

Сельскохозяйственная кибернетика (Анашин Д.В.)

Сельское хозяйство – неотъемлемая часть хозяйственной деятельности человека на протяжении многих тысяч лет. Долгое время оно имело исторически сложившиеся, практически неизменные формы. Однако, индустриализация и техническая революция человечества отразилась и на сельском хозяйстве. Первая техническая революция была направлена на механизацию и замену мускульной силы машинами в производстве. Паровая машина совершила качественный скачок во всех сферах деятельности человека, в т.ч. и в сельском хозяйстве. Вторая, научно-техническая революция, произошедшая в XX веке, в значительной степени связана с появлением вычислительных машин. Если первая техническая революция затрагивала в основном материальные и энергетические аспекты производства, то вторая во многом обращена именно в сторону информационной составляющей. Современные технологические процессы в сельском хозяйстве невозможно организовать без применения электрической энергии. Разделение электротехники на энергетику и технику связи является условным и связанным с историей становления этих разделов, так, техника связи может работать с двигателями различных мощностей и с токами различной силы. Технически работа с информацией реализуется как раз с помощью техники связи – как на макроуровне, так и на микроуровне: большинство операций, совершаемых компьютером – это операции коммутации, совершаемые на основании некоторой логики. Таким образом, сегодняшнее сельскохозяйственное производство невозможно без разнообразной автоматизации с использованием вычислительной техники и информационной составляющей технологических процессов.

В середине прошлого века для систематизации проявлений информационной составляющей в различных областях науки и техники был введен в обращение термин кибернетика. Слово кибернетика происходит от

греческого κυβερνητική («кибернетики»), что означает «управление». Слово «кибернетика» впервые употребил Платон в диалоге «Законы». Впервые в научном смысле слово «кибернетика» использовал французский физик и математик Андре-Мари Ампер в своем труде «Эссе о философии наук» (1834 год) для описания гражданского управления. Позднее, уже в 20 веке, этот термин был использован Норбертом Винером в его книге «Кибернетика» при изучении проблем управления и общения у животных и для построения вычислительных машин. В дальнейшем, принципы, заложенные Н. Винером были переосмыслены и развиты, границы кибернетики сильно расширились. Заметный след в кибернетике оставили такие ученые как У. Эшби, К. Шеннон, А. Тьюринг, А. Розенблют. В Советском Союзе большой вклад в развитие кибернетики был внесен учеными А. Колмогоровым, В. Глушко и др. Многие области научной и хозяйственной деятельности человека происходят или тесно связаны с кибернетикой. Как пример можно привести такие как: искусственный интеллект, информатика, теория управления, робототехника, экономическая кибернетика, социальная кибернетика и др. В общем виде кибернетику можно определить, как науку о закономерностях получения, хранения, преобразования и передачи информации в управляющих системах.

Отраслью науки, изучающей технические системы управления, является техническая кибернетика. Долгое время кибернетика развивалась параллельно с наукой, изучающей автоматику в технике. Принципы, использующиеся в кибернетике во многом близки принципам, использованным в САР (системах автоматического регулирования), и САУ (системы автоматического управления). Основными принципами кибернетики являются принцип «черного ящика» и закон обратной связи. Принцип «черного ящика» ввел английский ученый Уильям Эшби. Этот принцип позволяет исследовать поведение системы по тому, как она реагирует на внешние воздействия абстрагируясь от ее внутреннего устройства.

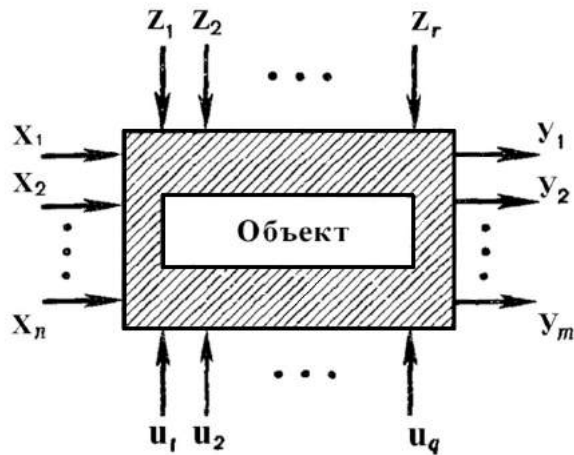


Рисунок 38. – Принцип «Черного ящика»

На Рисунок 38: x - входы в систему; y – выходы; z – возмущающие воздействия; u - управляющие воздействия. В некотором смысле это напоминает термодинамику – мы судим о состоянии системы по внешним проявлениям, не вдаваясь в особенности происходящих в системе процессов.

