

Вишняков Павел Валерьевич – соискатель кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет». E-mail: vishnyakov.pavel@me.com.

Лысенко Эдуард – соискатель кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет». E-mail: vishnyakov.pavel@me.com.

Смирнов Дмитрий Сергеевич – магистрант кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет». E-mail: bazaar@yandex.ru.

Орешкин Константин Александрович – магистрант кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет». E-mail: studyoreshkin@gmail.com.

Шибанов С.В., Вишняков П.В., Лысенко Э.В., Смирнов Д.С., Орешкин К.А. Механизмы управления событиями в активных базах данных // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2014. – №2. – С. 68-75.

Shibanov, S.V., Vishnyakov, P.V., Lysenko, E.V., Smirnov, D.S. and Oreshkin, K.V., 2014. Mathematical and algorithmic support of software for simulation dynamic systems. Software of systems in the industrial and social fields, 2: 68-75.

УДК: 621:004.942

СТРУКТУРА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ СЕКЦИЙ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

Сафонов Д.С., Логунова О.С.

Аннотация. В работе сформулирована проблема отсутствия специализированных средств автоматизации проектирования схемы расположения форсунок в секциях вторичного охлаждения МНЛЗ при одновременном наличии развитого математического аппарата, позволяющего использовать современные средства вычислительной техники для поиска оптимальной схемы расположения форсунок. Приведены результаты анализа требований к интерактивной системе автоматизации проектирования схемы расположения форсунок в секциях вторичного охлаждения МНЛЗ, выделены возможные сценарии взаимодействия проектировщика с системой. Разработаны структуры входных и выходных данных, а также построена структурная схема интерактивной системы. Полученные результаты являются формализацией итогов исследования предметной области и разработки высокоуровневой архитектуры интерактивной системы и содержат в себе аналитическую основу для реализации данной системы.

Ключевые слова. Проектирование машины непрерывного литья заготовок, схема расположения форсунок, системы автоматизации проектирования

STRUCTURE OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEM FOR DESIGNING CONSTRUCTION OF THE SECONDARY COOLING SECTIONS FOR CONTINUOUS CASTING MACHINE

Safonov D.S., Logunova O.S.

Abstract. The problem of absence of specific computer-aided design systems for designing nozzle layout in secondary cooling sections of the continuous casting machine in the view of existence of the mathematical models that could help in searching for optimal nozzle layout design is stated. Results of the requirements analysis for computer-aided design system for designing nozzle layout in secondary cooling sections of the continuous casting machine are presented and possible scenarios of interaction between user and system are outlined. The structure of input and output data is developed, and finally the high-level schematic diagram of the system is constructed. Obtained results constitute the analytical basis for developing such system.

Keywords. Design of continuous casting machine, nozzle layout, computer-aided design.

Введение

Современное промышленное производство использует технологические агрегаты, которые в своем составе имеют сложно-структурированные технологические узлы. Каждый из узлов вносит вклад в формирование качества производимой продукции или полуфабриката. Машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) является одним агрегатов, используемых в металлургическом производстве, и на этапе непрерывной разливки закладываются предпосылки качества стального листа, балок и т.п., которые впоследствии передаются в другие отрасли народного хозяйства.

Конструкция МНЛЗ предполагает несколько основных технологических узлов, среди которых наиболее сложным является зона вторичного охлаждения (ЗВО) (рис. 1) [1, 3, 5].

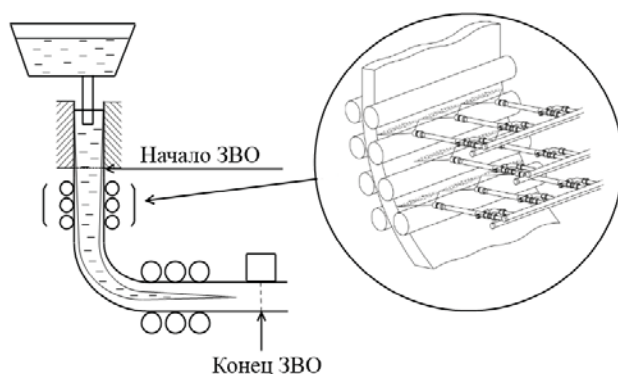


Рис. 1. Схематическое изображение МНЛЗ и ее принципиального узла – зоны вторичного охлаждения (ЗВО)

