

УДК 681.518

Тренажер для повышения эффективности обучения студентов ВУЗов и технологов литейных специальностей

Воронин Ю. Ф., Камаев В. А.

Задача работы: повышение возможности быстрого распознавания разновидностей дефектов отливок и их быстрой ликвидации. Известные способы определения разновидностей дефектов не содержат характерные отличительные особенности изучаемого брака отливок. **Целью работы** является разработка автоматизированной системы «Тренажер» предназначенной для формирования устойчивых навыков определения брака отливок, использования характерных отличительных особенностей отливок по цвету, месту расположения, величине, количеству, форме и др. Далее следует определение этапов формирования дефектов и способов их ликвидации. **Используемые методы.** Использованы визуально-логические и анимационные системы для изучения процессов возникновения дефектов в динамике заливаемого металла. **Новизна.** Элементами новизны автоматизированной системы «Тренажер» является использование визуально-логических систем определение разновидностей литейных дефектов. При изучении дефекта определяются этапы его формирования по имеющимся признакам на дефекте и отливке. Используя этапы возникновения дефектов составляются способы ликвидации возникающего брака отливок. **Результат:** использование представленного решения по ликвидации рассматриваемых дефектов отливок в виде отдельных областей приведенной выше маршрутизации, позволяет резко снизить время по изучению разновидностей дефектов отливок, а также создать новую или доработать имеющуюся технологию изготовления отливок высокого качества. **Практическая значимость.** Тренажер обеспечивает возможность быстрого распознавания разновидностей дефектов, этапов их возникновения и способов ликвидации. Это позволяет студентам получить навыки точного определения разновидности дефектов отливок, а технологам литейного производства быстро нейтрализовать условия возникновения брака литья.

Ключевые слова: отливка, качество, брак литья, системный подход, обучение, качество, тренажер, визуально-логическое определение, поэтапный анализ, ликвидация брака.

Производство качественного литья требует от литейщиков повышенных знаний о происходящих в форме физических процессах формирования отливок. Как показывает практика, у ряда специалистов встречаются затруднения в принятии правильных решений при разработке технологического проекта или выявлении и ликвидации брака отливок. В большинстве случаев происходит это от неполноты полученных знаний, как при обучении в ВУЗах, так и при получении практических навыков на производстве. Как следствие, в лучшем случае, производство бракованного литья приводит к повышению стоимости выпускаемых отливок и в худшем случае, к производственным авариям, в ряде случаев с трагическим исходом, примеры – крушения грузовых вагонов. Что же затрудняет студентам и технологам усваивать знания по бездефектному изготовлению отливок? Приведем ориентировочные результаты различных подходов к проведению лекций, которые с различной эффективностью доводят знания до слушателей.

- 1) Лекции проводятся считыванием материала из книги, рукописей или компьютера и записыванием прочитанного студентами. Внимание студентов здесь проявляется к безошибочной механической записи лекций, на что затрачивается до 25% возможностей человека.

- 2) Проведение лекций выполняется преподавателем устно с записью информации студентами, на что затрачивается до 40% возможности студентов.
- 3) Проведение преподавателем лекции устно с показом на экране информационного материала по теме занятий. При этом в библиотеке имеются учебные пособия по рассматриваемой теме. Такие лекции позволяют студентам воспринимать общую информацию до 80%.
- 4) Проведение преподавателем лекции устно с показом на экране цветного информационного материала, описывающего процессы, протекающие в литейной форме при возникновении и ликвидации рассматриваемых дефектов. При этом в библиотеке имеются цветные учебные пособия, позволяющие вспоминать материал проведенных лекций. Такие лекции позволяют студентам воспринимать до 100% информации: не менее 60% информации визуально и около 40% через слух.

Изучая производство бракованного литья на различных заводах, было установлено, что технологи литейного производства затрудняются в точном определении некоторых основных разделов процесса формирования дефектных отливок. К таким разделам можно отнести:

- определение разновидностей литейных дефектов по характерным отличительным особенностям;
- выявление этапов формирования дефектов отливок от начальной стадии заливки металла в форму до формирования дефекта в литой заготовке;
- знания о происходящих в литейной форме процессов возникновения или ликвидации литейных дефектов для последующего изменения технологического проекта.

