

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кириллов, В.И. Метрологическое обеспечение технических систем: учебное пособие / В. И. Кириллов. – Минск: Новое знание, 2017. – 424 с.
2. Мочалов, В.Д. Метрология, стандартизация и сертификация. Взаимозаменяемость и технические измерения: учебное пособие / В. Д. Мочалов, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе. – 3-е изд., переработанное и дополненное. – Старый Оскол : Тонкие наукоемкие технологии, 2017. – 263 с.
3. Сергеев, А.Г. Метрология: учебник и практикум для СПО: для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. – 2-е изд., переработанное и дополненное. – Москва: Юрайт, 2017. – 421 с.
4. Хромой, Б.П. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студентов и аспирантов, / Б. П. Хромой. – Москва: Горячая линия — Телеком, 2018. – 432 с.
5. Шишмарёв, В. Ю. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В. Ю. Шишмарёв. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2019. – 429 с.
6. Воронова, Т. С. Неопределенность измерений при определении их точности / Т. С. Воронова, М. В. Пильцов, В. А. Кулыгин // Сб. науч. трудов АнГТУ. – 2023. – №20. – с. 12-15.
7. ГОСТ 34100.3-2017 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 104 с.

УДК 519.876.2

Колмогоров Алексей Геннадьевич,
к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: alexey-kol@narod.ru

Зудилкина Анастасия Георгиевна,
студент кафедры «Автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

СИНТЕЗ ТРЕНАЖЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Kolmogorov A.G., Zudilkina A.G.

SYNTHESIS OF SIMULATOR MODELS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Аннотация. Предложен алгоритм синтеза математических моделей для компьютерных тренажеров, предназначенных для обучения оперативного персонала технологических установок. Алгоритм построен с учетом специфики реальных производственных объектов и охватывает весь технологический цикл разработки тренажеров.

Ключевые слова: компьютерный тренажер, обучение персонала, тренажерная модель, технологический процесс, алгоритм синтеза

Abstract. The algorithm of synthesis of mathematical models for computer simulators intended for training of operational personnel of technological installations is proposed. The algorithm is built taking into account the specifics of real production facilities and covers the entire technological cycle of simulator development.

Keywords: computer simulator, personnel training, simulator model, technological process, synthesis algorithm.

Основная роль при комплексной автоматизации производств отводится автоматизированным системам управления технологическими процессами (АСУТП), являющимися базовым уровнем в иерархической структуре АСУ. Несмотря на постоянное развитие технического обеспечения, одним из «слабых» мест в структуре АСУТП был и остается оперативный персонал, являющийся

неотъемлемой ее частью. Оператор часто допускает ошибки, применяя алгоритм, приемлемый при наличии условий, отсутствующих в данный момент. Причины ошибок разнообразны, но в большинстве случаев они являются следствием низкой квалификации оперативного персонала, вызванной отсутствием практического опыта управления установкой, недостатками системы обучения (чаще

отсутствием нормальных дидактических средств или неправильной организацией обучения).

Необходимость совершенствования квалификации оперативного персонала путем проведения регулярных тренировок по отработке навыков поведения при нештатных ситуациях, а также в штатных ситуациях, требующих высокого профессионализма, не вызывает сомнений. Общеизвестно, что одним из эффективных подходов к обучению и повышению квалификации операторов сложных производств является применение компьютерных тренажеров (КТ) реального времени. Об эффективности применения КТ свидетельствует интенсивное их внедрение на многих промышленных предприятиях по всему миру, в т.ч. и в России. Основные аспекты разработки, эксплуатации, целесообразности применения КТ для промышленных предприятий подробно рассмотрены в работе [1].

Разработка КТ для промышленных предприятий ведется по двум основным направлениям:

- построение тренажеров для типовых производственных процессов без учета специфики реальных установок;
- построение специализированных КТ для существующих технологических процессов (ТП) с целью обучения персонала безаварийному управлению с учетом индивидуальных особенностей реальной установки.

Очевидно, что второй вариант разработки КТ является наиболее сложным, т.к. требует от разработчика непосредственного присутствия на объекте для изучения и учета в тренажере многих факторов, связанных со спецификой реального объекта. Некоторым аспектам создания именно таких КТ и посвящена данная статья.

Несомненно, самым ответственным и наиболее трудоемким процессом в разработке КТ является создание его программно-информационной части, включающей математическую модель ТП (с действующей системой управления), а также систему управления и визуализации тренажера (программные интерфейсы обучаемого оператора и инструктора).

