма и быть источником внутреннего облучения.

Вторая форма является более опасной, так как при ингаляционном поступлении радионуклидов в организм возможно быстрое всасывание токсичных веществ в кровь и появления как острых отравлений, так и хронических заболеваний.

При поступлении радионуклидов на кожу отдельные вещества медленно проникают внутрь организма, в то время как некоторые вещества могут очень быстро проникать через кожный покров и вызывать его дефекты (например, гексафторид урана UF_6). Через ожог всасывание радиоактивных веществ может идти гораздо быстрее.

Загрязнение воздуха радиоактивными веществами. Контакты с радиоактивными веществами встречаются редко и связаны с нарушением правил охраны труда, техники безопасности, а также гигиенических норм. Но пероральное загрязнение может происходить и без перечисленных причин. Радиоактивные вещества могут попадать в атмосферу, заражая с осадками почву, которая может являться частью пищевой цепочки.

Радиоактивные вещества могут находиться в конденсированном состоянии (твердом либо жидком) либо в газо- или парообразном, а также в аэрозольном (частицы размером менее 50 мкм) и кластерном (частицы размером менее 50 нм).

1. Газ при комнатной температуре нельзя конденсировать сжатием. Для защиты используются изолирующие СИЗ, противогазы и хемосорбционная спецодежда. Например, защита от трития (^3He) затруднена с помощью СИЗ из-за его проникающей способности.

2. Пар образуют вещества, которые могут при комнатной температуре находиться одновременно в двух фазах: жидкой (или твердой) и газообразной. Защита от паров осуществляется фильтрующими СИЗ за счет сорбции, хемосорбции и изолирующими СИЗ.

3. Аэрозоль – находящаяся в воздухе частица с жидкой или твердой дисперсной фазой с размером 0,002–50 мкм. Защита от аэрозолей осуществляется за счет фильтрации загрязненного воздуха или газа, изоляции органов дыхания и кожных покровов от загрязненной окружающей среды.

4. Кластер – частица, у которой число молекул (атомов) на ее поверхности соизмеримо с числом молекул (атомов) внутри самой частицы. Для этих частиц характерны размеры 2–40 нм. Представляют наибольшую опасность среди всех наночастиц (размеры до 100 нм) [1–5].

Пути образования радиоактивных наночастиц кластерных размеров:

- явление агрегатной отдачи. При испускании альфа-частицы по направлению в глубь материала соседние с распавшимся атомом атомы получают энергию отдачи и, образовав единый конгломерат, отрываются от поверхности и образуют кластерную частицу;

- распад инертных радиоактивных газов;

- гидролиз летучих фторидов.

Следует отметить, что большая часть из перечисленных состояний образуется только во время аварий на РОО. В данной работе анализируется защита персонала при работе на РОО в номинальном режиме.

Для защиты человека, производящего замеры, как на РОО, так и на близлежащих территориях нужна защита от большей части излучений, которые могут на него повлиять при измерении радиоактивной обстановки:

- внешнее гамма-излучение;
- внешнее нейтронное излучение;
- внешнее бета-излучение;
- внешнее альфа-излучение.

Обычно СИЗ состоит из комплекта обуви, защиты тела, перчаток, защиты лица. Каждый комплект собственного средства защиты имеет как преимущества, так и недостатки. В данной статье проведен анализ некоторых СИЗ и выбран оптимальный набор для дозиметрии на РОО.

Рассмотрим наиболее часто используемый вид обуви для работы с радиационными материалами – обувь специального назначения модели 17/17. Обувь изготавливается с верхом из специальной хорошо дезактивируемой технической лавсановой ткани с гидрофобизирующей пропиткой. Рифленая подошва выполнена из обувного литьевого дезактивируемого пластика. Крепление подошвы и верха обуви методом литья под давлением.

Рассмотрим наиболее используемый предмет *защиты тела* от воздействия ионизирующего излучения – фартук. В большинстве случаев персонал использует его при работе в перчаточных боксах и камерах. Обеспечивает защиту от гамма-излучения. Наиболее используемой на РОО на сегодняшний день является модель марки РЗФ-1. Радиационно-защитный материал на тканевой основе, наполненный вольфрамом, помещенный в защитный съемный чехол из полиэтиленовой пленки, армированной нетканым полипропиленовым полотном. Передняя часть фартука по ширине равна 55 см. Ширина передней части составляет 70 см. Вес фартука – 1,9 кг.