Затруднения технологов вытекают из-за отсутствия полученных в институтах и университетах системных знаний по уверенному определению и ликвидации литейных дефектов и вытекающих отсюда знаний по разработке технологических проектов бездефектного изготовления отливок. Проверка имеющихся знаний у студентов пятого курса университетов показала значительное количество пробелов по разновидностям литейных дефектов, определению причин их возникновения и способов ликвидации. При разработке курсовых проектов по технологии изготовления отливок допускаются существенные ошибки, не замечаемые преподавателями, которые неизбежно приведут отливки к браку.

Анализируя ситуацию с подготовкой квалифицированных кадров литейщиков для машиностроительной промышленности России, следует отметить, что необходима существенная модернизация учебного курса, позволяющая студентам получать и устойчиво запоминать информацию по бездефектному изготовлению отливок. Для реализации процесса модернизации, необходимо разработать учебные пособия, позволяющие отчетливо представлять разновидности литейных дефектов и процессы, протекающие в литейной форме при заливке и затвердевании металла.

На протяжении 10 лет ученые кафедры Волгоградского государственного технического университета совместно с НПО ВНИИТМАШ и кафедрой «Литейное производство» занимались системным подходом к выявлению разновидностей литейных дефектов, причинно-следственных связей их возникновения и способов ликвидации [1-7]. Для оказания помощи технологам литейного производства и студентам ВУЗов в принятии правильных решений, на основании этих работ опубликованы 4 цветных учебных пособия [8-11] по основным группам литейных дефектов: светлым газовым раковинам, усадочным дефектам, трещинам, окисленным газовым раковинам. По материалам учебных пособий созданы 4 автоматизированные системы «Тренажер» для выработки навыков бездефектного изготовления отливок» для нейтрализации отмеченных выше четырех групп дефектов. В «тренажере» используются визуальное и логическое представления происходящих в литейной форме процессов возникновения и ликвидации литейных дефектов. Применение визуализации процессов примерно на 60% повышает усвояемость методологии повышения качества отливок студентами и технологами, поэтому тренажер является эффективным инструментом в ускоренном приобретении навыков выпуска отливок высокого качества. Каждая автоматизированная система создана для одной группы дефектов, имеющих большинство схожих отличительных признаков, описанных выше.

В Волгоградском государственном техническом университете разработаны 5 Тренажеров для повышения навыков бездефектного изготовления отливок из чугуна и стали, позволяющих улучшить визуальное восприятия получаемых знаний [3]. Информационное наполнение тренажера выполнено на основе многолетнего опыта работы в области повышения качества литья [4-8]. В Тренажер вошли практические приемы и материалы по ликвидации дефектов реальных отливок [9].

Архитектура тренажеров представлена на рис. 1. Автоматизированная система включает 3 основных блока. Главным является блок Тренажеры. С использованием Тренажеров происходит обучение пользователя идентификации и ликвидации дефекта отливок. Для повышения эффективности устранения литейных дефектов пользователю предлагается апробированная методика, позволяющая по визуальным характеристикам точно определить разновидность дефекта и способ его формирования. Кроме этого предлагаемая методика позволяет определить причину возникновения дефекта и выбрать наиболее эффективные приемы его устранения.