Разработка адекватной математической модели ТП по трюдозатратам занимает около

70 % от общего времени на разработку специализированного КТ. Основные трудности связаны с необходимостью учета при моделировании ряда специфических особенностей, отличающих математическую модель для КТ от других, что позволяет отнести данную модель к отдельному классу тренажерных моделей (ТМ). Являясь в своей основе имитационной, ТМ должна с принятой степенью адекватности воспроизводить во времени поведение объекта в штатных и нештатных режимах, отрабатывая управляющие и возмущающие воздействия со стороны оператора и инструктора в процессе компьютерного тренинга.

Анализируя общепринятые [2] и специфические задачи тренинга, определяемые характерными особенностями исследуемого объекта, накопленный опыт построения КТ, а также литературные источники в области математического моделирования ТП, сформулированы общие принципы синтеза ТМ, которые представлены на рисунке 1.

Безусловно, большинство из описанных принципов обязательны к соблюдению при математическом моделировании в любой области. Но применительно к разработке моделей для тренажеров ТП, практически каждый из них имеет определенные специфические особенности, свойственные только КТ, а некоторые из них, такие как управляемость и наблюдаемость, характерны только для КТ. Эти обстоятельства позволяют выделять модели для тренажеров в отдельную категорию, для которой известные подходы к моделированию не всегда могут оказаться применимы в полной мере.

Тренажерная модель является ключевым компонентом КТ, от качества которого зависит достижение основной цели тренинга – повышения эффективности функционирования АСУТП за счет повышения надежности оперативного персонала. Отсутствие в ТМ ряда допущений, значительно упрощающих процесс разработки модели, необходимость соблюдения сформулированных принципов относят ТМ к классу структурно сложных динамических систем, требующих детального анализа. Эти обстоятельства позволяют судить о необходимости применения для подобных задач системного подхода.

