

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТРЕНАЖЕР-ИМИТАТОР ПРОЦЕССОВ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ

Ф.С. Дубинский¹, М.А. Соседкова¹, П.А. Мальцев²

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск;

² Челябинский металлургический комбинат, г. Челябинск

На базе комплексной многоуровневой математической модели процессов сортовой прокатки и системы автоматизированного проектирования технологий сортовой прокатки создан учебно-исследовательский тренажер-имитатор «Сортовая прокатка», включающий в себя тренажер технолога, тренажер оператора, тренажер вальцовщика, а также теоретические и технологические модули и сервис.

Тренажер предназначен для изучения основ технологии производства сортового проката; ознакомления с конструкциями и характеристиками основного технологического оборудования прокатных станов; приобретения навыков проектирования технологии прокатки сортовых профилей; ознакомления с процессом управления прокатным станом и непосредственного управления моделью стана; моделирования и отработки нештатных ситуаций; контроля знаний в области технологии и оборудования прокатного производства.

Тренажер может быть использован для обучения основам прокатного производства, методам и приемам подготовки, контроля и управления технологическими процессами прокатки на промышленных предприятиях, а также в учебных заведениях высшего и специального образования.

Ключевые слова: тренажер-имитатор; сортовая прокатка; моделирование; автоматизированное проектирование; технолог прокатного производства; вальцовщик; оператор прокатного стана; управление; тренинг.

Актуальность построения компьютерных тренажеров для проведения исследовательских работ в области обработки металлов давлением и обучения персонала, обслуживающего технологические процессы, можно определить следующими тенденциями: формирование рациональных энерго- и ресурсосберегающих путей развития технологий обработки металлов давлением, потребностью в качественном улучшении подготовки персонала, вызванной постоянным усложнением технологических процессов; появлением новых систем управления; успехами в создании систем компьютерного тренинга.

На кафедре разработана комплексная многоуровневая математическая модель процессов сортовой прокатки (рис. 1), которая легла в основу дальнейших разработок в этой области. Комплексная модель построена для использования различных теоретических методов (классические модели, метод конечных элементов, нейронные сети и др.) и пакетов экспериментальных данных.

Предпосылкой для построения тренажеров по сортовой прокатке является разработанная на кафедре система автоматизированного проектирования технологий сортовой прокатки «Калибр» [1], которая внедрена на ряде промышленных пред-

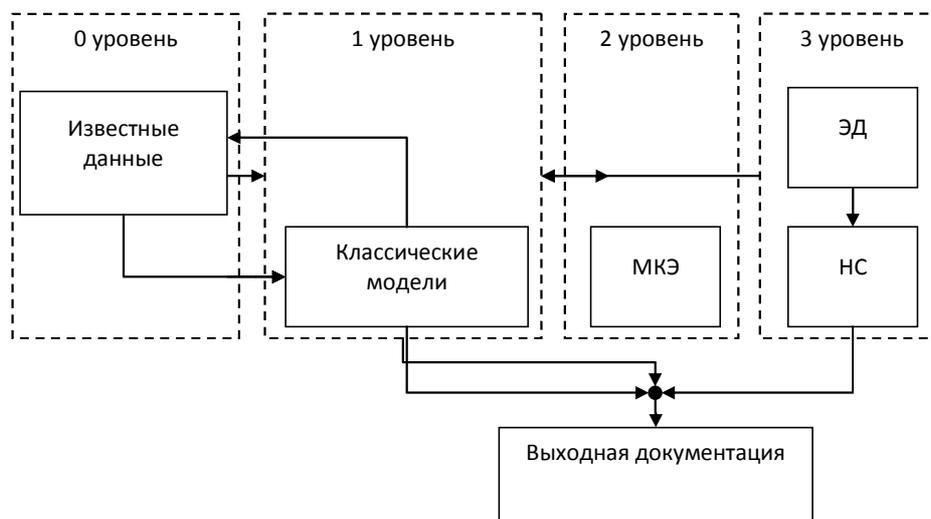


Рис. 1. Комплексная математическая модель сортовой прокатки: МКЭ – метод конечных элементов, ЭД – экспериментальные данные, НС – нейронные сети

приятый (ОАО «Челябметкомбинат», ОАО «Корпорация «ВСМПО-Ависма», ОАО «МЗ «Кама-сталь», ОАО «Русская сталь» и др.).