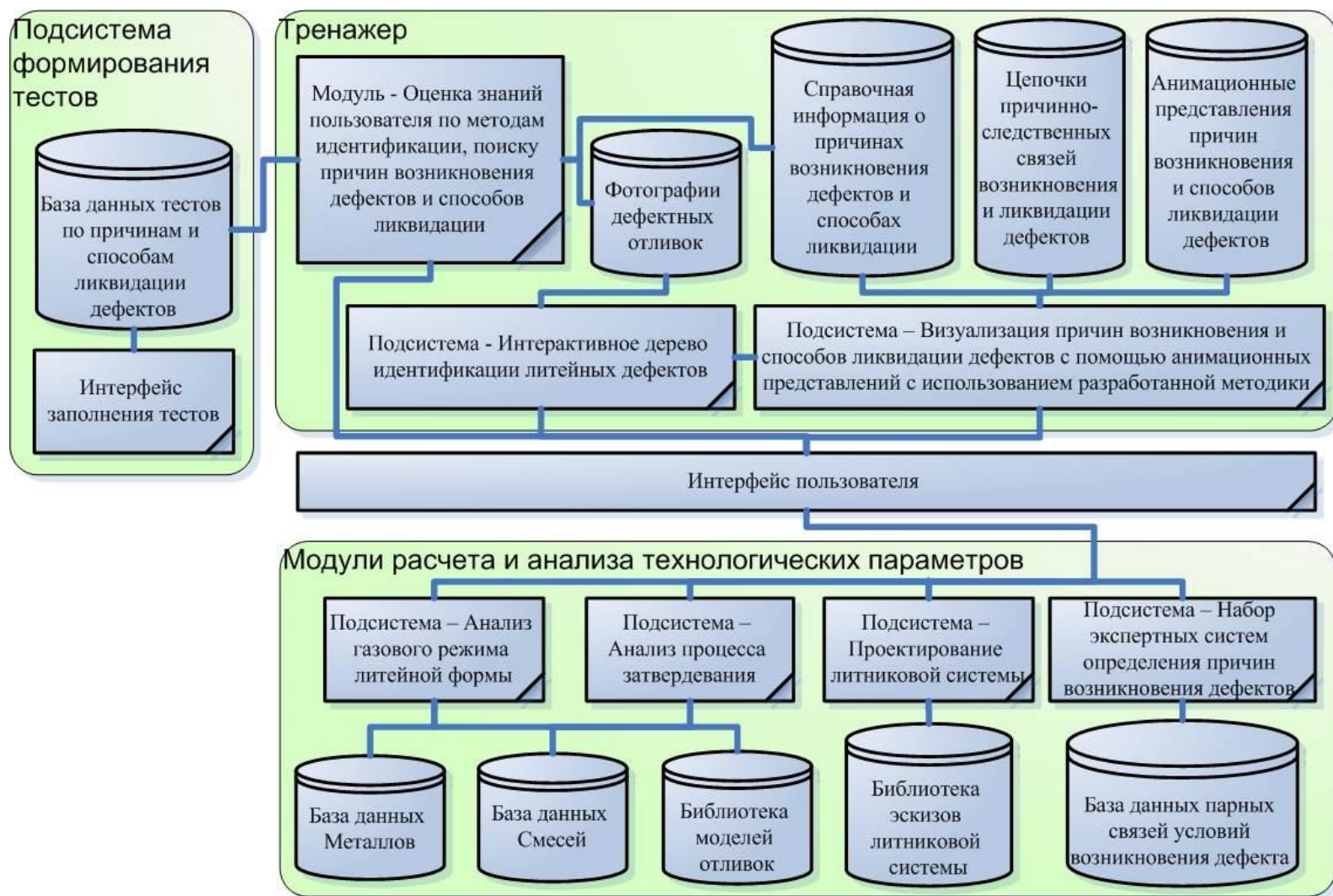


Рис. 1. Схема автоматизированного комплекса «Технологические основы устранения дефектов отливок»

Методика включает в себя:

- набор деревьев идентификации дефектов с цветными фотографиями, описанием внешнего вида поверхности и образа дефекта [10];
- цепочки причинно-следственных связей приведших к возникновению дефектов. Для каждой разновидности дефектов построены наборы цепочек, позволяющих с высокой точностью определить последовательность технологических операций приведших к возникновению дефекта;
- способы ликвидации дефектов представлены анимационными роликами, схематически демонстрирующими процессы, протекающие в литейной форме. В роликах представлены процессы, приводящие к возникновению дефектов, а также технологические приемы для повышения качества литья, с подробным описанием поэтапного устранения дефекта.

Помимо визуальных приемов, в тренажерах имеется богатейший материал по технологическим параметрам производства местами подкрепленный модулями позволяющими рассчитать основные технологические параметры и конструкционные элементы, необходимые для производства отливки.