Закон же обратной связи заключается в том, что объектом управления можно управлять, получая определенный результат работы системы на выходе изменением входных сигналов на основании информации, получаемой о состоянии объекта. При этом принципы и законы кибернетики применимы как к управлению конкретным техническим средством, так и к логистике по управлению предприятием. По мере развития вычислительной техники все более заметно сближение технической кибернетики и науки автоматизации. Одним из важнейших достижений в этом направлении является разработка и широкое использование метода математического моделирования. Математическое моделирование позволяет проводить эксперименты не с реальными физическими объектами, а с их математическим описанием с применением компьютерных программ. Однако, не смотря на тесную связь технической кибернетики с автоматикой и телемеханикой, совпадения наук не происходит, т.к. в технической кибернетике не рассматриваются вопросы конструирования конкретной аппаратуры.

Использование автоматики в с/х производстве в сравнении с промышленным производством в чем-то близко, а в чем-то имеет свои особенности [68]. К особенностям следует отнести то, что с/х производство имеет дело не только с техникой, но и с живыми объектами и почвой. К особенностям также надо отнести рассредоточенность управляемых объектов на значительные расстояния, возможные в силу ряда причин перебои с энергоснабжением и связью. Также существенное влияние на технику оказывают природные факторы, такие как перепады температуры, порывы ветра, дожди и снег, а это в значительной мере формирует неоднородные и случайные возмущающие воздействия. Производственные процессы в сельском хозяйстве можно разделить на два класса: животноводство и полеводство. При таком разделении также есть свои особенности при автоматизации технологических процессов. Тем не менее, существуют одинаковые требования, предъявляемые к средствам автоматики: надежность; ремонтпригодность; унификация элементной базы; устойчивость к воздействиям со стороны климата; простота в обслуживании.

В зависимости от функций, выполняемых автоматическими устройствами в сельском хозяйстве, можно выделить: контроль; защита; дистанционное и автоматическое управление. Неотъемлемой частью автоматики является сбор и обработка информации. Обработка информации на сегодняшний день осуществляется с использованием цифровой вычислительной техники, построенной на основе двоичной системы счисления.

Реальностью сегодняшнего дня является потребность в качественном изменении в отношении к сельскохозяйственному производству, выраженному в стремлении существенного увеличения производительности труда сельхозработников, увеличения объемов готовой продукции, снижение себестоимости и повышения качества выпускаемой продукции[69]. Выполнение таких высоких требований возможно только при широкой цифровизации технологических процессов, что нашло свое отражение в

концепции «Цифровое сельское хозяйство», разработанной совместно министерством сельского хозяйства, министерством цифрового развития, министерством науки и высшего образования и российской академией наук. Данная концепция соответствует Указу Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы». В частности, в этом указе дано определение цифровой экономики: «Цифровая экономика - хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг». Целью цифровизации сельского хозяйства является достижение существенного прироста эффективности и устойчивости его функционирования за счет кардинальных изменений в качестве управления, как технологическими процессами, так и процессами принятия решений на всех уровнях иерархии, базирующихся на современных способах производства и дальнейшего использования информации о состоянии управляемых подсистем и их элементов, а также состояний экономического окружения сельского хозяйства.

В концепции «цифровое сельское хозяйство» обозначены следующие задачи: создание баз данных отчетности сельскохозяйственных предприятий; базы данных о состоянии продовольственных и ресурсных рынков; базы данных результатов интеллектуальной деятельности НИИ аграрного профиля и сельскохозяйственных вузов; базы данных форм отчетности органов управления АПК субъектов Российской Федерации; создание экономико-математической модели оптимизации сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности с учетом анализа и прогнозирования основных агропродовольственных рынков.

Создание и внедрение компьютерных систем управления, планирования и использования ресурсов в сельскохозяйственном производстве на разных уровнях – поле, хозяйство, муниципалитет приведет к развитию следующих направлений: умное поле, умный сад, умная теплица, умная ферма.