Учебно-исследовательский тренажер-имитатор предназначен для изучения и освоения технологии и оборудования процессов сортовой прокатки и должен их достаточно полно иллюстрировать для получения опыта и навыков управления процессами прокатки, эмулировать возможные аварийные ситуации и поломки, вызванные нарушением технологического процесса, ошибками операторов или обслуживающего персонала, проводить сравнение практических и теоретических результатов. Специализированное программное обеспечение должно давать возможность контроля органов управления процессом, диагностики и фиксирования проблем в его работе, обучении безопасным приемам работы, имитацию исследуемых процессов, исследование и задание технологических режимов и параметров процесса исследования и задание технологических режимов и параметров процесса. Наличие системы тестирования знаний должно обеспечивать оперативный и эффективный контроль знаний, умений и навыков.

Учебно-исследовательский тренажер-имитатор «Сортовая прокатка», созданный на кафедре «Машины и технологии обработки металлов давлением», предназначен:

- для изучения основ технологии производства сортового проката;
- ознакомления с конструкциями и характеристиками основного технологического оборудования прокатных станов;
- приобретения навыков проектирования технологии прокатки сортовых профилей;
- ознакомления с процессом управления прокатным станом и непосредственного управления моделью стана;
- моделирования и отработки нештатных ситуаций;

– контроля знаний в области технологии и оборудования производства проката.

Структура учебно-исследовательского тренажера-имитатора «Сортовая прокатка» представлена на рис. 2.

Модуль «Теоретические и технологические основы» представляет собой основные положения сортовой прокатки с текстовым, иллюстративным и анимационным материалом [2]. Он может использоваться как для самостоятельного обучения, так и в качестве презентации на лекционных и практических занятиях. Предусмотрена возможность контроля знаний.

Использование промышленных программных комплексов при обучении, как правило, сводится к изучению непосредственно самих программных комплексов, а не той технологии, для автоматизации которой они предназначены. Очевидно, что обучение проектируемому процессу, а не системе проектирования, должно осуществляться в «облегченной версии» промышленного варианта. Для этого в структуре учебно-исследовательского тренажера-имитатора «Сортовая прокатка» разработана программа-тренажер для технологов, обеспечивающих проектирование и контроль технологического процесса.

На первом этапе обучения на этом модуле тренажера происходит выбор типа стана, его характеристик и конфигурации; определение формы и размеров заготовки; разработка схемы прокатки; моделирование формоизменения металла; проектирование и построение калибров.

На втором этапе определяются скоростные характеристики процесса; рассчитываются температурные режимы; определяются энергосиловые параметры процесса сортовой прокатки и т. д.

На третьем этапе можно получить диаграммное представление и анализ показателей технологического процесса; создать необходимую технологическую документацию и архив.

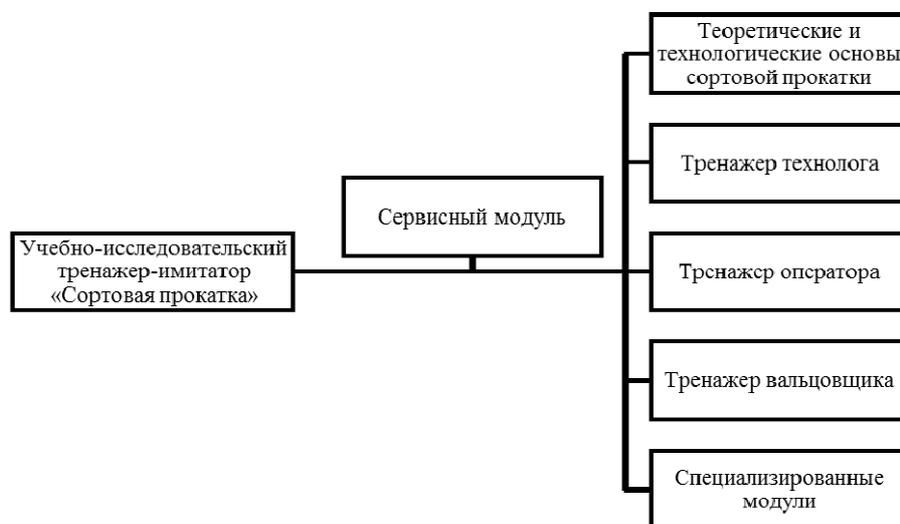


Рис. 2. Структура учебно-исследовательского тренажера-имитатора «Сортовая прокатка»

