

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ПРИ УНИЧТОЖЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Б.В. Палюх, Ю.Н. Матвеев

*Кафедра информационных систем, ФГБОУ ВПО «Тверской
государственный технический университет», fmas@tstu.tver.ru*

Представлена членом редколлегии профессором С.И. Дворецким

Ключевые слова и фразы: аварийная ситуация; автоматизированная информационно-управляющая система; принятие решений; техническая безопасность; химическое оружие; чрезвычайная ситуация.

Аннотация: Разработаны алгоритмы моделирования процесса развития аварийной ситуации в чрезвычайную и оптимального управления в условиях чрезвычайной ситуации с использованием программно-технического комплекса поддержки принятия решений.

На объектах хранения и уничтожения химического оружия (**ОХУХО**) возможны события, приводящие к авариям и, как следствие, к нерегламентированным выбросам отравляющих и аварийных химически опасных веществ (**ОВ** и **АХОВ**) в промышленную инфраструктуру и окружающую среду. Авария для таких объектов определяется как несанкционированное высвобождение (выброс во внешнюю среду) массы или энергии, которое причиняет или способно причинить ущерб реципиенту риска. При этом масса или энергия выступает в качестве источника аварийной опасности. Под сценарием аварии понимается полное и формализованное описание следующих событий: фазы инициирования аварий, инициирующего события аварии, аварийного процесса и чрезвычайной ситуации, потерь при аварии. В каждой аварийной ситуации (**АС**) можно выделить три фазы [1].

Фаза **А** – период возникновения аварийной ситуации в пределах одного технологического блока (участка, процесса). В этой фазе могут наблюдаться опасные отклонения параметров от регламентированных значений, которые могут повлечь за собой незначительные взрывные процессы в аппаратуре, небольшие локальные механические нарушения герметичности технологического оборудования без угрозы цепного развития аварии.

Фаза **Б** – угроза цепного развития аварии с выходом за пределы локального участка или технологического блока в результате обширного раскрытия технологической системы и возможности вовлечения в аварийный процесс всего технологического объекта (установки, производства). На этой стадии для ликвидации аварийной обстановки и защиты биотической среды от поражения **ОВ** или **АХОВ** привлекаются спецподразделения предприятия (противопожарные, газоспасательные, медицинские и др.).

Фаза **В** – цепное развитие аварии на уровне технологических объектов с возможным разрушением зданий и сооружений предприятия, в которых сосредоточены большие запасы энергоносителей и токсичных продуктов. Существенные масштабы поражения возможны на всей территории предприятия и за ее пределами. Для ликвидации аварии в этой фазе и уменьшения тяжести ее последствий используются силы и средства службы чрезвычайного реагирования объекта, а при возможной длительной угрозе населенным пунктам задействуются территориальные службы быстрого реагирования.

Исходя из вышеизложенной схемы, термин «чрезвычайная ситуация» определяется следующим образом. Чрезвычайной ситуацией (**ЧС**) считается выход за пределы санитарной защитной зоны (**СЗЗ**) объектов хранения и уничтожения химически опасных (**ХО**) **ОВ** или сильно действующих ядовитых веществ (**СДЯВ**) с превышающей предельно допустимой концентрацией (**ПДК**). Масштабы последствий аварий и размеры зон защитных мероприятий зависят от размеров возникшего при аварии и распространяющегося в атмосфере облака **АХОВ** [2]. В общем случае задачу по ликвидации **ЧС** можно сформулировать следующим образом: если на объекте произошла авария (взрыв, пролив, пожар), то требуется определить: 1) может ли авария развиваться в **ЧС**? 2) если авария может развиваться в **ЧС**, то какие мероприятия (управляющие воздействия) необходимо реализовать, чтобы: а) предотвратить развитие аварии в **ЧС** (локализация аварийной ситуации); б) минимизировать последствия **ЧС**.

В такой постановке задачу по ликвидации **ЧС** можно разделить на две взаимосвязанные подзадачи: 1) анализ развития аварийной ситуации в **ЧС**; 2) оптимальное управление в **ЧС**.