Рассмотрим направление умное поле. Целью этого направления является создание и внедрение интеллектуальной системы управления и планирования при использовании земель в сельскохозяйственном производстве на разных уровнях на основе цифровых технологий и методов компьютерного моделирования. Среди основных мероприятий в этом направлении надо выделить создание системы автоматизированного планирования оптимального использования земель в сельском хозяйстве, включающей:

- сбор, актуализацию и хранения данных о состоянии земель;
- мониторинг состояния и использования земель;
- многоцелевую оценку пригодности земель и моделирование потенциальной урожайности;
- прогнозирование урожайности с/х культур;
- планирование размещения с/х угодий и посевов отдельных культур;
- планирование развития АПК на федеральном и региональном уровнях;
- формирование реестров и паспортов земель, используемых предприятиями сельскохозяйственного направления для ведения сельскохозяйственного производства;
- формирование базы данных о постановке земельных участков сельскохозяйственного назначения на государственный кадастровый учет, кадастровой стоимости земельных участков;
- перераспределение земель при реформировании сельскохозяйственных организаций (банкротстве, реорганизации);
- разработке мероприятий по улучшению сельскохозяйственных угодий, освоению новых земель, восстановлению и консервации

- сельскохозяйственных угодий, рекультивации нарушенных земель,
- защите земель сельскохозяйственного назначения от эрозии, селей, подтопления, заболачивания, иссушения, уплотнения;
 - создание сети центров повышения квалификации и обучения специалистов.

Рассмотрим умную теплицу. Современный агрокомбинат на своих предшественников 20-тилетней давности похож только формой теплиц. Цеха для выращивания овощей из стекла, бетона и стали высотой в 4-6 м вместо привычных 2-х. Никаких грядок и ручного полива. Первое впечатление, что томаты или огурцы растут в воздухе и от корней опутаны проводами и шлангами; капельницы, подающие раствор - с автоматическим управлением, вместо земли целлофановые брикеты с искусственной ватой. Эта система полива – гидропоника: метод выращивания растений без почвы в твёрдом субстрате или питательном растворе. Минеральная вата – это не заменитель почвы, это ёмкость, где крепятся корни растений. Для одного саженца её нужно максимум 8 л, вместо 30 л привычной земли. Вату не надо вскапывать, рыхлить и пропалывать. Главное её преимущество – стерильность. Соответственно, в ней нет болезней, вредителей и сорняков. Поливают саженцы не обычной водой, а специальным питательным раствором. Все ингредиенты смешивает компьютер. Дозировки строго по формулам и выверены до миллиграмма. Доставка раствора проходит по капельным трубкам индивидуально к каждому растению, причём настолько равномерно, что в любой точке теплицы эта вылитая норма будет везде одинаковая, заданная агрономом. Ещё одно преимущество компьютера перед человеком в том, что он как врач на разных этапах выписывает растениям нужные рецепты – во время роста ботвы им нужно больше азота, во время цветения – калия, во время роста плодов целого набора витаминов. Цеха, где выращивают зелень, другие: салаты растут в лотках, им минеральная вата не нужна. Капля за каплей к каждому лоточку течёт питательный раствор, такая технология носит название проточной гидропоники. Горшочек с рассадой

салата помещается в лоток, куда несколько раз в час компьютер подаёт питательный раствор.

