

УДК 681.511.3

**ДИАГНОСТИКА, ВЕРИФИКАЦИЯ И ДОСТОВЕРИЗАЦИЯ
ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ**

**DIAGNOSIS, VERIFICATION AND VALIDITY OF DATA
FOR COMPUTER-AIDED SYSTEM**

Веревкин А. П.,

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация**

A. P. Verevkin,

**Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, the Russian Federation**

e-mail: apverevkin@mail.ru

Аннотация. Современные подходы к обеспечению реализуемости, надежному функционированию, промышленной безопасности базируются на концепции автоматизации получения информации и гарантированного уровня информационной безопасности. Повышение уровня информационной безопасности - это необходимость реализации автоматических процедур диагностики состояния технических средств, верификации и достоверизации данных, циркулирующих в автоматизированных системах.

Решению задач диагностики измерительных средств посвящено достаточно большое количество работ, в которых рассмотрены подходы к выявлению как внезапных, так и постепенных (функциональных) отказов. Гораздо меньше работ посвящено решению проблемы верификации и достоверизации (Вид) данных в больших распределенных

производственных системах, например, на объектах ОАО «Транснефть», ПАО «Газпром», нефтеперерабатывающих и нефтехимических комплексах, где количество сигналов может достигать десятков и сотен тысяч. Нерешенными задачами являются сведение различного рода балансов (по энергии, технологическим жидкостям) и поиск источников дебалансов. При решении последней задачи, как следствие невозможности определить источники дебалансов, возникает необходимость обоснования числа и мест установки измерительной аппаратуры для обеспечения однозначной идентификации причин дебаланса.

В статье рассматриваются пути повышения уровня информационной безопасности за счет комплексной диагностики средств автоматизации, верификации и достоверизации данных. Это необходимо при реализации автоматизированных технологических комплексов, в составе которых имеются подсистемы «продвинутого» управления и обеспечения безопасности.

Для сложных в смысле таких критериев как распределенность объекта, количество производственных единиц, параметров и показателей, предлагается методика разработки моделей на основе идей когнитивного моделирования подход к построению систем диагностики, верификации и достоверизации.

Abstract. Modern approaches to feasibility, the safe operation, industrial safety are based on the concept of automation and information guaranteed level of information security. Increasing the level of information security - is the need to implement automated diagnostic procedures of state technical means of verification data circulating in automated systems.

Solving problems diagnostics devices devoted to a sufficiently large number of works which examined approaches to the identification as sudden and gradual (functional) failure. Much less work is devoted to solving the problems of verification and validity (VaV) of data in large distributed production systems, for example, on objects of JSC "Transneft", PJSC "Gazprom", petroleum-

refining and petrochemical complexes where a number of signals can reach tens and hundreds of thousands. Outstanding tasks are mixing different kinds of balances (energy, process liquids) and sourcing imbalance. When solving the latter problem, due to the inability to identify the sources imbalance, there is a need to substantiate the number and place of installation of measuring equipment to ensure unambiguous identification of the causes of imbalance.

This article discusses ways to improve the level of information safety by automating complex diagnostic tools, verification data. It is necessary for the implementation of the automated technological complexes, which include those subsystems are "advanced" control and safety.

For complex (in terms of criteria such as distribution areas, the number of production units, parameters and indicators) the technique of development models based on cognitive modeling ideas and approach to building diagnostics, and verification (validity).

Ключевые слова: системы безопасности, автоматизированные технологические комплексы, оперативные системы диагностики, верификация данных, имитация, прогнозирование, проектирование

Key words: safety system, automated technological complex, on-line diagnostics system, verification data, simulation, prediction, design.

Одним из главных условий поддержания систем обеспечения безопасности, управляемости процессов является обеспечение высокого качества, в первую очередь, достоверности информации. Высокое качество информации подразумевает отсутствие или низкий уровень погрешностей измерений технологических параметров или вычислений показателей при высокой надежности информационно-измерительных комплексов.

С этой точки зрения возникает вопрос о путях обеспечения высокого качества информации с учетом экономических критериев и технических ограничений на число и места установки измерительной техники.