Структура модели анализа развития **АС** в **ЧС** приведена на рис. 1.

Информация о возникновении аварии в блок 4 поступает из подсистемы ситуационного анализа **АСУ ТП** объекта (блок 1) или от терминала автоматизированной системы поддержки принятия решений (**АС ППР**) в **ЧС** (блок 2) по инициативе оперативного персонала **ОХУХО** (блок 3). Информация о возникновении аварии (блок 4), содержащая данные о номере аварийного аппарата (номерах аварийных аппаратов) по технологической схеме (блок 5) и классе аварии (блоки: взрыв (блок 6.1), пролив (блок 6.2), пожар (блок 6.3)), поступает в базу данных **АС ППР (БД АС ППР)** (блок 7). По командам системы управления базой данных (**СУБД**) (блок 8) формируются данные о координатах места аварии (блок 9), определяется тип **АХОВ** и его максимальная масса в аппарате (в каждом аппарате) (блок 10), модели процессов образования и распространения облака зараженного воздуха (**ОЗВ**) [3] и необходимые константы (блок 11), характеристики топографии местности (блок 12). Эта информация и модели поступают для прогнозирования зоны возможного заражения с **ПДК** на границе (блок 13). Туда же поступают метеоданные (блок 14). Площадь зоны возможного заражения (блок 13) и координаты границы **СЗЗ** (блок 15) поступают в анализатор **ЧС** (блок 16), где по сравнительному анализу прогнозируемой зоны заражения и существующей **СЗЗ** определяется возможность развития **АС** в **ЧС**. В случае выхода прогнозируемой зоны заражения за пределы **СЗЗ** («Да») производится оповещение сил, участвующих в ликвидации **ЧС**: персонала объекта, ответственных лиц и учреждений (блок 17); запуск автоматизированной системы оперативного управления в **ЧС** (**АСОУ ЧС**) (блок 18). В случае «Нет» производится оповещение службы безопасности объекта (блок 20) о результатах моделирования развития **АС**. Отображение химической обстановки на топографической карте местности (блок 19) осуществляется постоянно с момента начала прогноза зоны заражения с **ПДК** на границе (блок 13).