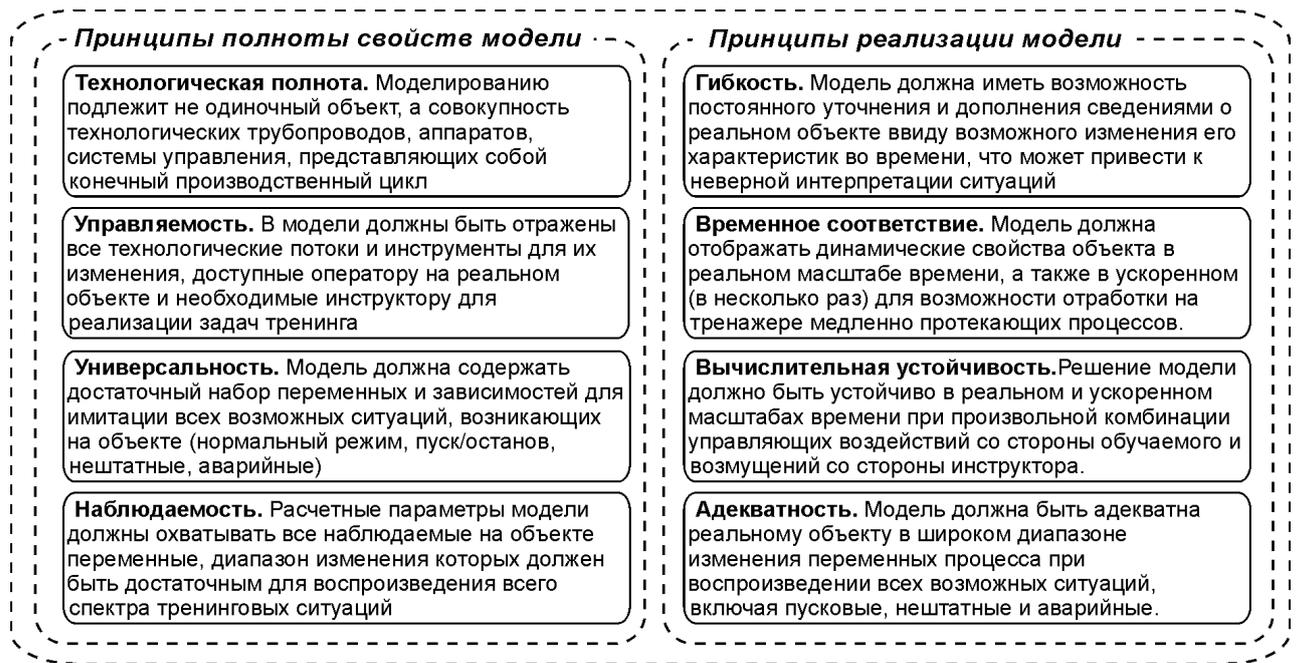


Рисунок 1 – Принципы синтеза тренажерных моделей

Важным моментом при проведении системного анализа является формирование алгоритма его проведения, являющегося обобщением последовательности этапов работы в исследуемой предметной области. Применение системного подхода при разработке алгоритма синтеза ТМ требует учета нескольких специфических факторов, с которыми сталкивается на практике разработчик КТ. Во-первых, синтез ТМ подразумевает активное привлечение знаний не только со стороны разработчиков (математиков, программистов, специалистов по автоматизации и химической технологии), но и от потенциальных пользователей КТ в лице опытных химиков-технологов и операторов, выступающих в роли экспертов. Это требует четкой координации действий между всеми заинтересованными в разработке КТ сторонами. Во-вторых, необходимо учесть возможную удаленность и ограниченность доступа по времени к объекту исследования (ввиду особых условий на охраняемых взрыво- и пожароопасных промышленных территориях), что определяет нахождение на объекте в ограниченные интервалы времени. В-третьих, эксперты со стороны предприятия не могут принимать непосредственного участия на всех этапах разработки ТМ (ввиду профессиональной занятости или удаленности), тем не менее, их знания и оценки во многих случаях являются определяющими. Эти обстоятельства, наряду с ограниченно-

стью общего времени на создание ТМ, ставят перед разработчиками задачу синтеза такого алгоритма, в котором последовательно и максимально конкретно определены все основные этапы работы.

Основываясь на общих принципах системного подхода, а также принимая во внимание вышеизложенные аргументы, предлагается для разработки ТМ технологических процессов использовать алгоритм, представленный на рисунке 2.

Алгоритм подразумевает поэтапное достижение цели – получение адекватной ТМ исследуемого процесса.

Целью подготовительного этапа является аккумуляция, классификация и анализ всей возможной и доступной исходной информации о моделируемом ТП. Как показывает опыт исследования реальных технологических установок, возможные источники получения информации (технологические регламенты, инструкции, тренды, оперативные журналы) не в состоянии обеспечить разработчика КТ всей объективной информацией об объекте (для соблюдения принципа наблюдаемости) ввиду ее ограниченности по времени и диапазонам изменения переменных. Особый дефицит информации наблюдается по нештатным и аварийным ситуациям, знания о которых сложно, а подчас и невозможно отыскать в архивах. Проведение активного эксперимента (тем более для выявления поведения объекта в нештатных

режимах) на работающей установке принципиально невозможно. Единственным решением в подобной ситуации является использование в качестве альтернативного источника экспериментальных данных экспертных оценок. Эксперты, как будущие потенциальные пользователи КТ на базе синтезируемой ТМ, имеют накопленный опыт при возникновении подобных ситуаций, поэтому их суждения и выводы являются определяющими при синтезе.

Основные мероприятия по синтезу ТМ сведены в этапе разработки модели, где основные усилия сосредоточены на оптимальной декомпозиции моделируемого процесса. При этом синтез внутренней структуры ТМ предлагается осуществлять на основе разделения моделей потоков (МП) и аппаратов (МА). К технологическим потокам относится поток жидкости или газа, движущийся между аппаратами (по трубопроводам) или внутри них (например, между ступенями разделения ректификационной колонны), а также поток тепла, передаваемый посредством твердо-

тельных поверхностей между смежными областями (внутри кожухотрубных теплообменников). Как правило, при моделировании ТП (например, для решения задач оптимизации) разделение на аппараты и потоки не носит явного характера. Во-первых, в таких моделях рассматриваются статические режимы, не требующие расчета динамики потоков. Во-вторых, отсутствует необходимость моделирования исполнительных механизмов, устанавливаемых на потоках. В-третьих, в таких задачах, в основном, аппараты рассматриваются отдельно друг от друга, что не требует моделирования их взаимосвязей между собой. В случае построения ТМ, технологические потоки играют важную роль в работе системы управления (т.к. являются, по сути, управляющими воздействиями), а также при имитации нештатных и аварийных ситуаций. К тому же, при моделировании динамического режима процесса протяженностью трубопроводов, их перепадом по высоте в ряде случаев нельзя пренебрегать.