Рассмотрим наиболее используемый вид защиты рук – *перчатки*. В большинстве случаев их применяют для работы с высокорadioактивными веществами в боксах, камерах. Характеристики их наиболее распространенных типов ПРЗ и ПКРЗ приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Технические характеристики ПРЗ

Наименование показателей	Значение показателей
Условная прочность при разрыве, МПа, не менее	3
Длина перчатки, мм	380±20
Масса одной перчатки, г, не менее	325

Таблица 2

Технические характеристики ПКРЗ

Наименование показателей	Значение показателей
Условная прочность при разрыве, МПа, не менее	3
Длина перчатки, мм	700±20
Масса одной перчатки, г, не менее	850

Защита лица является важнейшей задачей при защите от ионизирующего излучения. Самым распространенным прибором для защиты лица как от частиц токсичных материалов, так и от излучения является щиток-экран (табл. 3).

Таблица 3

Технические характеристики щитка-экрана

Наименование показателей	Значение показателей
Высота защитного экрана, мм	150
Длина лобной полосы, мм	240
Толщина защитного экрана, мм	240
Рабочий интервал температур окружающего воздуха	3,6
Кратность ослабления не менее при средней энергии бета- частиц, МэВ:	
1,18	500
1,50	100
2,00	20
2,49	10
3,04	6
3,50	4

Второй этап анализа

Рассмотрим виды дозиметров в атомной отрасли. Сопоставим в каждой из категорий дозиметров несколько моделей, выберем оптимальный вариант для проведения контрольных замеров ионизирующего излучения на РОО.

Дозиметр предназначен для измерения дозы излучения и связанных с ней величин. Существуют дозиметры для одного вида излучений или для смешанного излучения. Основные части дозиметра – детектор частиц и измерительное устройство, проградуированное в единицах поглощенной или эквивалентной дозы.

Дозиметры ионизирующего излучения делятся на ионизационные, люминесцентные, полупроводниковые и фотографические [3-5].

Ионизационный дозиметр RAMION – дозиметр непрерывного и импульсного излучения:

– для измерений амбиентного эквивалента дозы (мощности дозы) $H^*(10)$ гамма- и рентгеновского излучения;

– для измерений направленного эквивалента дозы (мощности дозы) H' (3) гамма-, рентгеновского и бета-излучения;

– для измерений направленного эквивалента дозы (мощности дозы) H' (0,07) гамма-, рентгеновского и бета-излучения.

Предел допускаемой основной относительной погрешности измерений $\pm 15\%$. Данный дозиметр является оптимальным вариантом в данном классе приборов и является востребованным на большинстве РОО.

Модели люминесцентных дозиметров:

1. ДКР-АТ1103М – дозиметр рентгеновского излучения.

– для дозиметрического контроля загрязнения радиоизотопами Fe-55, Pu-239, I-129, Am-24;

– для измерения мощности направленного эквивалента дозы H_r (0,07) рентгеновского излучения.

Предел основной относительной погрешности измерения не более $\pm 15\%$.

2. ДКС-АТ1121/ДКС-АТ1123 – широкодиапазонный прибор для дозиметрии непрерывного, кратковременно действующего и импульсного рентгеновского и гамма-излучений.

– для измерения мощности амбиентной дозы H_r (10) непрерывного и кратковременно действующего рентгеновского и гамма-излучения;

– для измерения мощности амбиентной дозы H_r (10) импульсного излучения (для ДКС-АТ1123).

Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения дозы и мощности дозы при работе в режимах измерения непрерывного и кратковременно действующего излучения $\pm 15\%$.

Сравнив характеристики, мы видим, что оптимальным вариантом в данном классе приборов является ДКР-АТ1103М, к тому же учитывая его востребованность на РОО в связи с необходимостью дозиметрии радиоизотопов Fe-55, Pu-239, I-129, Am-24.