В паузах между поливами корни дышат. Под воздействием правильного питательного раствора сроки вызревания салата сокращаются: по своей биологии салат имеет 100-110 дней по развитию от начала посева до получения продукции, а гидропоника позволяет ускорить этот процесс. И готовую продукцию в зависимости от сезона можно получить за 28 - 34 дней. Особенно это актуально в Якутии, Южном Сахалине и других регионах, где продолжительный зимний сезон. Благодаря гидропонике листья салата получаются чистыми. Работник достаёт из лотка горшочек с салатом, обрабатывает корни, упаковывает и отправляет на склад. Сочным и свежим такой куст остаётся до 7-ми дней. В каждом современном агрокомбинате есть свой гидрометцентр. Компьютер не только кормит растения, он за ними ухаживает: следит за погодой в теплице - чтобы корням было теплее, а верхушкам прохладнее и не было душно. Рост и развитие растений зависят во многом именно от микроклимата в теплице. Метеостанция, которая имеется в теплице, отслеживает скорость и направление ветра и наружную температуру воздуха. В соответствии с этим программа компьютера рассчитывает, какую температуру теплоносителя необходимо подать в трубы отопления. Скорость и направление ветра очень важно знать, потому что, если, например, направление ветра с севера и температура достаточно низкая, то температура в теплице будет падать гораздо быстрее по сравнению с ветром, если он будет южный. Одной из самых современных разработок агроинженеров является теплица, работающая по методу аэропоники. Купол такой теплицы – из целлофана высотой порядка 10 м. Помидоры, огурцы и салаты выращиваются, находясь в воздухе, корни также находятся в воздухе. А все необходимые для развития вещества поступают с питательным раствором через форсунки системы непрерывного орошения. Компьютер анализирует температуру, влажность в теплице и снаружи. Примерно раз в 10-15 мин. запускает опрыскиватель. Питательный раствор подаётся в виде

взвеси. Через микрокапли корни впитывают всё необходимое для роста и плодоношения. При этом они просто висят в воздухе, но не пересыхают.

Лишний раствор стекает в систему дренажа, фильтруется от примесей и снова подаётся на растения. Для того, чтобы получить килограмм томатов в открытом грунте, для растений необходимо 200 л воды. В данном случае воды требуется только одна десятая часть от воды, потребляемой растениями в открытом грунте. В обслуживании такая теплица достаточно проста. Компьютер следит за ростом растений. Задача человека – высадить рассаду и собрать урожай. Частота отверстий в колонне регулируется в зависимости от культуры. Согласно исследованиям агрономов по производительности этот метод превосходит гидропонику, так, с 1 кв. м можно получать 200 кг листового салата, 200 кг укропа, петрушки, кинзы и других овощных растений; огурцов – с 1 кв. м в год можно получать порядка 60 кг, а помидор – порядка 50 кг. Таким образом, использование автоматического управления теплицами с применением электронной вычислительной техники позволяет снизить затраты и повысить эффективность производства плодоовощной продукции.

Повышение качества производимой сельскохозяйственной продукции и улучшение собираемости налогов государством призвана осуществить система контроля, построенная на технологии блокчейн: технологии, которая окажет наибольшее влияние в ближайшие несколько десятилетий - это технология цепочки блоков транзакций. По сути, эта технология является следующим поколением интернета. У сегодняшнего интернета существует ряд проблем. Одна из них – проблема информационной безопасности [60]. Технология блокчейн позволяет решить эту проблему. Цифровые активы собраны не в одном месте, а они распределены по глобальному реестру с помощью криптографии высшего уровня. Когда операция произведена, запись об этом появляется одновременно на многих тысячах компьютеров. Каждый интервал времени, например, каждые десять минут, в ходе некоей пульсации сети создаётся новый блок, хранящий информацию об операциях

за это время. Потом последний блок соединяется с предыдущим блоком и с ещё более ранним блоком, создавая цепочку блоков. Блоки привязаны ко времени, как бы скреплены цифровой нитью. Если бы кто-то захотел взломать некоторый блок, надо было бы взломать этот блок и все предыдущие блоки, всю историю информационных блоков на этом блокчейне. И не на одном компьютере, а на тысячах машин, использующих высокоуровневое шифрование, в одно и то же время. Что вряд ли реализуемо. Вертикально выстроенные защищенные информационные цепочки позволяют проследить историю товара от производителя до потребителя. Использование таких информационных технологий позволит избежать большого количества посредников, движение товара возможно осуществить за меньшее время и снизить себестоимость товара. Информационные технологии блокчейн могут облегчить поиск необходимой техники для производства и трудовых ресурсов. Для этого только необходимо обозначить приоритетные критерии. Используя эту технологию, можно параллельно с производственными задачами закрывать возникающие юридические вопросы, заключать всевозможные договора. Оплату тут же можно производить с использованием защищенных цифровых финансовых инструментов. Используя информационные технологии можно выбирать добросовестных поставщиков – репутационная информация всегда в наличии. Имея хорошую репутационную информацию, проще решать вопросы с кредитами, и тут же их получить. Все это значительно ускорит и качественно изменит в положительную сторону сельскохозяйственное производство.