Решению задач диагностики измерительных средств посвящено достаточно большое количество работ [1,2,3,4,5,6], в которых рассмотрены подходы к выявлению как внезапных, так и постепенных (функциональных) отказов. Гораздо меньше работ посвящено решению проблемы верификации и достоверизации (Вид) данных в больших распределенных производственных системах, например, на объектах ОАО «Транснефть», ПАО «Газпром», нефтеперерабатывающих и нефтехимических комплексах, где количество сигналов может достигать десятков и сотен тысяч. Нерешенными задачами являются сведение различного рода балансов (по энергии, технологическим жидкостям) и поиск источников дебалансов. При решении последней задачи, как следствие невозможности определить источники дебалансов, возникает необходимость обоснования числа и мест установки измерительной аппаратуры для обеспечения однозначной идентификации причин дебаланса [7,8].

В концепции построения АСУТП взрывопожароопасными производствами место и роль подсистем обеспечения безопасности состоит не только в обеспечении снижения последствий аварийных событий за счет использования систем противоаварийной защиты (СПАЗ), но в первую очередь – в предупреждении их возникновения за счет широкого использования систем диагностики, мониторинга и прогнозирования [2,3,5,6,11,13,17]. Основным инструментом обеспечения промышленной безопасности является применение технологий и систем «продвинутого» (усовершенствованного) управления и обеспечения безопасности (AdvancedProcessControl&Safety - APCS) [1,15].

«Продвинутой» задачей обеспечения безопасности является техническое обеспечение заданных (или допустимых) уровней безопасности и рисков аварий автоматизированных технологических комплексов (АТК), определяемых нормативными документами, за счет применения методов и технологий предупреждения аварийных ситуаций

путем диагностики, Вид данных, мониторинга и прогнозирования состояния технологического оборудования и средств управления, либо управления, направленного на минимизацию последствий аварийных событий [7,10,14, 16].

Отличие терминов «верификация» и «достоверизация» (Вид) применительно к данным, циркулирующим в АСУ нефтегазовых производств, на наш взгляд, не является существенным, т.к. и в том и в другом случае ставится цель обеспечения правильности оценки состояния объекта управления по широкому спектру параметров и показателей. На уровне автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) - это технологические параметры и показателями качества (ПК) продуктов производства. На уровне MES-систем и автоматизированных систем управления предприятием (АСУП) – это технико-экономические показатели (ТЭП), различного рода балансовые показатели. Особенности Вид для решения конкретных задач связаны с методами проверки правильности получаемой информации и, при необходимости, ее корректировки или исключения из рассмотрения.

В частности, если речь идет о Вид данных, поступающих с полевых информационно-измерительных средств, говорят о диагностике функционального состояния датчиков и информационно-измерительных каналов [17]. Если речь идет о правильности измерения или вычисления ПК или ТЭП правильнее говорить о верификации [15]. Если речь идет о проверке правильности сведения балансовых показателей по технологическим потокам и энергии, обычно говорят о достоверизации [8].

Различны также методы использования результатов Вид для управления и принятия решений.

Несмотря на различия в методах решения принципы организации систем Вид достаточно похожие.

Первым и главным вопросом является организация возможности дублирования каналов получения информации о параметре или показателе.

В простейшем случае дублирование достигается аппаратными средствами. В частности, для предприятий нефтепереработки нормативными документами [12] оговаривается разделение функций и технических средств автоматизации штатного управления технологическим процессом и защиты процесса в аварийных ситуациях. В связи с этим, датчики некоторых технологических параметров дублируются. Это дает возможность диагностировать функциональный отказ датчиков. Однако, основным подходом к диагностированию, ВиД является формирование и использование моделей, на основе которых достигается получение и использование дополнительной информации. Широко распространено использование, так называемых, виртуальных анализаторов (ВА) и датчиков, которые используются для управления по не измеряемым параметрам и показателям, мониторинга, прогнозирования, а также для диагностики, ВиД [14,15,16,17].

Проблеме верификации и достоверизации данных в АСУ, как необходимого условия функционирования производств, посвящено большое количество нормативной, нормативно-правовой документации, статей [10], значительная часть из которых относится к проблемам электроэнергетики. Это связано с тем, что измерение потоковых параметров электроэнергии в значительной степени автоматизировано. Обсуждаются вопросы фильтрации и подготовки данных, обработки информации, архитектуры систем ВиД. В то же время, вопросы разработки моделей структурно и информационно сложных объектов управления, автоматизированных технологических комплексов в условиях неполноты и наличия погрешностей измерительной информации, распределенности объектов и в связи с этим сильного влияния динамики потоков, разработаны не достаточно.

В статье описана методика моделирования, которая опирается на использование когнитивного подхода к моделированию [6,8,10,18,19], т.е. использование сочетания теоретических и эмпирических знаний.