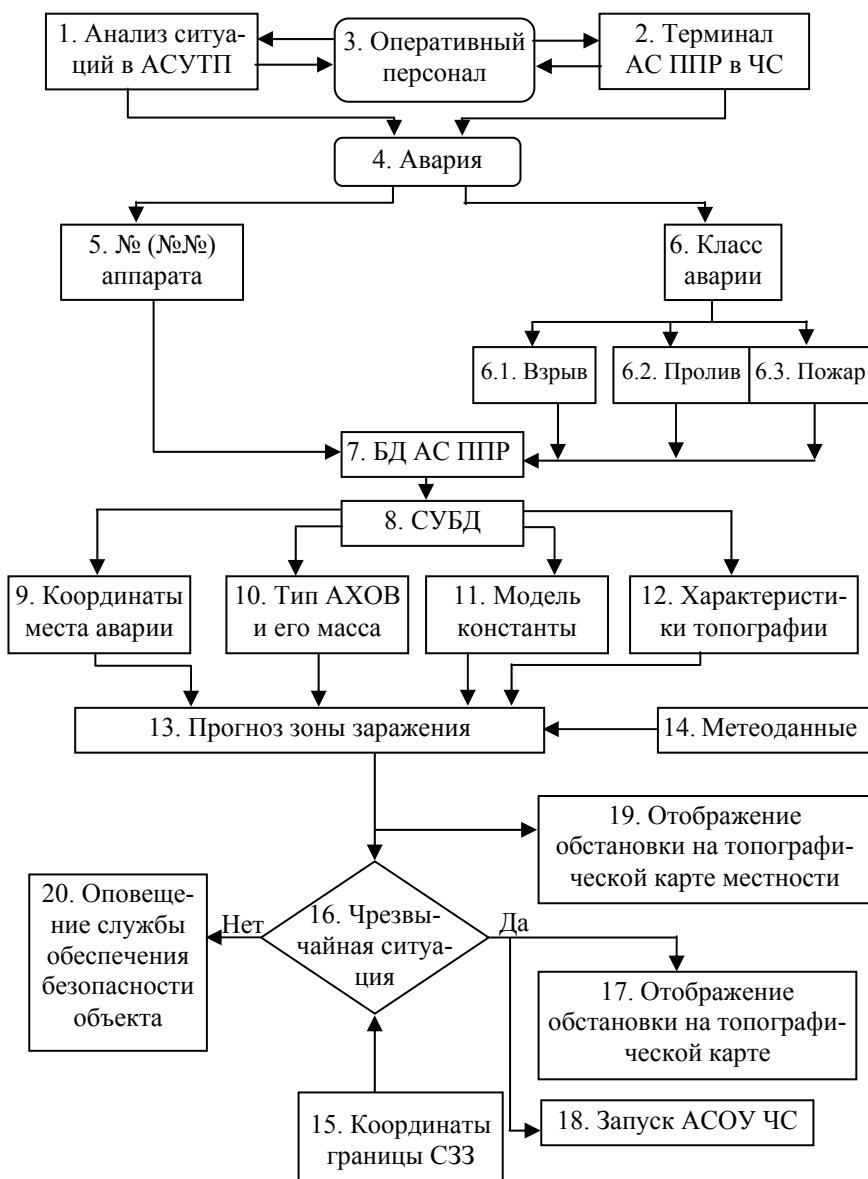


Рис. 1. Структура модели анализа развития АС в ЧС

Структура модели оперативного управления в чрезвычайной ситуации показана на рис. 2.

Информация о возможной ЧС (блок 4) поступает из системы анализа развития АС в ЧС (см. рис. 1, блок 18). Также, при необходимости, в блок 4 может быть введена информация о возникшей АС из подсистемы ситуационного анализа АСУ ТП объекта (блок 1) или от терминала АС ППР в ЧС (блок 2) по инициативе оперативного персонала ОХУХО (блок 3). Информация о возможной ЧС (возникшей АС) (блок 4), содержащая данные о номере/номерах аварийного аппарата по технологической схеме (блок 5), поступает в БД АСУ ТП объекта (блок 6), откуда информация о номере/номерах аппарата (блок 7), типе, массе (блок 8) и значениях параметров (блок 9) АХОВ поступает в БД АС ППР (блок 10). Туда же поступает