Все большее значение для решения технологических и социальных задач в сельском хозяйстве играет робототехника. С определением понятия робота и какие функции роботы выполняют, можно подробно ознакомиться в ГОСТР 60.0.0.4-2019. Примерами использования роботов в сельском хозяйстве могут служить роботы – кормораздатчики, роботы- уборщики навоза, роботы- дояры, роботы- сборщики земляники, роботы- сортировщики. Роботы в сельском хозяйстве могут и должны заменить

малоквалифицированный тяжелый труд человека. Сегодня мы живем в период искусственных ограничений со стороны зарубежных поставщиков, комплектующих для производства робототехники.

Поэтому существует потребность в импортозамещении и решения собственными силами стоящих задач. Жизненный цикл технического изделия можно представить в виде кривой:

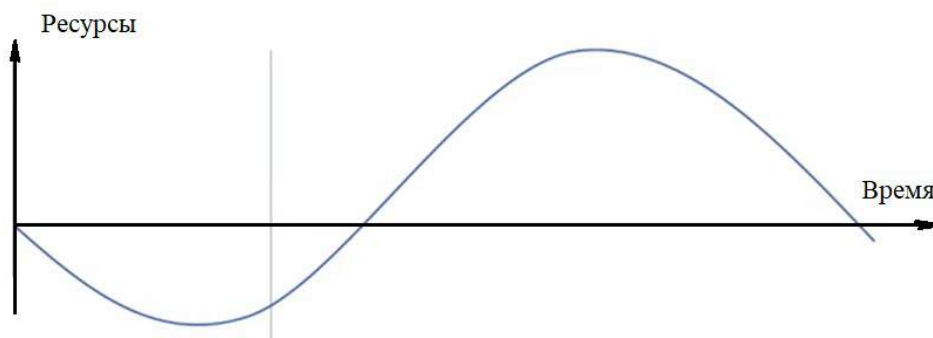


Рисунок 39. – Жизненный цикл технического изделия

В самом начале необходимо определиться с техническими решениями, провести необходимые расчеты, изготовить и испытать опытные образцы. На это уходит определенное время и тратятся некоторые ресурсы. С какого-то момента времени начинается производство и проект выходит на уровень прибыли. Это известная S-образная кривая развития. Первичный, затратный этап развития техники можно и нужно снижать на основе компьютерных расчетов с применением математических моделей. Следующее. Одной из серьезных проблем в робототехнике является проблема ориентации роботов.

Таким образом, мы видим, что потребности в применении вычислительной техники и кибернетики для эффективного развития сельского хозяйства велики и неоспоримы. Вернемся к рассмотрению технической кибернетики. Материальный мир в своей основе состоит из трех компонентов – вещественных, энергетических и информационных. Они составляют единую систему, в которой информационные составляющие играют определяющую роль. В них формируются управляющие воздействия на энергетические составляющие согласно заложенному алгоритму и системе

обратных связей. Проявление энергетических составляющих реализуется посредством вещественных структур.

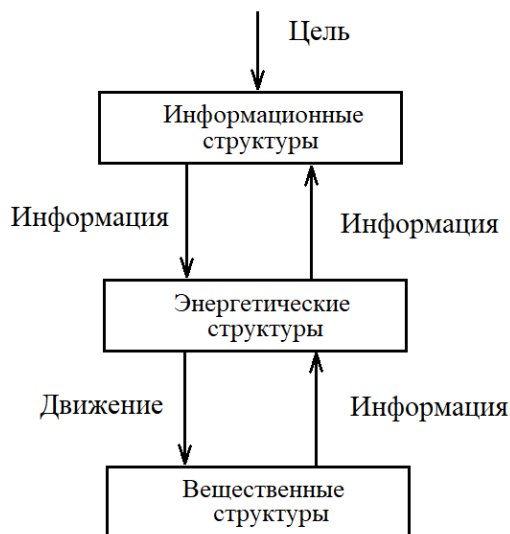


Рисунок 40 – Принципиальная система управления

Из этой схемы видно, что при одних и тех же материальных и энергетических ресурсах наиболее эффективным может быть хозяйство и техника при использовании оптимальных алгоритмов решения поставленных задач. Грамотное использование кибернетики позволяет решать самые сложные задачи, что мы видим на примере наиболее экономически развитых стран, например, Японии, которая добилась выдающихся результатов, практически не имея своих собственных природных ресурсов.