К моделям, используемым для решения задач ВиД, предъявляются достаточно жесткие требования. Как инструмент для задач анализа состояния АТК они должны быть достаточно точными, разработка и адаптация (актуализация) моделей должны быть не слишком затратными с точки зрения экономических и временных критериев.

Широко используемые методы прямого моделирования требуют привлечения больших объемов декларативных знаний и, в конечном счете, часто могут быть использованы только для предварительного изучения характеристик объекта. Например, для определения структуры связей входных и выходных переменных, а также структуры операторов передач этих связей. При обратном моделировании широко используются модели аппроксимационного типа, которые обобщают большие объемы экспериментальной информации, отражают формирование процедурных знаний и поэтому являются феноменологическими, т.е. их использование ограничено конкретными объектами и задачами. Особенно сложны в разработке динамические модели, с использованием которых решаются комплексы задач, включая ВиД, обеспечение безопасности.

Очевидно, что и тот и другой подходы по отдельности достаточно затратны и по ресурсам, и по времени, серьезные проблемы возникают при необходимости использования и адаптации моделей в реальном времени.

Процедура когнитивного моделирования носит дуальный характер, т.е. параллельно проводятся процедуры моделирования, изучения (как правило, на имитационных моделях) и уточнения характеристик объекта с использованием всей доступной информации.

Поэтому в целом процесс моделирования представляет итеративную процедуру, в которой на разных стадиях моделирования, использования моделей, оценки их адекватности, адаптации моделей, привлекаются методы прямого, обратного и когнитивного моделирования.

Первым шагом при моделировании динамики сложных объектов является создание когнитивной карты. Когнитивная карта (КК) –

математическая модель структурного уровня в виде ориентированного графа, отображающего причинно-следственные связи между технологическими параметрами и переменными АТК объекта, которую после доопределения динамическими операторами связей, будем называть когнитивной моделью.

Общая схема разработки когнитивной модели состоит из нескольких этапов.

На начальной итерации моделирования проводится:

1. Определение границ моделирования объекта (системы), т.е. двух множеств: входных и выходных переменных. Выполнение этого этапа базируется на определении цели моделирования и привлечении как теоретических (декларативных), так и эвристических (процедурных) знаний. Заметим, что уже на этом этапе необходимо использовать системный подход к процедуре моделирования при выборе и описании концептов, используя в правильных пропорциях теоретические и эвристические подходы. Это этап концептуального моделирования. Выполнение этапа, особенно для вновь проектируемых объектов, требует привлечения прямых моделей, реализуемых, например, в пакетах USD, NYSIS и т.п. [19]. Для действующих и хорошо изученных объектов достаточными могут оказаться эвристические знания.

2. Определяются внутренние переменные, которые характеризуют состояние объекта моделирования; входные, выходные и внутренние переменные составляют полное множество концептов на первом шаге моделирования. Между концептами наносятся направленные дуги, отражающие причинно-следственные связи, т.е. составляется КК. Это топологическая модель первого приближения.

3. С привлечением теоретических и эвристических знаний задаются структуры операторов связей, т.е. формируется так называемая модель «серого ящика». В зависимости от целей моделирования это могут быть знаковые, статические, функциональные, нечеткие, динамические и т.д.

операторы, но для целей моделирования объектов диагностики, ВиД, как правило, используются динамические операторы.

В последнем случае целесообразно данный этап разделить на следующие шаги:

3.1 Формирование значений концептов, весов дуг и балансирование модели в статике. На этом шаге могут последовательно назначаться знаковые, нечеткие, статические операторы связей и значения концептов, и на основе анализа связности концептов (т.е. вычисление значений выходных концептов через значения входных и «весов» дуг) модель анализируется на непротиворечивость значений концептов совместно со значениями «весов» и с учетом всех связей КК. Подбор «весов» дуг может проводиться известными методами, из которых наиболее часто используются поисковые (методы нелинейного программирования), либо методы корреляционного типа (алгоритмы Хебба). Получение сбалансированных значений концептов и «весов», которые укладываются в рамки когнитивных представлений об объекте, позволяет считать, что модели концептуального и топологического уровней определены верно, и осуществляется переход к шагу 3.2. В противном случае концептуальная и топологическая модели должны уточняться, т.е. этапы 1-3 (до шага 3.1 включительно) выполняются итеративно.

3.2 Формирование статических функциональных операторов связей, которые учитывают нелинейность объекта моделирования (шаг не выполняется, если объект не содержит нелинейных элементов). На этом шаге проверяется изоморфизм топологии на полных диапазонах изменения переменных. В случае нарушения изоморфизма при переходе переменных через некоторые характерные значения, следует ввести в рассмотрение более одной модели, т.е. модель формируется на принципах ситуационного моделирования.