Далее представлены фрагменты использования «Тренажера» при исследовании сложного дефекта из группы усадочных раковин - «усадочной пористости». Причина течи в изделии «Задвижка Ду300» обусловлена именно этим дефектом совместно с дефектом окисленные газовые раковины.

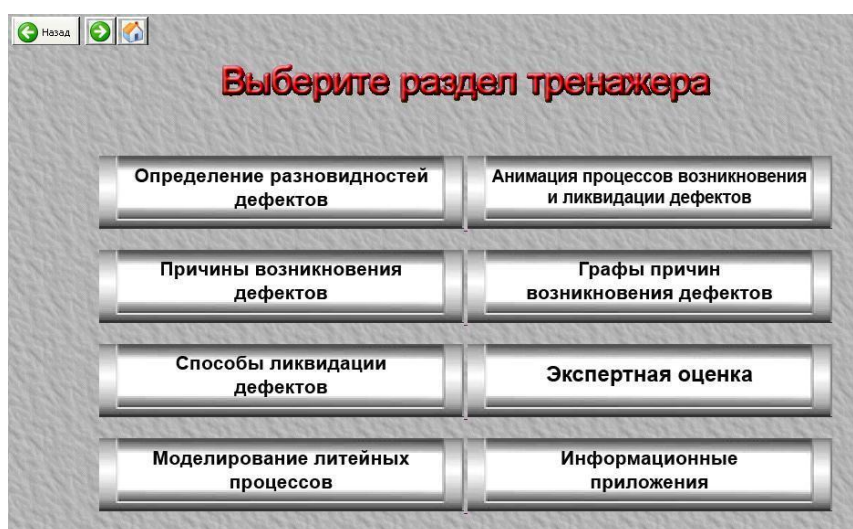


Рис. 2. Перечень рабочих разделов «Тренажера»

На рис. 2 приведены рабочие разделы «Тренажера» для проведения комплекса исследований при ликвидации дефектов отливок в следующем направлении.

- 1) Определение визуально-логическим способом разновидностей дефектов по дереву, созданному на основе системного подхода к их характерным отличиям. Контрольные вопросы по усвоению определения разновидностей дефектов усадочного происхождения.

- 2) Поэтапный анализ причин возникновения «Течи» с использованием дефектной отливки и ее сечений в направлении формирования дефекта отливки.
- 3) Анимационное (визуальное) представление полного и поэтапного процесса *возникновения* рассматриваемого дефекта. Составление цепочек причинно-следственных связей между разновидностью дефекта и причинами его возникновения.
- 4) Анимационное (визуальное) представление полного и поэтапного процесса *ликвидации* течи отливки с использованием результатов причинно-следственных связей.
- 5) Составление графов причин возникновения дефектов по составленным цепочкам причинно-следственных связей для пополнения банка данных.
- 6) Составление графов способов ликвидации дефектов полученными результатами при проведении исследований для пополнения банка данных. Контрольные вопросы по усвоению определения причин возникновения и способов ликвидации усадочных дефектов.
- 7) Информационные приложения по рассматриваемому материалу.



Рис. 3. Начальная стадия определения разновидности дефекта «Пористости»



Рис. 4. Проведение цикла определения разновидности дефекта «Пористости»

На рис. 3 показан экран начальной стадии определения разновидности дефекта по дереву дефектов. Например, дефект выбирается в группе «Несплошности в теле отливки». При активировании этой группы, на экране (рис. 4) появляются ее подразделы, где выбираются «Раковины». Нажатием мышкой на изображение фрагмента отливки, происходит его увеличение для лучшего просмотра при исследовании. Последовательным выбором представленных изображений с описаниями на экранах, спускаемся по дереву дефектов на нижний уровень и определяем разновидность исследуемого дефекта, знакомимся с механизмом его образования. Далее требуется ответить на контрольные вопросы по определению разновидностей дефектов, получить оценку и описание правильных ответов.