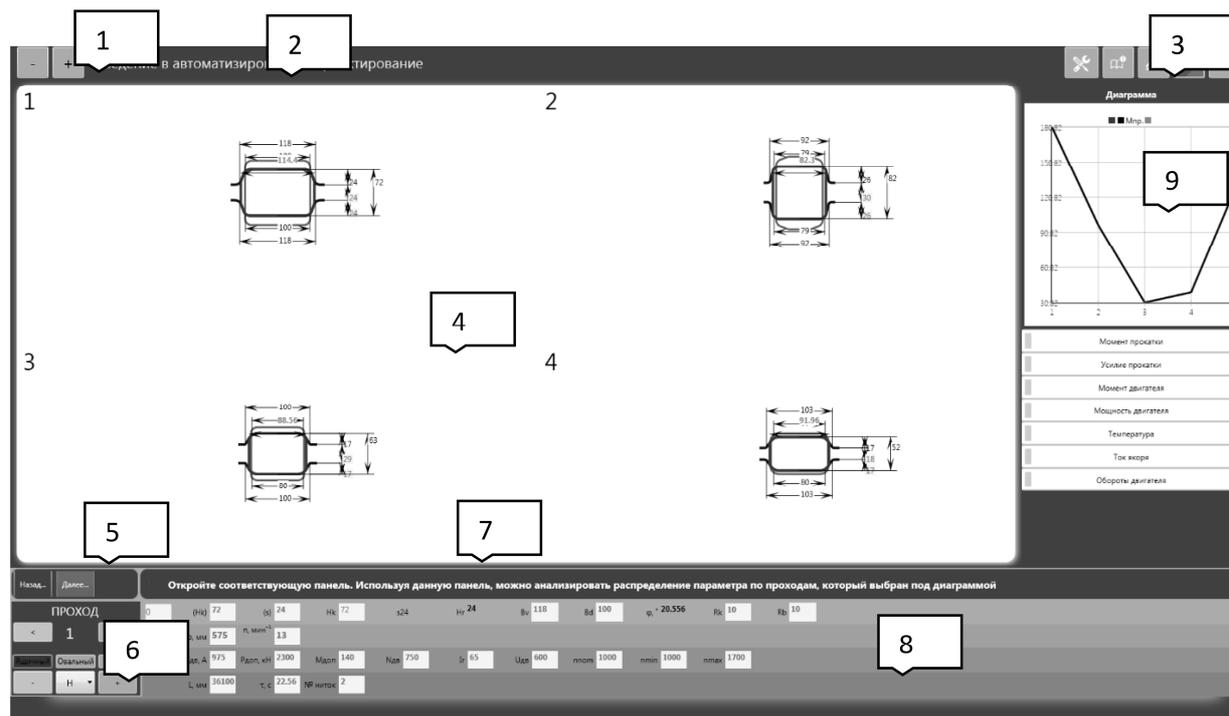


Рис. 3. Интерфейс тренажера технолога: 1 – изменение масштаба рабочей области; 2 – описание текущего задания; 3 – главное меню; 4 – рабочая область; 5 – управление заданием; 6 – управление проходом/параметрами калибра; 7 – текст задания; 8 – управление калибровкой

Элементы тренажера технолога и его интерфейс представлены на рис. 3.

В рабочей области происходит визуализация сечения очага деформации в текущем проходе и в последующих проходах (если имеются). Для каждого прохода отображаются: сечение калибра, поперечное сечение металла, основные размеры калибра, максимальная ширина сечения металла.

Важными преимуществами тренажера являются визуальная оценка изменения формы и размеров металла в процессе деформации; предоставление информации в наглядном и удобном для анализа виде: графики, таблицы, эскизы. Множество варьируемых параметров дает простор для «творчества».

Расчет можно вести для станов различной конфигурации, учитывать свойства различных марок сталей, технические характеристики основного оборудования и другие технологические и конструктивные параметры.

Для таких параметров, как момент прокатки (и двигателя), усилие прокатки, затрачиваемая мощность, температура металла, ток якоря двигателя и обороты валков возможно построение диаграмм их распределения по проходам.

Все рассчитываемые параметры можно вывести для анализа в табличном или графическом варианте (рис. 4 и 5).

В тренажере технолога предусмотрены следующие тренинги:

- вводный, где показаны основные инстру-

менты для анализа и модификации существующих калибровок валков;

- уширение металла, целью которого является выделение и определение характера влияния основных факторов, определяющих изменение уширения;

- закон постоянства секундного объема;
- методы определения энергосиловых параметров;

- непрерывный стан (температура);

- реверсивный стан (температура);

- общие вопросы проектирования калибров;

- проектирование предчистовых калибров;

- проектирование чистовых калибров;

- анализ настройки стана.

Тренинг «самостоятельная работа» позволит усилить исследовательские навыки и служит подготовительным этапом к контрольным заданиям данного раздела. При правильном выполнении, тренинг также поможет усилить интуитивный анализ калибровки валков.

Предусмотрены контрольные задания, которые выполняются в виде тестов с вопросами, обобщающих знания и опыт, полученный в ходе выполнения предыдущих занятий на тренажере, итоговое задание и комплексный тест.

На рис. 6 показано окно модуля задания в процессе его выполнения.