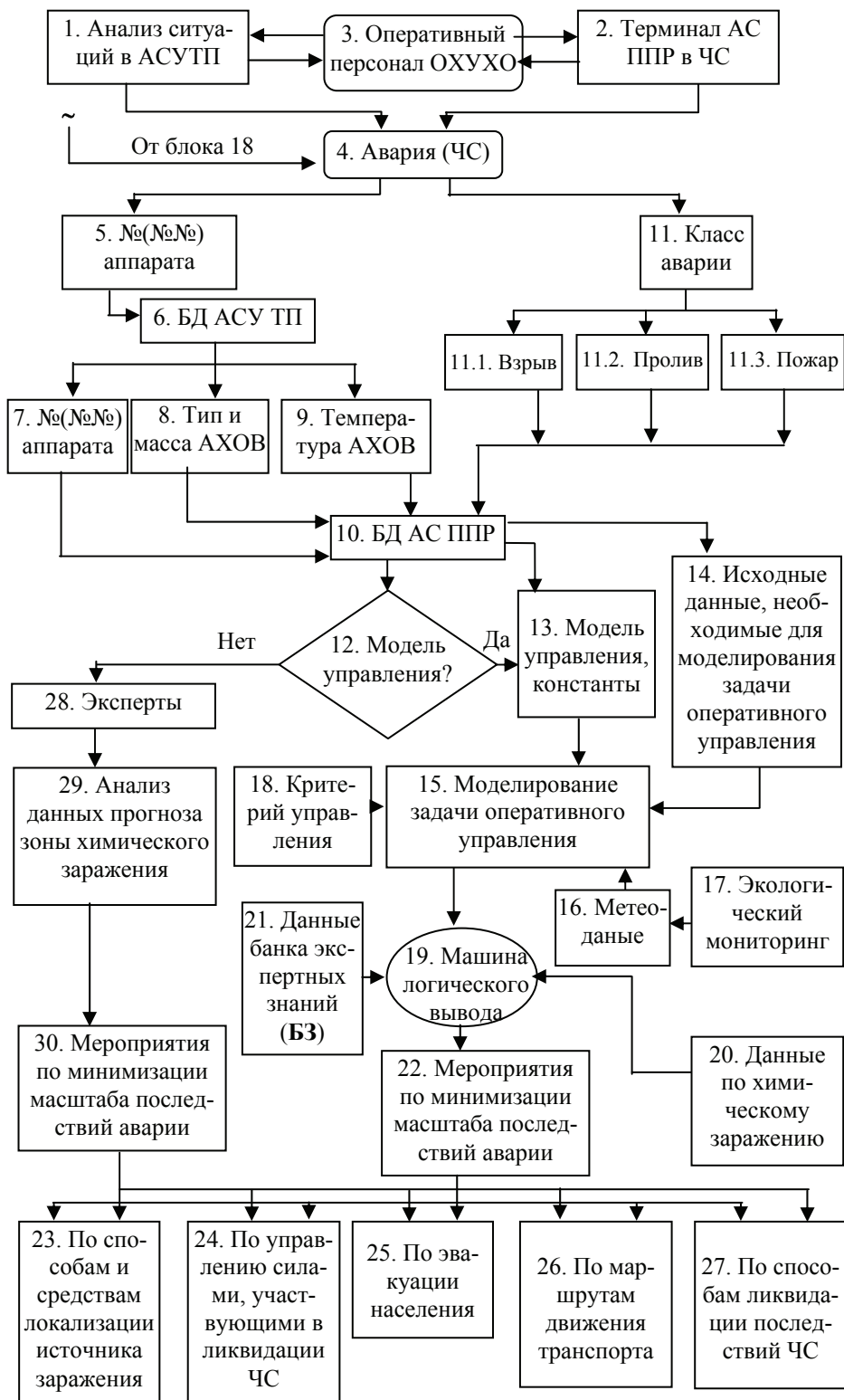


Рис. 2. Структура модели оперативного управления в ЧС

информация о классе аварии (блок 11), (взрыв (блок 11.1), пролив (блок 11.2), пожар (блок 11.3)). По командам СУБД (в структуре не показано) проверяется наличие модели управления (блок 12). Если модель в БД АС ППР имеется («Да»), то она, ее константы (блок 13) и исходные данные: физико-химические свойства АХОВ, ПДК, топографические условия и др. выдаются для решения задачи оперативного управления (блок 15). В блок (15) также вводятся метео данные (блок 16) из системы экологического мониторинга (блок 17), показатель эффективности управления и ограничения (блок 18). Результаты решения задачи оперативного управления (блок 15) поступают в «машину логического вывода», представляющую собой программу логического вывода (блок 19). Туда же из системы экологического мониторинга (блок 17) поступают данные по химическому заражению ОХУХО (блок 20) и данные БЗ (блок 21). Машина логического вывода на основе анализа результатов моделирования (блок 15), данных по химическому заражению (блок 20) и имеющихся знаний БЗ (блок 21) выдает решения – количественные значения управляющих воздействий по минимизации последствий аварии (блок 22), в том числе по способам и средствам локализации источника заражения (блок 23), по управлению силами, участвующими в ликвидации ЧС (блок 24), по эвакуации населения (блок 25), по маршрутам движения транспорта (блок 26), по способам ликвидации последствий ЧС (блок 27).

При отсутствии модели управления («Нет») (блок 12) задается режим управления без модели с привлечением экспертов (блок 28), которые по анализу данных прогноза зоны химического заражения (блок 29) выдают рекомендации по минимизации последствий аварий (блок 30), далее блоки (23–27).

Как следует из приведенных структур моделей (см. рис. 1, 2), АС ППР обеспечивает автоматизированную поддержку принятия решения до, во время и после аварии на объекте хранения и уничтожения ХО [4].