Следующий этап исследований состоит в определении влияния «Пористости» на возникновения брака «Течь» отливки. Отливки представлены на рис. 5, на рис. 6 приведено увеличенное место возникновения течи,

отмеченное мелом при гидроиспытании. При тщательном осмотре необработанной поверхности образования течи со стороны формы и стержня, замечены очень мелкие гладкие окисленные раковины, уходящие в сторону термического узла, в область пористости утолщенной стенки отливки (рис. 7).



Рис. 5. Исследуемые отливки с дефектом течь



Рис. 6. Увеличенное место возникновения течи отливки



Рис. 7. Механическая обработка в месте образования газовой раковины

Раковины образуются от повышенного давления газа при сгорании связующего смеси и отсутствия вентиляционной системы. При совмещении газовых раковин с пористостью в сквозную цепочку, возникает течь отливки. Процесс возникновения течи отливки «Задвижка Ду300» произошел в результате отсутствия вентиляционных наколов на поверхности формы, невыполнения вентиляционной системы в стержне и отсутствия на термических узлах отливки прибылей для подпитки усадочных мест. В результате повышения давления газа в отливке образуются узкие свищевидные раковины в направлении термического узла, в утолщенной стенке отливки формируется пористость, что создает условия для возникновения течи в отливке.

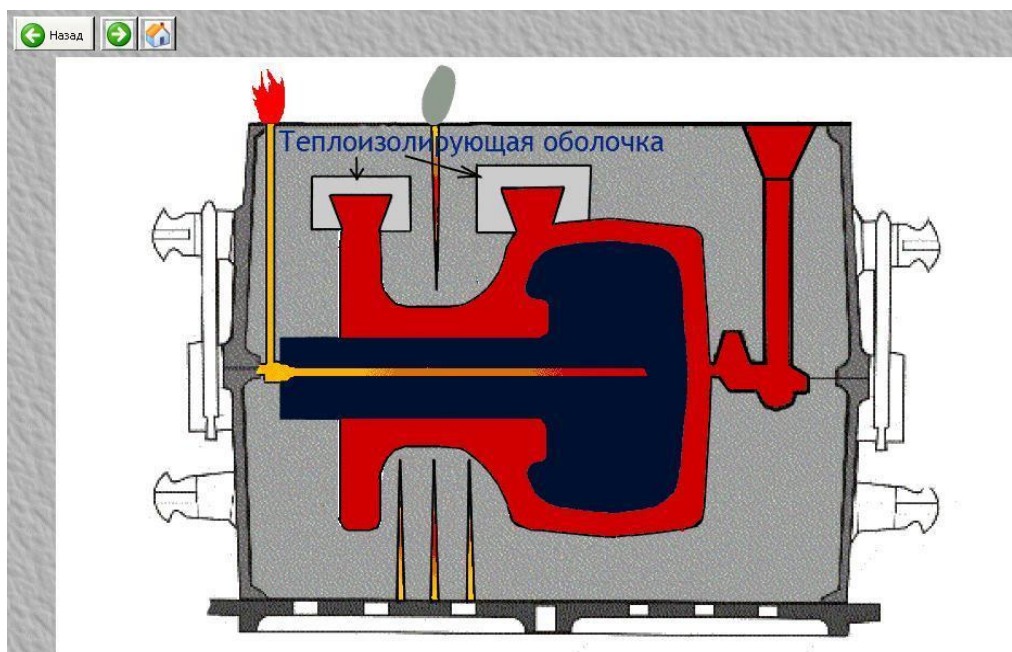


Рис. 8. Анимационный процесс ликвидации течи отливки

Далее в системе приводится и исследуется анимационный процесс ликвидации дефектов в отливке путем применения вентиляционных систем в форме и стержне, и прибылей для подпитки пористых и усадочных мест отливки (рис. 8). На рисунке видно, как происходит удаление газа из стержня и формы через вентиляционную систему (факелы) в атмосферу. Применение теплоизолирующих оболочек позволяет вдвое уменьшить объем применяемых в промышленности прибылей.

В «тренажере» приводятся графы (таблицы) причинно-следственных связей возникновения дефектов и способов их ликвидации из практики ликвидации литейных дефектов. В заключении обучения компьютер выставляет оценку по пройденному материалу. При невысокой оценке предоставляется информация для повышения знаний по рассматриваемому материалу.