Результаты анализа исследований, посвященных тепловой работе МНЛЗ [2, 5], показали, что при помощи системы форсунок, устанавливаемых в секциях ЗВО и подающих охладитель на поверхность заготовки, от заготовки отводится от 70 до 80 % тепла, чем достигается ее полное затвердевание. Профиль охлаждения заготовки в ЗВО зависит от расположения форсунок по ширине и длине заготовки, типов форсунок и расходов охладителя, при этом к профилю охлаждения выдвигаются технологические требования: монотонное снижение температуры по попе-

речному сечению заготовки при ее движении в ЗВО; минимальный перепад температуры на единицу длины в продольном и поперечном направлении по телу заготовки для снижения величины температурных напряжений, способных привести к развитию трещин [6, 9]. Для выполнения второго требования необходимо выбрать схему расположения форсунок, при этом выбор необходимо производить с учетом характера распределения охладителя по пятну орошения форсунок, который специфичен для каждого типа форсунок.

Развитие современной вычислительной техники и программного обеспечения [7, 8, 10] в настоящее время позволяет использовать интерактивные средства проектирования узлов МНЛЗ, сокращая время разработки и внедрения новых конструкций. Однако, несмотря на значительные достижения в области разработки научных основ и инженерных методик проектирования МНЛЗ [4, 5], остается актуальной проблема отсутствия специализированных систем для автоматизации проектирования схемы расположения форсунок в секциях вторичного охлаждения МНЛЗ, позволяющих использовать ресурсы вычислительной техники для облегчения выбора оптимальной схемы расположения форсунок.

Целью работы является разработка структуры интерактивной системы автоматизации проектирования схемы расположения форсунок в секциях вторичного охлаждения МНЛЗ, являющейся необходимой основой для автоматизации проектирования конструкции секций вторичного охлаждения.

Сценарии взаимодействия «Проектировщик – система»

Основной задачей при разработке интерактивной системы автоматизации проектирования конструкции секций вторичного охлаждения МНЛЗ является предоставление проектировщику МНЛЗ специализированного инструментария, позволяющего сократить трудовые и временные затраты при выборе оптимального местоположения охлаждающих форсунок с точки зрения обеспечения технологически приемлемого профиля охлаждения заготовки.

Оптимальная схема расположения форсунок в зоне вторичного охлаждения определяется множеством факторов: геометрическими размерами сечения заготовки, количеством устанавливаемых форсунок в каждом межроликном пространстве, формой распределения охладителя по области орошения форсунок, физическими свойствами стали, зависящими от марки, расходами охладителя, рабочей скоростью вытягивания заготовки.

Это означает, что при проектировании ЗВО МНЛЗ, предназначенной для работы в широком диапазоне технологических режимов, требуется искать компромиссные решения при выборе оптимального местоположения охлаждающих форсунок. Поиск компромисса автоматизированными средствами затруднен в силу многофакторности проблемы и нечеткости требований.

Поэтому решение задачи автоматизированного синтеза оптимальной схемы расположения форсунок в ЗВО МНЛЗ целесообразно выполнять для фиксированных условий, заданных проектировщиком, а формирование итогового проектного решения должно осуществляться проектировщиком на основе экспертной оценки.