До аварии автоматически осуществляется ввод в систему информации по ситуационному анализу из АСУ ТП объекта (определение предаварийных и аварийных ситуаций), от технических средств экологического мониторинга (мониторинга окружающей среды) и от оперативного персонала АС ППР (оператор центра управления в ЧС). Кроме того, АС ППР может работать в информационно-справочном режиме, обеспечивая доступ к базе данных для получения информации о свойствах АХОВ, характеристиках местности, метеоусловиях, адресах и телефонах экспертов и т.п.

Во время аварии автоматически вырабатывается оценка АС и возможности развития АС в ЧС, производится автоматическое оповещение службы обеспечения безопасности объекта (в случае АС) и сил, участвующих в ликвидации ЧС, персонала объекта, ответственных лиц и учреждений (в случае ЧС) с отображением химической обстановки на топографической карте местности. На этом этапе выполнения задачи управления должно осуществляться гибкое варьирование стратегии получения решения при непредвиденном изменении ситуации, когда уже происходит процесс управления по ликвидации ЧС.

После аварии (в случае ЧС) осуществляется оценка распространения АХОВ на местности для выбора оптимальных маршрутов движения транспорта по эвакуации населения, способов локализации начального источника заражения и ликвидации последствий ЧС. Таким образом, выполняя функции информационно-управляющей вычислительной системы, АС ППР решает комплекс задач.

Проводится сбор и обработка информации, поступающей из АСУ ТП, из системы экологического мониторинга и вводимой оперативным персоналом (руч-

ной ввод), проверка ее достоверности и непротиворечивости. Непосредственно после поступления информации об аварийной ситуации (от подсистемы ситуационного анализа АСУ ТП или от терминала АС ППР) автоматически осуществляется анализ возникшей аварийной ситуации и возможность ее развития в чрезвычайную. Для решения этой задачи в АС ППР предусмотрен расчет площади зоны химического заражения с ПДК на ее границе. В случае развития АС в ЧС осуществляется автоматическая операция оповещения сил, участвующих в ликвидации ЧС, персонала объекта, ответственных лиц и учреждений. Если АС не развивается в ЧС, то автоматически оповещаются только службы обеспечения безопасности объекта. Для выполнения этой функции в АС ППР должна быть предусмотрена поддержка соответствующей БД для хранения информации о силах, участвующих в ликвидации ЧС (организационно-штатная структура, техническое оснащение, функциональные обязанности личного состава и др.).

В автоматизированной системе поддержки принятия решений решается задача оперативного прогнозирования химической обстановки на объекте при высвобождении АХОВ с представлением на экране монитора и выводом на печать обстановки на топографической карте местности с обозначением источников заражения и объектов, подвергшихся заражению. Исходя из имеющихся фактических сведений, результатов решения задачи оптимального управления и данных БЗ, полученных от различных категорий специалистов по аварийным ситуациям, определяются мероприятия (управления) по минимизации последствий аварии; по управлению действиями сил, участвующих в ликвидации ЧС. Также выдаются рекомендации по способам и средствам локализации начального источника заражения и ликвидации последствий ЧС (сбор и захоронение АХОВ, дегазация зданий, установок и почвы, контроль полноты дегазации и т.д.) путем применения правил БЗ для ликвидации химического заражения. Рассчитываются оптимальные маршруты движения транспорта, определяется оптимальная последовательность эвакуации населения, при этом проводится как планирование, так и отображение процесса эвакуации населения и движения транспорта. Проводится оптимизация финансовых затрат на ликвидацию ЧС. Автоматизированная система поддержки принятия решений выполняет ряд информационно-справочных функций, таких как обработка информационных данных по физико-химическим, токсикологическим и другим характеристикам АХОВ; по средствам локализации и ликвидации аварийных и чрезвычайных ситуаций, последствий ЧС; по учету имеющихся средств индивидуальной защиты и контроля их использования. Поддерживается БД по метеоусловиям. Хранятся адреса и телефоны экспертов по ЧС, ответственных лиц и организаций. Создается и обновляется БД о распределении населения, количестве населенных пунктов, их инфраструктуре. Автоматизированная система поддержки принятия решений несет ответственность за документирование развития аварийной и чрезвычайной ситуаций и принимаемых решений. Предусмотрена возможность обучения персонала объекта и других лиц, участвующих в ликвидации ЧС с использованием программно-технологического комплекса АС ППР. Для имитации аварийной ситуации вводные по предполагаемой аварии могут быть введены с терминала АС ППР. Система должна обеспечивать графическое и наглядное представление элементов БД и БЗ и траекторий вывода решения, подготовку оперативной документации, возможность анализа полученного решения.