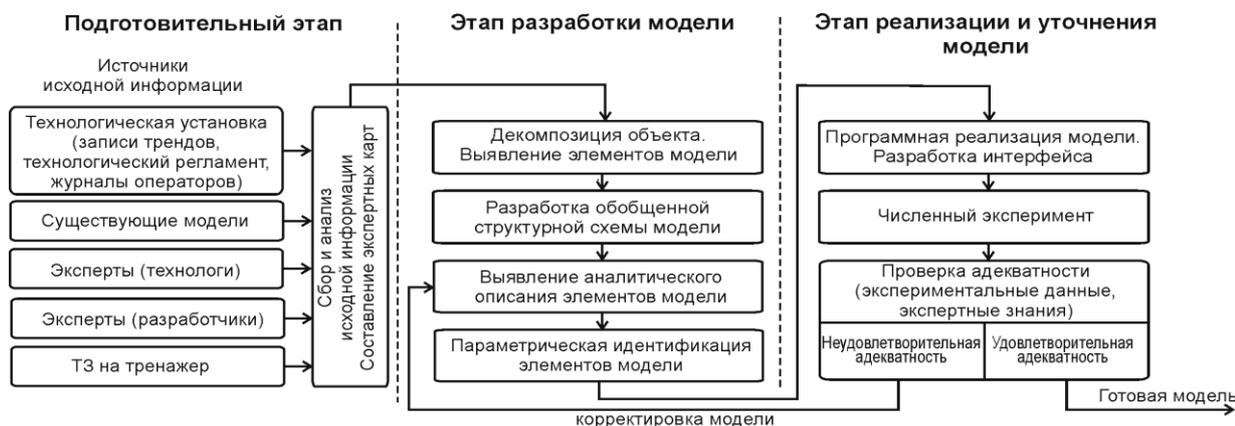


Рисунок 2 – Алгоритм синтеза тренажерной модели

Синтез обобщенной структуры ТМ предлагается осуществлять при помощи универсальных элементов: информационных потоков и их преобразователей, представляющих собой математические модели технологических потоков (материальных или энергетических) и аппаратов (частей аппаратов), соответственно. Структура ТМ в этом случае представляет собой множество преобразователей информационных потоков, взаимосвязанных между собой множеством информационных потоков. После определения структуры модели осуществляется выявление системы аналитических зависимостей, описывающих физические процессы внутри каждого элемента системы; параметрическая иден-

тификация элементов системы на основе собранных на предварительном этапе экспериментальных данных об объекте. Результатом проведения данного этапа является математическое описание моделируемого процесса в виде системы алгебро-дифференциальных уравнений, идентификация параметров которого произведена на основе экспериментальных данных, собранных на объекте.

После синтеза ТМ осуществляется переход к следующему этапу – этапу программной реализации, численного эксперимента и уточнения полученного математического описания ТМ. В рамках данного этапа осуществляется: выбор программного обеспечения для реализации синтезированной

ТМ, определение структуры программы; выбор численных методов для решения систем уравнений; реализация человеко-машинного интерфейса для обеспечения возможности проведения численного эксперимента и оценки адекватности ТМ.

При соблюдении установленных критериев, ТМ считается адекватной и принимается для дальнейшего использования ее в составе КТ. В случае неудовлетворительной

адекватности поведения модели в целом или при реализации отдельных режимов принимается решение о корректировке математического описания модели или изменении ее параметров.

Таким образом, алгоритм является итерационным и обеспечивает возврат на промежуточные этапы в случае обнаружения неудовлетворительной оценки адекватности модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов / В.М. Дозорцев. – М.: СИНТЕГ, 2009. – 372 с.

2. Колмогоров, А.Г. Динамический

структурный синтез тренажерных моделей / Н.С. Благодарный, А.Г. Колмогоров, Кобозев В.Ю., Кривов М.В. Текст: непосредственный // Сборник научных трудов АнГТУ. – 2016. – С.131–138.

УДК 004.9+65.26

Кулакова Ирина Михайловна,

*к.т.н., доцент кафедры «Вычислительные машины и комплексы»
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: iyelkina@mail.ru*

Бычкова Гульфира Мубаракевна,

*к.э.н., доцент, доцент кафедры «Экономика, маркетинг и психология управления»
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: gulfira_agta49@mail.ru*

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЁТА НАЛОГОВОЙ НАГРУЗКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТИ

Kulakova I.M., Bychkova G.M.

SOFTWARE FOR CALCULATING THE TAX BURDEN AND DETERMINING THE STRUCTURE OF ADDED VALUE

Аннотация. Предложено программное решение по расчёту налоговой нагрузки в режиме упрощенной системы налогообложения и определения структуры добавленной стоимости на предприятиях малого бизнеса. Разработка предполагает использование результатов для анализа и оценки оптимального соотношения доходов и расходов в разных вариантах расчёта налога.

Ключевые слова: упрощенная система налогообложения, налоговая нагрузка, электронные таблицы, VBA.

Abstract. A software solution is proposed for calculating the tax burden in the mode of a simplified taxation system and determining the structure of value added at small businesses. The development involves using the results to analyze and evaluate the optimal ratio of income and expenses in different tax calculation options.

Keywords: simplified taxation system, tax burden, spreadsheets, VBA.

Специальный налоговый режим, который представляет собой упрощенная система налогообложения (УСН), предназначен для малого бизнеса.

Но, несмотря на все преимущества УСН, такие как снижение налоговой нагруз-

ки, простота учета, уменьшение количества подаваемых отчетов, а также возможность выбора между двумя вариантами расчета налога: по доходам или по доходам минус расходы, важно помнить, что УСН имеет свои особенности и ограничения, поэтому перед