В процессе проектирования интерактивной системы автоматизации проектирования конструкции секций вторичного охлаждения МНЛЗ выделены следующие основные сценарии, реализуемые системой:

- 1) ввод, редактирование и хранение справочно-нормативных данных, в том числе:
 - ввод и редактирование справочника исследуемых конструкций ЗВО;
 - ввод и редактирование справочника исследуемых марок сталей;
 - ввод и редактирования справочника начальных условий и калибровочных параметров;
- 2) запуск объединенной процедуры прогностического моделирования теплового состояния заготовки и оптимизации схемы расположения форсунок в ЗВО, в том числе:
 - формирование на основе справочных данных описания условий, для которых необходимо провести процедуру оптимизации, с возможностью корректировки выбранных справочных параметров непосредственно для предстоящего запуска;
 - запуск процедуры оптимизации схемы расположения форсунок и графическое отображение прогресса выполнения;
- 3) хранение и отображение накопленных по итогам выполненных процедур оптимизации данных, в том числе для каждой выполненной процедуры оптимизации:
 - хранение и отображение исходных параметров, по которым выполнялась процедура оптимизации;
 - хранение и визуализация выходной информации, полученной по итогам выполнения процедуры, включающей в себя оптимизированную схему расположения форсунок, сведения о тепловом состоянии поверхности и внутренней части заготовки по всей длине ЗВО, а также об интенсивности тепловых процессов, происходящих на поверхности, в виде значений коэффициентов теплоотдачи и величины теплового потока на отдельных участках поверхности.

Данными сценариями определяется декомпозиция системы на подсистемы: подсистему ведения нормативно-справочной информации, подсистему прогностического моделирования и оптимизации, подсистему накопления и отображения результатов. Диаграммы взаимодействия пользователя с системой по данным сценариям приведены на *рис. 2*.



Рис. 2. Диаграммы сценариев взаимодействия пользователя с интерактивной системой автоматизации проектирования схемы расположения форсунок: а) ввод и редактирование нормативно-справочных данных, б) запуск процедуры прогностического моделирования и оптимизации, в) анализ накопленных данных, представляемых в графическом и текстовом виде на диалоговых формах

Структура информационного обеспечения интерактивной системы проектирования конструкции секций вторичного охлаждения

В структуре входной информации, необходимой для запуска процедуры прогностического моделирования и оптимизации, представлено четыре группы:

- 1) химический состав и физические свойства марки стали (обозначим как «Марка стали»);
- 2) тип конструкции ЗВО («Тип ЗВО»);
- 3) значения расходов охладителя по контурам охлаждения ЗВО («Режим охлаждения»);
- 4) параметры для определения начальных условий, размеры расчетной сетки, калибровочные параметры модели и расчетная скорость вытягивания («Параметры расчета»).

В системе предусмотрено ведение справочников для хранения предопределенных значений входных параметров. Это обусловлено тем, что ввод полного набора входных данных является трудоемким процессом, а одним из ожидаемых сценариев работы проектировщика с системой является запуск серии процедур оптимизации с изменением относительно небольшого числа входных параметров между отдельными запусками. Использование справочников позволит сократить трудовые затраты на повторный ввод повторяющихся входных параметров.

В справочниках хранится множество вариантов значений указанных групп параметров. Режим охлаждения тесно связан с типом конструкции ЗВО, поэтому справочники режимов охлаждения ведутся в рамках типов ЗВО. Также структуре, определяющий тип ЗВО, ведется справочник типов форсунок. Таким образом, в системе содержится три справочника верхнего уровня: справочник марок стали, справочник типов ЗВО и справочник параметров расчета.

Описание структурной единицы информации справочников верхнего уровня приведено на рис. 3-5.