Модели полупроводниковых дозиметров:

1. ДКГ-05Д – прямопоказывающий электронный дозиметр для контроля дозовой нагрузки на персонал РОО, рассчитанный на жесткие условия эксплуатации. Может использоваться автономно или в составе автоматизированной системы индивидуального дозиметрического контроля предприятия. Предназначен для измерения индивидуального эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы. Имеет предел допускаемой основной относительной погрешности измерений ИЭД гамма-излучения – $\pm(15+10/H)\%$; предел допускаемой основной относительной погрешности измерений МИЭД гамма-излучения $\pm(15+40/H)\%$.

2. ДВС-02Д – прямопоказывающий гамма-нейтронный дозиметр, разработанный для жестких условий эксплуатации.

– для измерения индивидуального эквивалента дозы (ИЭД) смешанного гамма-нейтронного излучения.

– для измерения индивидуального эквивалента дозы (ИЭД) нейтронного излучения.

– для измерения мощности индивидуального эквивалента дозы (МИЭД) смешанного гамма-нейтронного излучения.

3. ДКС-АТ3509/АТ3509А/АТ3509В/АТ3509С – дозиметр, обеспечивающий создание системы автоматизированного контроля дозовых нагрузок на персонал. Он предназначен для измерения индивидуального эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы непрерывного рентгеновского и гамма-излучений. Имеет пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения дозы $\pm 15\%$.

Сравнив характеристики, мы видим, что оптимальным вариантом в данном классе приборов является ДКС-АТ3509А, учитывая функцию измерения индивидуального эквивалента дозы непрерывного рентгеновского и гамма-излучений. Данная модель является оптимальной для использования персоналом, находящимся на РОО.

Фотографические дозиметры темнеют под действием излучения. Пленку помещают в светонепроницаемый футляр, прикрепленный к рабочей одежде. В конце рабочего дня пленку обрабатывают в лаборатории и определяют экспозиционную дозу по плотности почернения. Обработку пленочных дозиметров проводят в одинаковых условиях.

Фотографические дозиметры не распространены как основные приборы для проведения замеров на РОО.

Выводы

Проанализированы угрозы, которые могут представлять опасность для персонала РОО, проведена их классификация и исследовано их влияние на организм персонала. Выбран оптимальный набор СИЗ для защиты персонала, проводящего контрольные замеры как на особо радиоактивных местах РОО, так и на местах с уровнем ионизирующего излучения не превышающем нормы. Изучена систематизация дозиметров по их устройству. Сопоставлены модели дозиметров в каждом из классов, выбрана оптимальная модель из каждого класса.

Библиографический список

1. *Сивухин, Д. В.* Общий курс физики / Д. В. Сивухин. Т. III. Электричество. М.: Наука, 1977.
2. *Сивухин, Д. В.* Общий курс физики / Д. В. Сивухин. Т. IV. Оптика. М.: Наука, 1980.
3. *Савельев, И. В.* Курс общей физики / И. В. Савельев. Т. II. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. М.: Наука, 1978.
4. *Горелик, Г. С.* Колебания и волны / Г. С. Горелик. М.-Л.: ГИТТЛ, 1950.
5. *Фейнман, Р.* Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Т. 6. Электродинамика. М.: Мир, 1966.

УДК 524.3

А. А. Яковлев

студент кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

В. Д. Асмедьянов

студент кафедры эксплуатации и управления аэрокосмическими системами

Н. А. Уржумцев

студент кафедры конструирования и технологий электронных и лазерных средств

Г. Л. Плехоткина

кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель

КОГДА ВЗОРВЕТСЯ БЕТЕЛЬГЕЙЗЕ

Звезда рождается из газопылевой диффузной среды под действием гравитационного сжатия в местах с повышенной концентрацией частиц. Сжатие происходит в том случае, если гравитационные силы превышают силы давления газа. Этот процесс протекает до тех пор, пока плотность вещества не достигнет определенного значения, при котором оно становится непрозрачным к собственному излучению.

Масса звезды тесно связана с ее температурой, звезда оказывается в верхней или нижней части главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела (рис. 1).