3.3. Формирование динамических операторов связей. Перспективным видом операторов являются разностные уравнения, поскольку модели с

такими операторами связи могут использоваться как в системах реального времени, так и в режиме расчетов off-line.

4. Полученная модель проверяется на устойчивость. Например, если КК представляет собой сильно связанный граф, можно изменить одно из начальных условий (значение какого-либо концепта) и получить решение. Для устойчивой модели значения концептов в установившемся режиме будут те же, что и полученные в результате балансирования модели в статике.

5. Если полученная модель не обладает необходимой прогнозной силой, т.е. уровень ее адекватности не удовлетворителен, итеративная процедура повторяется.

Заметим, что назначение значений параметров может проводиться также с использованием статистической информации методами обработки временных рядов [20].

Полученная динамическая модель используется для разработки имитатора, который позволяет разработать классификатор ситуаций и устройство формирования диагнозов, верификации и достоверизации данных.

Общая схема систем Вид базируется на предположении, что поток возникающих неисправностей простейший Пуассоновский. Объект разбивается на минимально возможные фрагменты, каждый из которых имеет внутренние (фазовые) переменные не связанные с другими фрагментами. При этом последовательность проверок строится таким образом, что на первом этапе, диагностика, Вид проводится для параметров, информация о которых может быть получена преимущественно с дублированных измерительных средств, а на втором для каждого из параметров, который связан с другими либо функциональными, либо корреляционными зависимостями. На третьем этапе, т.е. при Вид переменных и параметров, в отношении которых

отсутствует достаточное количество информации, например, значений балансов, используются эвристики с нечеткой оценкой результата Вид.

Выводы

Для последнего этапа могут быть сформулированы рекомендации по установке дополнительных измерительных средств, которые обеспечивают минимально допустимый уровень дублирования информации и экономически оправданы [9].

Список используемых источников

1 Веревкин А. П., Кирюшин О. В. Автоматизация технологических процессов и производств в нефтепереработке и нефтехимии. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005. 71 с.

2 Веревкин А. П., Матвеев Д. С., Хуснияров М. Х. Обеспечение безопасности трубчатых печей на основе оперативной диагностики аварийных состояний//Территория Нефтегаз. 2010. №4. С. 14-17.

3 Система оперативного диагностирования автоматизированного технологического комплекса трубчатой печи на основе производственных правил / Д. С. Матвеев, А. В. Чикуров, М. Х. Хуснияров, А. П. Веревкин, Р. Н. Бахтизин // Нефтегазовое дело электрон. науч. журнал/УГНТУ. 2011. №4. С. 4-13. – Режим доступа: http://www.ogbus.ru/authors/Matveev/Matveev_1.pdf

4 Мозгалевский А. В., Калявин В. П. Системы диагностирования судового оборудования. Л.: Судостроение, 1987. 224 с.

5 Техногенный риск и управление промышленной безопасностью нефтеперерабатывающих предприятий /Хуснияров М. Х., Веревкин А. П., Кузеев И. Р. и др.: учеб. пособие; под ред. М. Х. Хусниярова. Уфа: Нефтегазовое дело, 2012. 312 с.

6 Построение математической модели трубчатой печи пиролиза для целей оптимизации режимов и диагностики прогаров змеевика / А. П. Веревкин, Д. С. Матвеев, М. Х. Хуснияров, А. В. Чикуров // Нефтегазовое дело. 2010. Т.8, №1. С. 70-73.

7 Макоклюев Б. И., Шалаев А. В., Артемьев А. А. Обработка данных коммерческого учета для формирования и планирования балансов энергокомпаний // Энергоэксперт. 2012. №1. С. 70-73

8 Кочнева Е.С. Достоверизация измерений электрической энергии методами теории оценивания состояния: автореф.... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2015. 24 с.

9 Веревкин А. П. Методика оценки технико-экономической эффективности подсистем АСУТП с учетом затрат на сервисное обслуживание // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2011. № 4. С. 24–28.

10 Васильев В. И., Ильясов Б. Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учебное пособие. М.: Радиотехника, 2009. 329 с.

11 Веревкин А. П., Качкаев А. В., Тютюников Н. А. Обоснование показателей надежности и построение систем защиты на основе допустимых рисков //Территория Нефтегаз. 2009. № 9. С. 14–19.