Техническая кибернетика, возникшая из потребностей практики, является сейчас одним из наиболее разработанных разделов кибернетики. Она изучает процессы управления безотносительно к физическим процессам в системах, в которых происходят эти процессы. Основной задачей технической кибернетики является синтез оптимальных алгоритмов управления.

В качестве основных разделов кибернетики могут быть выделены такие как: теория информации; теория методов управления (программирования) и теория систем управления.

В теории информации рассматриваются способы получения, преобразования и передачи информации. Информация в основном передается

при помощи сигналов, у которых некоторые параметры находятся в соответствии с передаваемой информацией. В качестве основного понятия в теории информации выступает мера количества информации, определяемая как изменение степени неопределенности в ожидании некоторого события. Принято снижение неопределенности в два раза называть одним битом информации. В употреблении используются понятия байт, килобайт, мегабайт, гигабайт. Байтом называется объем информации, состоящий из восьми бит. Это понятие пришло из вычислительной техники, где устройство памяти состояло из восьми ячеек, в каждой из которых могла находиться или логическая единица, либо логический ноль, т.е., один бит информации.

Теория методов управления, или программирования, занимается разработкой методов автоматической обработки и использования информации для процессов управления с использованием электронно-вычислительных машин. Программирование работы любой системы управления в общем случае включает в себя: определение алгоритма нахождения решений и составление программы в коде, воспринимаемом данной системой. Процесс нахождения решений сводится к обработке входной информации в соответствующую выходную информацию или команды управления для достижения поставленных задач. Обработка информации происходит на основе некоторого алгоритма. Для определения оптимальных решений в технической кибернетике используются различные модели: модели потоков, модели надежности систем, модели игр, модели распознавания образов, модели обучения, графовые модели, логико-алгебраические модели, модели систем искусственного интеллекта. Используемая в кибернетике теория алгоритмов изучает формальные способы описания процессов обработки информации в виде алгоритмов - условных логико-математических схем. В различных случаях критерии оптимальности могут быть различны: в одних случаях может потребоваться минимальный разброс значений некоторого параметра, в другом - максимальная скорость переходного процесса, и т.п.

Теория систем управления занимается изучением принципов их построения и связями систем управления с объектами управления и внешней средой. В этом разделе кибернетики изучаются системы управления, представленные в виде математических моделей, сохраняющих информационные свойства реальных систем. Также получило отдельное направление технической кибернетики – теория автоматов. Теория автоматов занимается синтезом автоматов по заданным условиям работы и решением проблемы «черного ящика» - определением внутренней структуры автомата на основании изучения его входов и выходов. Кибернетика выделяет два общих принципа построения систем управления: обратной связи и иерархичность управления. Иерархичность управления обеспечивает устойчивость системы управления.

Таким образом, комплексная автоматизация при применении принципов самонастраивающихся и самообучающихся систем, разработанных технической кибернетикой, позволяет обеспечить достижение наилучших режимов управления, приводящих к достижению поставленных производственных и логистических задач в сельском хозяйстве. Начиная от элементарных вопросов управления отоплением и вентиляцией [32] и до создания сложных информационных систем с организацией и поддержкой сетевых решений, в т.ч. на уровне соответствующих сайтов [70], видим потребности в систематизации и правильном использовании информационных составляющих. Сегодня назрел вопрос говорить уже не технической кибернетике в сельском хозяйстве, а о сельскохозяйственной кибернетике.

Среди проблем, существующих при широком внедрении сельскохозяйственной кибернетики следует отметить недостаточное развитие в сельской местности цифровой инфраструктуры, особенно в «сельской глубинке» и дефицит квалифицированных кадров [71], [72], [73].

По данным Минсельхоза России, сегодня в России вдвое меньше ИТ-специалистов, работающих в сельском хозяйстве, чем в странах с

традиционно развитой сферой АПК. На настоящий момент российскому агросектору необходимо порядка 90 тысяч ИТ-специалистов. Новые реалии, проблемы импортозамещения также диктуют повышенное внимание к обозначенной выше проблематике и выработке новых подходов при обучении молодых специалистов для ее решения.