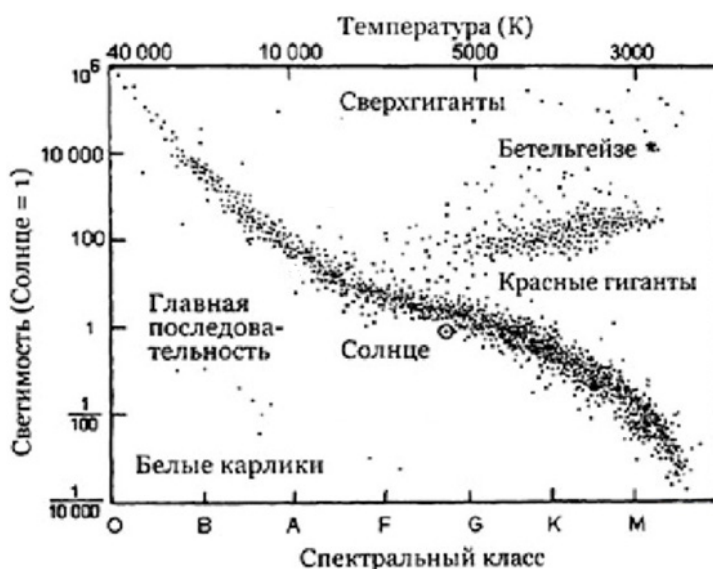


Рис. 1. Диаграмма Герцшпрунга – Рассела

После выгорания основной части водорода звезда сходит с главной последовательности и начинается следующий этап ее эволюции – фаза красного гиганта. Вокруг гелиевого ядра образуется слоевой источник термоядерной энергии. Термоядерные реакции с участием водорода происходят на поверхности ядра звезды. В тот момент, когда масса гелия достигнет определенного значения, начинается процесс образования углерода и кислорода. Через некоторое время образуется второй слоевой источник энергии, топливом которого служит уже гелий. В ядре начинается процесс горения углерода и т. д. В связи с этими явлениями меняется размер и светимость звезды, поэтому среди красных гигантов встречаются переменные звезды, например красный сверхгигант Бетельгейзе (α Ориона).

Бетельгейзе (α Ori) находится в верхней правой части созвездия Ориона (рис. 2), на расстоянии 230 пк от Солнца. Бетельгейзе – переменная звезда полуправильной формы. Ее видимая звездная величина колеблется от 0,5 до 1,3 [1]. Радиус составляет $(890 \div 950) R_{\odot}$ с погрешностью $200 R_{\odot}$. Масса составляет $(11 \div 17) M_{\odot}$. Относится к спектральному классу M с температурой 3600 K на поверхности. Светимость звезды $(9 \div 15) \cdot 10^4 L_{\odot}$.



Рис. 2. Схема созвездия Ориона

Для нас α Ог $\bar{1}$ представляет особый интерес, так как это самая близкая звезда, находящаяся на заключительном этапе своей эволюции.

Когда прекратятся ядерные реакции в ядре звезды, уменьшится давление газа и излучения, препятствующие гравитационному сжатию, верхние слои звезды будут давить на ее ядро. Если его масса окажется небольшой, то верхние слои отделятся с образованием планетарной туманности. Если масса ядра окажется достаточной ($M > 8M_{\odot}$) [2], то случится взрыв сверхновой 2 типа. При этом выделится гигантское количество энергии, переносимое молекулярными соединениями, ионами, ядрами, субатомными частицами и фотонами.

Чтобы оценить оставшееся время до взрыва Бетельгейзе, необходимо рассчитать время протекания последовательности термоядерных реакций и вычесть текущий возраст звезды. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$\Delta t = \frac{0,008Mc^2}{4\pi R^2\sigma T^4} [3] - t_T,$$

где M – масса звезды, R – радиус звезды, σ – постоянная Стефана-Больцмана, T – температура поверхности звезды, c – скорость света в вакууме, t_T – текущий возраст звезды, равный 10 млн лет [4].

В ходе расчетов оценка оставшегося времени до взрыва колеблется от 1–8,1 млн лет.

Необходимо понимать и учитывать, что взрыв Бетельгейзе – это не только редкое астрономическое событие, но и шанс нанесения взрывом ущерба Земле. Если ось вращения Бетельгейзе окажется направленной на нашу планету, то она примет на себя поток гамма-излучения и частиц, которые могут оказать негативное влияние на живые организмы.