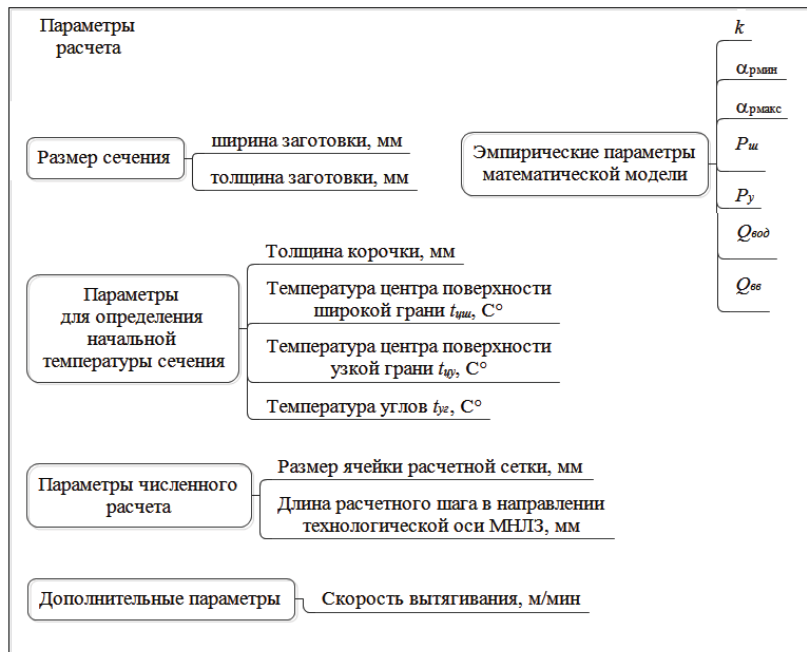


Рис. 3. Структурная единица справочника параметров расчета

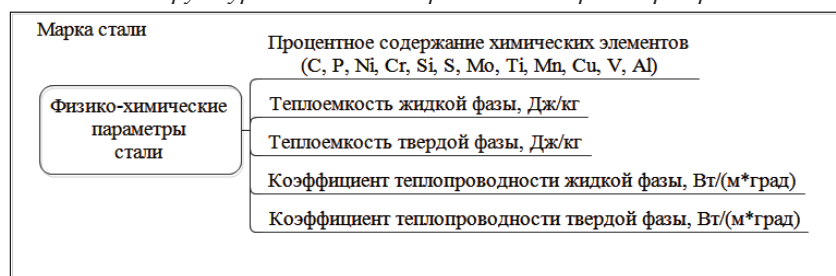


Рис. 4. Структура элемента справочника марок сталей

Результаты расчета должны включать оптимизированную схему расположения форсунок, данные о тепловом состоянии заготовки в ЗВО в виде срезов температуры поперечного сечения заготовки по всей длине ЗВО с определенным шагом, а также расчетные значения коэффициентов теплоотдачи и величины теплового потока для каждой точки поверхности срезов. Схематично структура выходных данных отображена на *рис. 6*.