Из структур моделей (см. рис. 1, 2) следует, что информация о возникновении аварийной ситуации поступает в АС ППР от технологических процессов

ОХУХО. Следовательно, АСУ ТП ОХУХО должна иметь подсистему ситуационного анализа, которая должна решать следующие задачи: определение предаварийных и аварийных ситуаций; оценку надежности и работоспособности оборудования; идентификацию технологических режимов оборудования; управление сменой технологических режимов отдельных единиц оборудования.

Разработанные алгоритмы включены как типовые проектные решения в алгоритмическое и программное обеспечение программно-технического комплекса автоматизированной системы поддержки принятия решений при локализации чрезвычайных ситуаций и внедрены на объектах хранения и уничтожения химического оружия «Горный», «Камбарка», «Кизнер», «Марадыковский», «Щучье», «Леонидовка», «Почеп».

Список литературы

1. Качество, надежность и безопасность средств и систем автоматизации уничтожения химического оружия : монография / Ю.Н. Матвеев [и др.]. – Тверь : Альфа-Пресс, 2009. – 180 с.

2. Приложение метода разделения состояний для управления технологической безопасностью промышленных процессов на основе нечетко определенных моделей : монография / Б.В. Палюх и [др.]. –1-е изд. – Тверь : Изд-во Твер. гос. техн. ун-та, 2009. – 368 с.

3. Оценка масштабов и последствий аварийных ситуаций на объектах хранения и уничтожения химического оружия : методика ОКР / ФГУП ГосНИИОХТ. – М. : Изд-во ФГУП ГосНИИОХТ, 2002. – 128 с.

4. Концепция создания автоматизированной информационно-управляющей системы технической безопасности хранения и уничтожения химического оружия в рамках Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» / ФУ по безопасному хранению и уничтожению хим. оружия при Рос. агентстве по боеприпасам. – М., 2003. – 34 с.

Automation of Decision-Making Support in Emergency Situations when Destructing Chemical Weapons

B.V. Palyukh, Yu.N. Matveev

*Department of Information Systems,
Tver State Technical University;
fmas@tstu.tver.ru*

Key words and phrases: alarm situation; automated information management system; chemical weapons; decision-making; emergency; technical security.

Abstract: The paper presents the algorithms for modeling the process of turning the alarm situation into the emergency situation; the optimal control in the emergency situation by using software and hardware complex of decision-making support is proposed.

Automatisierung der Unterstützung der Beschlußfassungen in den Notsituationen bei der Vernichtung der Chemiewaffen

Zusammenfassung: In dem Artikel sind die Algorithmen der Modellierung des Prozesses der Entwicklung der Notsituation in die Sondersituation und der Optimalsteuerung in den Bedingungen der Sondersituation mit der Benutzung des programmtechnischen Komplexes der Unterstützung der Beschlußfassung erarbeitet.

Automatisation du soutien de la prise des décisions dans les situations accidentées lors de la destruction de l'arme chimique

Résumé: Dans l'article sont élaborés les algorithmes du modélage du processus du développement de la situation accidentée en celle extraordinaire et de la commande optimale dans les conditions de la situation extraordinaire avec l'emploi du complexe informatique et technique du soutien de la prise des décisions.

Авторы: *Палюх Борис Васильевич* – доктор технических наук, профессор, ректор; *Матвеев Юрий Николаевич* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Информационные системы», ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь.

Рецензент: *Масленников Борис Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь.