12 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Приказ Ростехнадзора от 11 марта 2013 года № 96 с изменениями от 26.11.2015 по приказу № 480.

13 Веревкин А. П., Сайтгалиева Г. И. Обоснование выбора комплекса технических средств автоматизации для систем обеспечения безопасности //Территория Нефтегаз. 2015. № 6. С. 26–30.

14 Веревкин А. П., Кирюшин О. В., Уразметов Ш. Ф. Исследование связи между динамической вязкостью и вязкостью полимеров по Муни на примере этиленпропиленовых каучуков для целей управления процессом. //Башкирский химический журнал: науч. техн. журн. / УГНТУ. 2012. Т. 19. № 4. С. 16-19.

15 Веревкин А. П., Калашник Д. В., Хуснияров М.Х. Моделирование оперативного определения индекса расплава для управления процессом производства полиэтилена // Башкирский химический журнал: науч. техн. журн. / УГНТУ. 2013. Т. 20. № 1.

16 Verevkin A., Kalashnik D. Improving industrial safety based prediction models (one xample the polymerization of ethylene einatubular reactor)// Проблемы автоматизации технологических процессов добычи, транспорта и переработки нефти и газа: сб. тр. IV Всерос. заоч. науч.-практ. интернет-конф.; редкол.: А. П. Веревкин и др. Уфа: УГНТУ, 2016. Т.1. С. 13-21.

17 “Advaced” control systems engineering // Проблемы автоматизации технологических процессов добычи, транспорта и переработки нефти и газа: сб. тр. IV Всерос. заоч. науч.-практ. интернет-конф.; редкол.: А. П. Веревкин и др. Уфа: УГНТУ, 2016. Т.1. С. 21-33

18 Когнитивные модели в системах искусственного интеллекта: цели и методы построения //Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля-2016: материалы Междунар. науч.-метод. конф., посвящ.60-летию филиала УГНТУв г. Салавате. С. 167-170

19 Задачи и методы разработки продвинутых систем обеспечения промышленной безопасности /Веревкин А. П., Матвеев Д. С., Галеев Т. Х., Андреев К. В., Ахмадов Э. А., Максименко А. А. //Территория Нефтегаз. 2016. № 4. С.78-85

20 Орлова И. В., Половников В. А. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: учеб. пособие. М.: Вузовский учебник, 2009. 365 с.

References

- 1 Verevkin A. P., Kirjushin O. V. Avtomatizacija tehnologicheskikh processov i proizvodstv v neftepererabotke i neftehimii. Ufa: Izd-vo UGNTU, 2005. 71 s. [in Russian].
- 2 Verevkin A. P., Matveev D. S., Husnjarov M. H. Obespechenie bezopasnosti trubchatyh pechej na osnove operativnoj diagnostiki avarijnyh sostojanij//Territorija Neftegaz. 2010 №4. S. 14-17. [in Russian].
- 3 Sistema operativnogo diagnostirovanija avtomatizirovannogo tehnologicheskogo kompleksa trubchatoj pechi na osnove produkcionnyh pravil / D. S. Matveev, A. V. Chikurov, M. H. Husnjarov, A. P. Verevkin, R. N. Bahtizin // Neftegazovoe delo jelektron. nauch. zhurnal/UGNTU. 2011. №4. S. 4-13. – Rezhim dostupa: http://www.ogbus.ru/authors/Matveev/Matveev_1.pdf [in Russian].
- 4 Mozgalevskij A. V., Kaljavin V. P. Sistemy diagnostirovanija sudovogo oborudovanija. L.: Sudostroenie, 1987. 224 s. [in Russian].
- 5 Tehnogennyj risk i upravlenie promyshlennoj bezopasnost'ju neftepererabatyvajushchih predpriyatij /Husnjarov M. H., Verevkin A. P., Kuzeev I. R. i dr.: ucheb. posobie; pod red. M. H. Husnjarova. Ufa: Neftegazovoe delo, 2012. 312 s. [in Russian].
- 6 Postroenie matematicheskoj modeli trubchatoj pechi piroliza dlja celej optimizacii rezhimov i diagnostiki progarov zmeevika / A. P. Verevkin, D. S. Matveev, M. H. Husnjarov, A. V. Chikurov // Neftegazovoe delo. 2010. T.8, №1. S. 70-73. [in Russian].
- 7 Makokljuev B. I., Shalaev A. V., Artem'ev A. A. Obrabotka dannyh kommercheskogo ucheta dlja formirovanija i planirovanija balansov jenergokompanij // JenergojeksPERT. 2012. №1. S. 70-73. [in Russian].
- 8 Kochneva E.S. Dostoverizacija izmerenij jelektricheskoi jenergii metodami teorii ocenivanija sostojanija: avtoref.... kand.tehn.nauk. Ekaterinburg, 2015. 24 s. [in Russian].