Библиографический список

1. Бетельгейзе. [Электронная ссылка] URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Betelgeuse> (дата обращения: 12.10.2019).
2. Кононович, Э. В. Общий курс астрономии / Э. В. Кононович, В. И. Мороз. 2-е изд. М.: Едиториал УРСС, 2004. С. 360–421.
3. Сарычева, Л. И. Введению в физику микромира. Физика частиц и ядер / Л. И. Сарычева. 4-е изд. М.: Либроком, 2012. С. 166–178.
4. Сурдин, В. Г. Большая энциклопедия астрономии / Владимир Сурдин. М.: Эксмо, 2012. С. 53.

СОДЕРЖАНИЕ

Абрамов П. В. СУММИРУЮЩИЙ СИНТЕЗ, АНАЛОГОВЫЕ СИНТЕЗАТОРЫ.....	3
Алексеевич А. Ф., Евдокимова Е. А. ЭКОЛОГИЯ И СФЕРА ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ.....	5
Баева К. К. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	7
Баранова А. А. АНАЛИЗ РАСТЕКАНИЯ ПЯТЕН ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ПОВЕРХНОСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ	10
Белова М. Ю., Торопицына Е. М. ПРИРОДНАЯ ВЫТЯЖКА (УСТРАНЕНИЕ НЕПРИЯТНОГО ЗАПАХА)	15
Бирюков А. А. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА	18
Быстрова А. В. ВЛИЯНИЕ КУРЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	20
Винниченко А. В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА.....	22
Вострикова Е. А., Коврижных А. А. ВЫБОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ	25
Гуленко В. А. МОДИФИКАЦИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПАРАМЕЦИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЙСТВИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ	27
Зидерер Ю. Д., Вихарев Н. А., Кучеренко О. В. РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЙ МАТЕРИАЛ И БЕЗЭХОВЫЕ ЭКРАНИРОВАННЫЕ КАМЕРЫ	30
Казадио Д. К. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ОБСЛУЖИВАНИЯ 3D-ПЕЧАТИ	32
Коврижных А. А., Вострикова Е. А. О КАЧЕСТВЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ.....	35
Комаров Т. И., Винниченко А. В. ВНЕДРЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА.....	38
Луцко А. О. СМАРТ-КОЛЬЦО ORII	40
Матвеева В. Д. ПЕРСПЕКТИВА АКТУАЛИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТА ЕСКД – КАРТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ	41
Плотникова Д. С. КРИТЕРИИ ВЫБОРА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПО ЗАЩИТЕ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ	45
Пузырева В. С., Винниченко А. В. ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ.....	49
Рассыхаева М. Д. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЦИФРОВОГО УРБАНИСТИЧЕСКОГО ХАКАТОНА «CITYNASC»	51
Рахимова Г. Г. ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	54
Романова Е. А. АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЛАСТИКОМ	57
Рыжкова А. В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НА РОССИЙСКОМ И ЗАРУБЕЖНОМ РЫНКАХ	60
Савенко Р. А. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ИЗ РАСТЕНИЙ	63
Седин Л. И., Казаков М. В. СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-СКАНИРОВАНИЯ	65
Смещук Е. А. ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО	68