Кроме описанного, в Тренажере имеются автоматизированные системы по расчету литниковых систем для чугуна и стали с выдачей через принтер рабочих чертежей, информационные материалы по рассматриваемым дефектам отливок и другое. В настоящее время тренажеры используются для обучения магистрантов в Волгоградском государственном техническом университете и проведении дистанционного повышения квалификации специалистов литейного производства на заводах.

Вывод

Использование «Тренажера» позволяет студентам и технологами литейного производства более подробно ознакомиться с эффективными подходами к процессу изготовления отливок высокого качества. Тренажер позволяет действительно увидеть процесс возникновения дефектов и их ликвидации, при использовании анимационного процесса формирования отливок. При этом Тренажер позволяет реализовать новые методики

преподавания и в конечном итоге повысить успеваемость обучающихся примерно на 25–30%.

Литература

1. Воронин Ю. Ф. Системный подход к процессу возникновения и ликвидации горячих трещин // *Литейщик России*. 2010. № 3. С. 11-14.
2. Воронин Ю. Ф., Воронин С. Ю., Лукьяненко А. Ю., Сухонослова В. Ю. Системное выявление условий возникновения и ликвидации течи отливки // *Литейщик России*. 2010. № 2. С. 10-13.
3. Воронин Ю. Ф., Лосев А. Г., Матохина А. В., Бегма В. А. Моделирование газового режима литейной формы // *Литейщик России*. 2004. № 4. С. 35-41.
4. Воронин Ю. Ф., Камаев В. А., Матохина А. В., Карпов С. А. Автоматизированная система «Атлас литейных дефектов. Чугун и сталь» // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2004. № 6. С. 3-7.
5. Воронин Ю. Ф., Камаев В. А. Компьютер определяет причину возникновения дефекта отливки // *Литейщик России*. – 2005. № 8. С. 30–34.
6. Воронин Ю. Ф., Куликов Д. Ю. Моделирование процесса остывания отливок в литейной форме // *Программные продукты и системы*. 2007. №3. С. 61-63.
7. Воронин Ю. Ф., Куликов Д. Ю. Моделирование условий снижения или ликвидации усадочных дефектов // *Оборудование. Технический альманах*. 2006. № 3. С. 34-39.
8. Воронин Ю. Ф. Система определения и ликвидации трещин в отливках из чугуна и стали. Учебное пособие. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2010. – 149 с.
9. Воронин Ю. Ф. Система определения и ликвидации усадочных дефектов в отливках из чугуна и стали. Учебное пособие. – Волгоград, Волгоградский государственный технический университет, 2010. – 139 с.
10. Воронин Ю. Ф. Система определения и ликвидации светлых газовых раковин в отливках из чугуна и стали. Учебное пособие. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2010. – 124 с.
11. Воронин Ю. Ф. Система определения и ликвидации окисленных газовых раковин в отливках из чугуна и стали Учебное пособие. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2010. – 116 с.

References

1. Voronin Iu. F. A systematic approach to the process of emergence and elimination of hot cracks. *Liteishchik Rossii*, 2010, no. 3, pp. 11-14 (in Russian).
2. Voronin Iu. F., Voronin S. Iu., Luk'ianenko A. Iu., Sukhonosova V. Iu. A system to identify the conditions of emergence and elimination of leaks casting. *Liteishchik Rossii*, 2010, no. 2, pp. 10-13 (in Russian).
3. Voronin Iu. F., Losev A. G., Matokhina A. V., Begma V. A. Modeling of gas mode mold. *Liteishchik Rossii*, 2004, no. 4, pp. 35-41 (in Russian).