9 Verevkin A. P. Metodika ocenki tehniko-jekonomicheskoy jeffektivnosti podsystem ASUTP s uchetom zatrat na servisnoe obsluzhivanie // Avtomatizacija, telemehanizacija i svjaz' v neftjanoy promyshlennosti. 2011. № 4. S. 24–28. [in Russian].

10 Vasil'ev V. I., Il'jasov B. G. Intellektual'nye sistemy upravlenija. Teorija i praktika: uchebnoe posobie. M.: Radiotekhnika, 2009. 329 s. [in Russian].

11 Verevkin A. P., Kachkaev A. V., Tjutjunikov N. A. Obosnovanie pokazatelej nadezhnosti i postroenie sistem zashhity na osnove dopustimyh riskov // Territorija Neftegaz. 2009. № 9. S. 14–19. [in Russian].

12 «Obshhie pravila vzryvobezопасnosti dlja vzryvopozharоопасnyh himicheskikh, neftehimicheskikh i neftepererabatyvajushhhih proizvodstv». Prikaz Rostehnadzora ot 11 marta 2013 goda № 96 s izmenenijami ot 26.11.2015 po prikazu № 480. [in Russian].

13 Verevkin A. P., Saitgalieva G. I. Obosnovanie vybora kompleksa tehniceskikh sredstv avtomatizacii dlja sistem obespechenija bezопасnosti // Territorija Neftegaz. 2015. № 6. S. 26–30. [in Russian].

14 Verevkin A. P., Kirjushin O. V., Urazmetov Sh. F. Issledovanie svjazi mezhdju dinamicheskoy vjazkost'ju i vjazkost'ju polimerov po Muni na primere jetilenpropilenovyh kauchukov dlja celej upravlenija processom. // Bashkirskij himicheskij zhurnal: nauch. tehn. zhurn. / UGNTU. 2012. T. 19. № 4. S. 16-19. [in Russian].

15 Verevkin A. P., Kalashnik D. V., Husnjarov M.H. Modelirovanie operativnogo opredelenija indeksa rasplava dlja upravlenija processom proizvodstva polijetilena // Bashkirskij himicheskij zhurnal: nauch.tehn.zhurn. / UGNTU. 2013. T. 20. № 1. [in Russian].

16 Verevkin A., Kalashnik D. Improving industrial safety based prediction models (one xample the polymerization of ethylene einatubular reactor)// Problemy avtomatizacii tehnologicheskikh processov dobychi, transporta i pererabotki nefti i gaza: sb. tr. IV Vseros. zaoch. nauch.-prakt. internet-konf.; redkol.: A. P. Verevkin i dr. Ufa: UGNTU, 2016. T.1. C. 13-21. [in Russian].

17 “Advanced” control systems engineering // Problemy avtomatizacii tehnologicheskikh processov dobychi, transporta i pererabotki nefti i gaza: sb. tr. IV Vseros. zaoch. nauch.-prakt. internet-konf.;redkol.: A. P. Verevkin i dr. Ufa: UGNTU, 2016. T.1. С. 21-33. [in Russian].

18 Kognitivnye modeli v sistemah iskusstvennogo intellekta: celi i metody postroeniya //Integracija nauki i obrazovaniya v vuzah neftegazovogo profilja-2016: materialy Mezhdunar. nauch.-metod. konf., posvjashh.60-letiju filiala UGNTUv g. Salavate. S. 167-170. [in Russian].

19 Zadachi i metody razrabotki prodvinutyh sistem obespecheniya promyshlennoj bezopasnosti /Verevkin A. P., Matveev D. S., Galeev T. H., Andreev K. V., Ahmadov Je. A., Maksimenko A. A. //Territoriya Neftegaz. 2016. № 4. S.78-85.[in Russian].

20 Orlova I. V., Polovnikov V. A. Jekonomiko-matematicheskie metody i modeli: komp'yuternoe modelirovanie: ucheb. posobie. M.: Vuzovskij uchebnik, 2009. 365 s. [in Russian].

Сведения об авторе

About the author

Веревкин А.П., д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Автоматизация технологических процессов и производств», ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

A.P. Verevkin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Chair «Automation of Technological Processes and Production», FSBEI HE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: apverevkin@mail.ru