Турскенайте В. А. ОЦЕНКА ЛИВНЕВОГО СТОКА С ТЕРРИТОРИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗОН САНКТ-ПЕТЕРБУРГА.....	74
Щукина Д. С. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТОТЕХНИКИ.....	76
Беспяты́й Г. Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПЕРАТИВНОГО МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА БАЗ ДАННЫХ.....	79
Клязьмин В. И. АЛАН ТЬЮРИНГ И ТЕОРИЯ АЛГОРИТМОВ.....	83
Лушников Д. М. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АККУМУЛЯТОРОВ.....	86
Уколова А. В., Лысенко О. И., Азаренок М. М. ВОЗДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА ЭЛЕКТРОНИКУ И БИОСТРУКТУРЫ.....	88
Уколова А. В., Чачава Д. Р., Золотухин К. В. ТИПИЧНЫЕ И НЕТИПИЧНЫЕ КОМЕТЫ	90
Фарафонова А. Е. ЭФФЕКТЫ ПЛАЗМОНОВ В РАССЕЯНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА.....	92
Юдина М. В., Пластун Ю. С., Лабудин Д. С. ПОСЛЕДНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛУТОНА.....	97
Якимова Д. А. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАЛЫХ ДВУХСЛОЙНЫХ СФЕРОИДОВ.....	99
Аппазова В. С. АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРАТНЫХ ИНТЕГРАЛОВ.....	102
Бурмакина А. С. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	105
Зерский М. А. ПУТЬ К СОЗДАНИЮ ТЕРМОЯДЕРНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	109
Крылова В. Е. МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА ПО НЕЧЕТКИМ ЗАПРОСАМ.....	111
Ланда Н. В., Бойко Д. А. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРИ АНАЛИЗЕ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕРФЕЙСА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	115
Шуманова Я. Ю. СУЩЕСТВОВАНИЕ И ГЛАДКОСТЬ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ – СТОКСА ПРИ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА, СТРЕМЯЩИХСЯ К БЕСКОНЕЧНОСТИ. АТТРАКТОР ЛОРЕНЦА	119
Алексеева А. Н. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	124
Бахвалов Д. В., А. О. Кисляк ПРОЕКТИРОВАНИЕ SCADA-СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРУБОПРОВОДА В СРЕДЕ LABVIEW	126
Данченко А. Ю. ИЗМЕРЕНИЕ МОДУЛЯ ЮНГА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОЛИУРЕТАНОВЫМ СВЯЗУЮЩИМ.....	129
Деменова А. С., Рошка Д. С., Сурин Н. М. РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СУММИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА	133
Дурасова А. Д. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ	136
Дурасова А. Д., Пивоварова С. В. ВОЗМОЖНОСТИ ВИРТУАЛЬНЫХ ШКАЛ В LABVIEW.....	138
Копейкина Е. С. ВАЖНЫЕ АСПЕКТЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МЕДИЦИНСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ	140
Малиновский Н. С. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВРЕДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ	143
Мосунов Д. Д., Грибенников В. И. РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ – НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ	148
Пивоварова С. В. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	152

Семенова А. В. ПРОВЕДЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	153
Тимофеева П. Э. СИГНАТУРНЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЦИФРОВЫХ СООБЩЕНИЙ.....	155
Федюнин Д. Д., Ахмадов Р. А. АЛГОРИТМ РАБОТЫ ВИРТУАЛЬНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОМАНДЫ NUMERICADD	159
Емельянов А. А., Митрофанов Н. М., Харатьян А. Г. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.....	163
Жакисов М. К., Добрицкая А. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПРИСТАВКЕ ELVIS II ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИГНАЛА НА RS-ТРИГГЕР	166
Лысова Е. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА LABVIEW ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК D-ТРИГГЕРА	169
Рахматов Т. Х., Увангур Н. С., Ахрямкин Е. Н. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	172
Сосов М. А., Барулин В. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСФОРМАЦИИ СИГНАЛА НА МУЛЬТИПЛЕКСОРЕ ЧЕРЕЗ ПРИСТАВКУ ELVIS II.....	174
Сосов М. А., Паршин В. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕКОДЕРА ДЛЯ АНАЛИЗА ШИФРОВ.....	179
Банিকেвич П. А., Усольцева М. Е. ПРОБЛЕМА БЕЗОПАСНОСТИ АЭС ПРИ АВИАКАТАСТРОФАХ.....	182
Мещерякова И. Н. АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.....	186
Рулёв А. М. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В КОСМИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВКАХ	191
Русских К. И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ.....	193
Яковлев А. А., Асмедьянов В. Д., Уржумцев Н. А. КОГДА ВЗОРВЕТСЯ БЕТЕЛЬГЕЙЗЕ.....	198

Научное издание

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
И СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ
КАЧЕСТВОМ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

Первая Всероссийская научная конференция

Молодежная секция

14–22 апреля 2020 г.

Сборник докладов

ISBN: 978-5-8088-1501-8



9 785808 815018

Ответственные за выпуск:

доктор технических наук, профессор *Е. Г. Семенова*;

кандидат технических наук, доцент *С. А. Назаревич*

Редактор *О. Ю. Багиева*

Компьютерная верстка *А. Н. Колешко*

Подписано к печати 31.08.20. Формат 60х84 1/16.
Усл. печ. л. 11,8. Уч.-изд. л. 24,0. Тираж 150 экз. Заказ № 233.

Редакционно-издательский центр ГУАП
190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 67