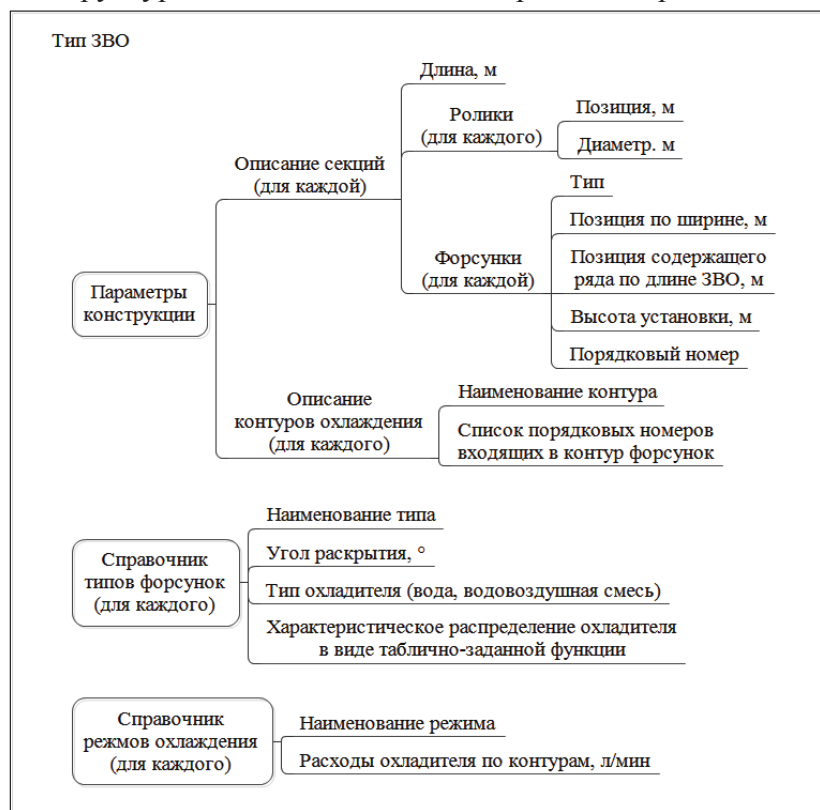


Рис. 5. Структура элемента справочника типов конструкций ЗВО

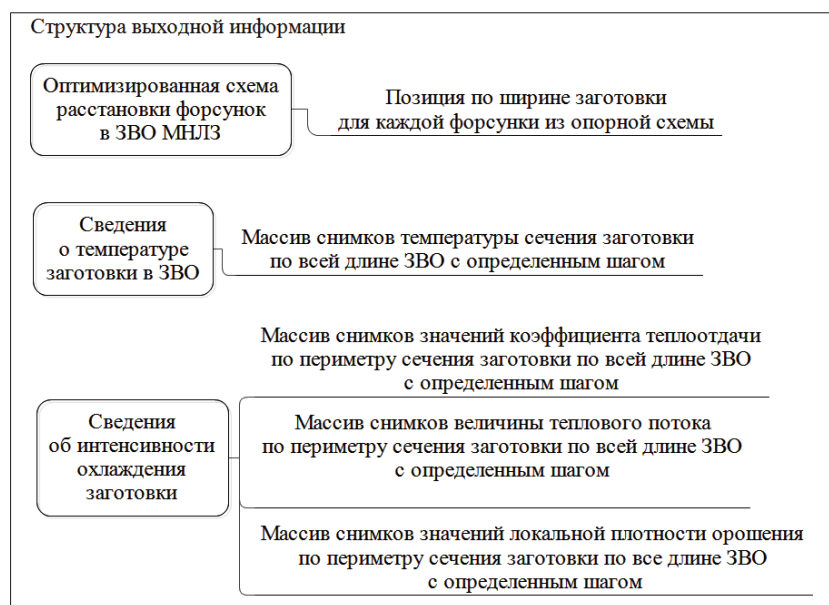


Рис. 6. Структура выходных данных (по группам)

Структура интерактивной системы проектирования конструкции секций вторичного охлаждения

Объединяя результаты анализа требований к интерактивной системе автоматизации проектирования конструкции секций вторичного охлаждения МНЛЗ, выделения основных

сценариев взаимодействия пользователя с системой и структурирования и систематизации входной и выходной информации, сформирована структурная схема интерактивной системы для выбора конструкции секций вторичного охлаждения (рис. 7).