4. Voronin Iu. F., Kamaev V. A., Matokhina A. V., Karpov S. A. Automated system "Atlas of casting defects. Iron and steel". *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii*, 2004, no. 6. pp. 3-7 (in Russian).
5. Voronin Iu. F., Kamaev V. A. The computer determines the cause of occurrence of defect of casting. *Liteishchik Rossii*, 2005, no. 8, pp. 30-34 (in Russian).
6. Voronin Iu. F., Kulikov D. Iu. Modelling of process of cooling of castings in the mold. *Programmnye produkty i sistemy*, 2007, no. 3, pp. 61-63 (in Russian).
7. Voronin Iu. F., Kulikov D. Iu. The modeling of the reduction or elimination of shrinkage defects. *Oborudovanie. Tekhnicheskii al'manakh*, 2006, no. 3, pp. 34-39 (in Russian).
8. Voronin Iu. F. *Sistema opredeleniia i likvidatsii treshchin v otlivkakh iz chuguna i stali* [System definition and elimination of cracks in the castings of iron and steel]. Volgograd, Volgograd State University, 2010, 149 p. (in Russian).
9. Voronin Iu. F. *Sistema opredeleniia i likvidatsii usadochnykh defektov v otlivkakh iz chuguna i stali*. [System definition and elimination of shrinkage defects in the castings of iron and steel]. Volgograd, Volgograd State University, 2010, 139 p. (in Russian).
10. Voronin Iu. F. *Sistema opredeleniia i likvidatsii svetlykh gazovykh rakovin v otlivkakh iz chuguna i stali* [System definition and elimination of light gas pockets in the castings of iron and steel]. Volgograd, Volgograd State University, 2010, 124 p. (in Russian).
11. Voronin Iu. F. *Sistema opredeleniia i likvidatsii okislennykh gazovykh rakovin v otlivkakh iz chuguna i stali* [System definition and elimination of the oxidized gas pockets in the castings of iron and steel]. Volgograd, Volgograd State University, 2010, 116 p. (in Russian).

Статья поступила 5 октября 2015 г.

Информация об авторах

Воронин Юрий Федорович – доктор технических наук. Профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования и программного конструирования». Волгоградский государственный технический университет. Область научных интересов: системы автоматизированного проектирования; сбор и обработка информации для создания автоматизированных систем повышения качества отливок из чугуна и стали. E-mail: voronin@vstu.ru

Камаев Валерий Анатольевич – доктор технических наук, профессор. Заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования и программного конструирования». Волгоградский государственный технический университет. Область научных интересов: концептуальное проектирование изделий и технологий; системы автоматизированного проектирования. E-mail: vkamaev40@mail.ru

Адрес: Россия, 400131, г. Волгоград, пр. Ленина, д. 28.

Training Apparatus, as Means of Increase of a Learning Efficiency of Students of High Schools and Technologists of Foundry Specialties

J. F. Voronin, V. A. Kamayev

Statement of the problem. Students casting professions should be able to quickly identify and eliminate the defects of castings. However, training tools do not contain visualization of the distinctive features of defects and their causes. **The purpose of work** is to develop automated training tools "simulator" which is designed to teach the definition of defects castings. "Simulator" is based on the visualization of the stages of formation and the causes of defects. **The methods used.** The logical schemata and animated videos use for visualize the stages of formation of defects. **Novelty.** The training tool "simulator" uses the new visual logical system for finding defects and determines they types. "Simulator" allows to reasonably choosing the method of elimination of arising defects. **Practical relevance.** Students who use "simulator", can determine the type of defect, stage of the formation of defects and to choose a method of removal of defects. This is the training tool being used to teach students of casting professions can improve student performance by about 25-30%.

Key words: casting, quality, moulding marriage, the system approach, training, quality, a training apparatus, visually-logic definition, the stage-by-stage analysis, marriage liquidation.

Information about Authors

Jury Fedorovich Voronin - Dr. habil of Engineering Sciences. Professor at the Department of System Automatic Engineering and Program construction. Volgograd state technical university. Field of research: CAD system; accumulation and processing of information to create automated systems to improve the quality of castings from cast iron and steel. E-mail: voronin@vstu.ru

Valery Anatolevich Kamayev - Dr. habil of Engineering Sciences, Full Professor. Head of the Department of of System Automatic Engineering and Program construction. Volgograd state technical university. Field of research: conceptual design of products and technologies; CAD systems. E-mail: vkamaev40@mail.ru

Address: Russia, 400131, Volgograd, Lenina prospekt, 28.