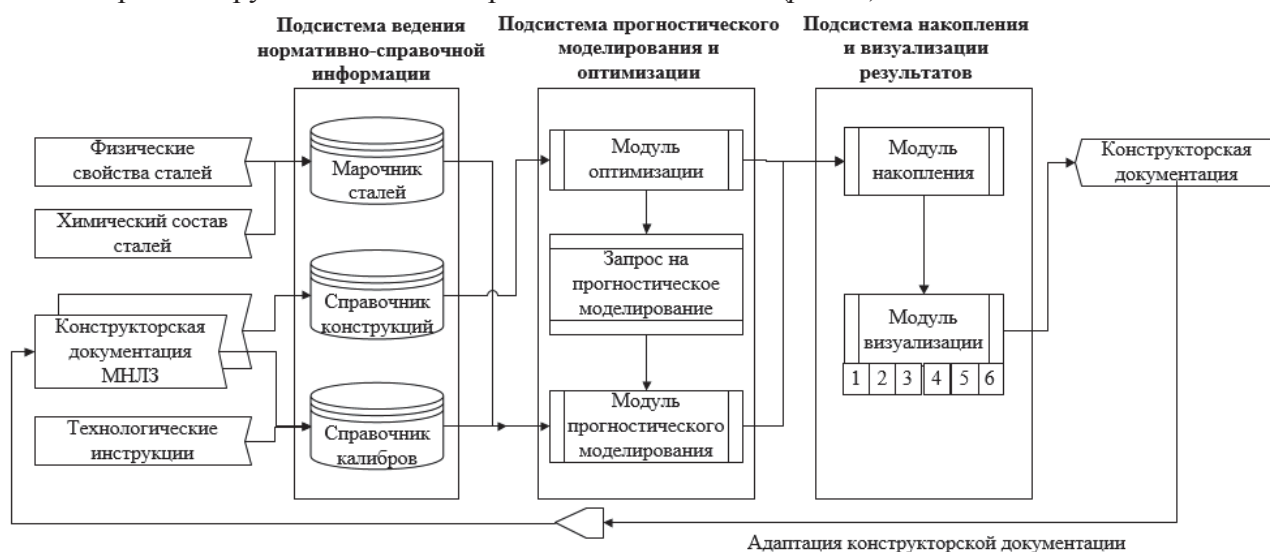


Рис. 7. Структурная схема интерактивной системы автоматизации проектирования схемы расположения форсунок в секциях вторичного охлаждения МНЛЗ

Заключение и обсуждение

В работе сформулирована проблема отсутствия специализированных средств автоматизации проектирования конструкции секций вторичного охлаждения МНЛЗ при одновременном наличии развитого математического аппарата, позволяющего использовать современные средства вычислительной техники для поиска оптимальной схемы расположения форсунок. Приведены результаты анализа требований к интерактивной системе автоматизации проектирования схемы расположения форсунок в секциях вторичного охлаждения МНЛЗ, выделены возможные сценарии взаимодействия проектировщика с системой. Разработаны структуры входных и выходных данных, а также построена структурная схема интерактивной системы. Полученные результаты являются формализацией итогов исследования предметной области и разработки высокоуровневой архитектуры интерактивной системы и содержат в себе аналитическую основу для реализации данной системы.

Список используемых источников

1. Рутес, В.С. Теория непрерывной разливки / В.С. Рутес, В.И. Аскольдов, Д.П. Евтеев, В.Я. Генкин, М.Г. Чигринов, А.И. Манохин. – М. : Металлургия, 1971. – 296 с.
2. Емельянов, В.А. Тепловая работа машин непрерывного литья заготовок / В.А. Емельянов. – М: Металлургия, 1988. – 143 с.
3. Вдовин, К.Н. Непрерывная разливка стали: монография / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2012. – 540 с.
4. Буланов, Л.В. Машины непрерывного литья заготовок. Теория и Расчет / Л.В. Буланов, Л.Г. Корунзин, Е.П. Парфенов [и др.]. Екатеринбург: Уральский центр PR и рекламы «Марат», 2004. – 320 с.
5. Лисиенко, В.Г. Теплотехнические основы технологии и конструирования машин непрерывного литья заготовок / В.Г. Лисиенко, Ю.А. Самойлович. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1986. – 120 с.
6. Boyle, R. New secondary cooling systems and practices / R. Boyle, J. Frick // Nozzles and Cooling Solutions for Continuous Casting of Steel – Lehler. – 2012. – с. 33-44.
7. Thomas, B. Heat Transfer and Solidification Model for Continuous Slab Casting : CON1D / B. Thomas, Y. Meng // Metallurgical and Materials Transactions. – 2003. – № 5. – с. 685-705.
8. Hardin, R. A Transient Simulation and Dynamic Spray Cooling Control Model for Continuous Steel Casting / R. Hardin, K. Liu, A. Kapoor // Metallurgical and Materials Transactions. – 2003. № 1. – С. 297-306.
9. Болендер, Т. Современное состояние технологии непрерывного литья / Т. Болендер, Р. Фандрих, Х. Юнгболт [и др.] // Черные металлы. – 2009. – № 12. – с. 31-39.
10. Shen, H. Simulation Using Realistic Spray Cooling for the Continuous Casting of Multicomponent Steel / H. Shen, R. Hardin, R. MacKenzie // Journal of Materials Science and Technology. – 2002. – № 4. – с. 311-314.

Сафонов Дмитрий Сергеевич – старший инженер-программист, ООО «Компас Плюс», г. Магнитогорск, e-mail: dmitry.s.safonov@gmail.com.

Логунова Оксана Сергеевна – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: logunova66@mail.ru.

Сафонов Д.С., Логунова О.С. Структура интерактивной системы автоматизированного проектирования конструкции секций вторичного охлаждения машины непрерывного литья заготовок // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2014. – №2. – С. 75-81.

Safonov, D.S. and Logunova, O.S., 2014. Structure of computer-aided design system for designing construction of the secondary cooling sections for continuous casting machine. Software of systems in the industrial and social fields, 2: 75-81.

УДК 004.42, 004.82

АНАЛИЗ ИЗБЫТОЧНОСТИ ВЕРСИОННОГО НАБОРА БИЗНЕС-ПРАВИЛ КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ

Фишбеин А.И., Шибанов С.В.

Аннотация. В статье рассматривается проблема анализа избыточности наборов бизнес-правил, предназначенных для контроля достоверности данных информационных систем. Приводятся требования к программным средствам, осуществляющим контроль достоверности данных. Выделяется необходимость функции программного анализа наборов бизнес-правил с целью их улучшения по различным критериям. На основании приведённых требований обосновывается выбор онтологической модели, базирующейся на дескрипционных логиках, для представления бизнес-правил. Формулируются общие принципы построения сигнатур и компонентов онтологий бизнес-правил. Приводится пример построения онтологии набора правил. В статье приводятся основные виды анализа наборов правил. Для анализа избыточности предлагается использование одной из базовых задач логического вывода - классификации онтологии. Рассматривается специфика применения этой процедуры для анализа наборов бизнес-правил. Предлагается и подробно рассматривается алгоритм анализа избыточности наборов бизнес-правил. Приводится пример операции анализа избыточности набора бизнес-правил. Приводится пример программной реализации анализа избыточности наборов бизнес-правил, представленных в формате OWL. Предложенный метод позволяет выполнять анализ избыточности наборов бизнес-правил для широкого класса предметных областей.

Ключевые слова. Бизнес-правила; контроль достоверности данных; информационные системы; анализ избыточности; онтология; дескрипционная логика; логический вывод.

REDUNDANCY ANALYSIS FOR VERSIONING SET OF DATA RELIABILITY CONTROL BUSINESS RULES

Fishbeyn A.I., Shibanov S.V.

Summary. In article the problem of redundancy analysis for business rules sets, designed to data reliability control of information systems is considered. Requirements to software which carry out data reliability control are provided. The need of program analysis function of business rules sets to improve them according to various criteria is highlighted. On the basis of provided requirements the choice of ontology model which is based on description logics is substantiated, to represent business rules. General principles of creation of signatures and components of business rules ontologies are formulated. The example of creation of ontology of rules set is given. In article main types of analysis of rules sets are given. For the redundancy analysis use of ontology classification, which is one of basic problems of logical inference, is offered. Specificity of application of this procedure for the analysis of sets of business rules is considered. The algorithm of redundancy analysis of business rules sets is proposed and considered in detail. The example of operation of redundancy analysis of business rules sets is given. The example of software implementation of redundancy analysis of business rules sets, which represented in the OWL format, is given. The proposed method allows to execute redundancy analysis of business rules sets for a wide class of application domains.

Keywords. Business rules; data reliability control; information systems; redundancy analysis; ontology; description logic; reasoning.

Проблема контроля достоверности данных информационных систем на основе бизнес-правил

Во всех информационных системах существуют правила, зависящие от предметной области, определяющие достоверность обрабатываемой информации. Достоверность данных в информационных системах – это соответствие данных бизнес-правилам, действующим в этой предметной области. Бизнес-правила (БП) в контексте контроля достоверности данных – это определяющие или ограничивающие утверждения, фиксирующие определённые закономерности в данных, которые можно использовать для проверки правильности и нахождения