Тренажер оператора прокатного стана позволяет осуществлять настройку прокатного стана и динамическое управление его работой, имитиро-

Парам.	Ед. изм.	Знач.	Парам.	Ед. изм.	Знач.
H_0	мм	101.2	H_1	мм	72
B_0	мм	101.2	B_1	мм	114.4
L_0	мм	-	L_1	мм	13213
λ	-	1.33221	F_1	мм ²	7624
β	-	1.1304	η	-	0.66404
α	градус	19.075	f	-	0.5
ε	-	0.22	U_c	1/с	1.27
V_m	м/с	0.361	D_k	мм	529.73
$t_{п.к.}$	°С	1113.5	$t_{в.к.}$	°С	1073.7
σ_s	МПа	67.7	p_c	МПа	105.78
F_t	мм ²	19261	P	кН	2037.4
$M_{пр.}$	кНм	180.82	$M_{дв.}$	кНм	2.81
$N_{дв.}$	кВт	243.53	$I_{дв.}$	А	480.34

Рис. 4. Панель с результатами расчета в виде таблицы

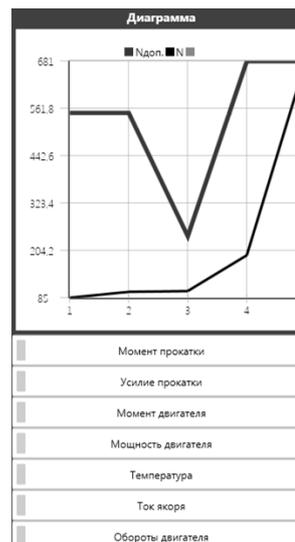


Рис. 5. Панель отображения диаграммы



Рис. 6. Окно модуля в процессе выполнения задания

вать работу оператора прокатного стана в процессе прокатки.

Операции, выполняемые в тренажере оператора:

- выбор прокатываемого типоразмера и соответствующей ему технологии;
- ввод установок оборудования;
- слежение за процессом прокатки, геометрическими размерами раската, нагрузками в клетях;
- аварийная остановка стана;
- корректировка скоростного режима прокатки;
- штатные, нештатные и аварийные ситуации на стане.

На рис. 7 показан внешний вид тренажера оператора прокатного стана.

В модуле отрабатываются следующие типовые ситуации:

- штатные сценарии: перестройка на новый профиль, корректировка скорости, прокатка настроенных полос (петли); прокатка настроенных полос (натяжение);

- нештатные: выход из строя одной из клетей, сбой в работе системы автоматической регулировки;
- аварийные: разрыв полосы в валках клетей, застревание полосы в валках клетей и т. п.

На рис. 8 показана работа тренажера оператора с имитацией возникновения петли в промежутке между клетями непрерывного стана. В данной ситуации от пользователя ожидается корректировка оборотов валков с пульта управления в той мере, которая приведет к стабилизации процесса (в случае неверной корректировки предусмотрена ситуация развития петлеобразования и дальнейшее забуривание).

Модуль «Тренажер вальцовщика» предназначен для отработки сценариев работы вальцовщика и контроля полученных навыков. Выполняемые операции: выбор необходимых валков из имеющихся в парке и сборка клетей; настройка клетей (для реверсивного стана осуществляется динамически в процессе имитации прокатки); контроль размеров проката и подстройка стана; штатные, нештатные и аварийные ситуации на стане.

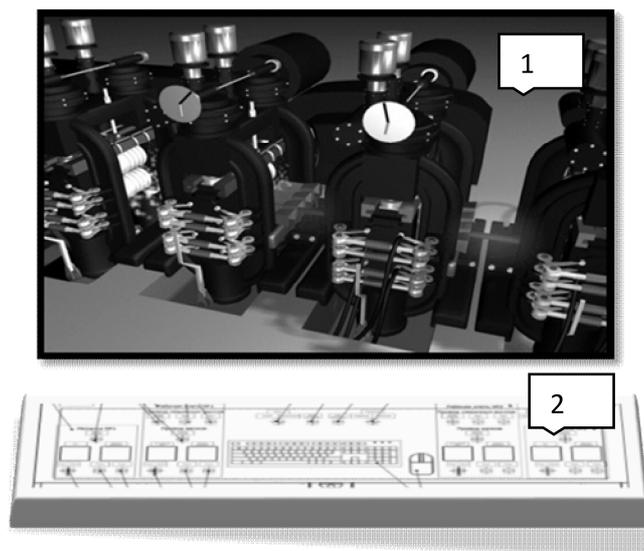


Рис. 7. Внешний вид тренажера оператора прокатного стана:
1 – монитор; 2 – физический пульт управления

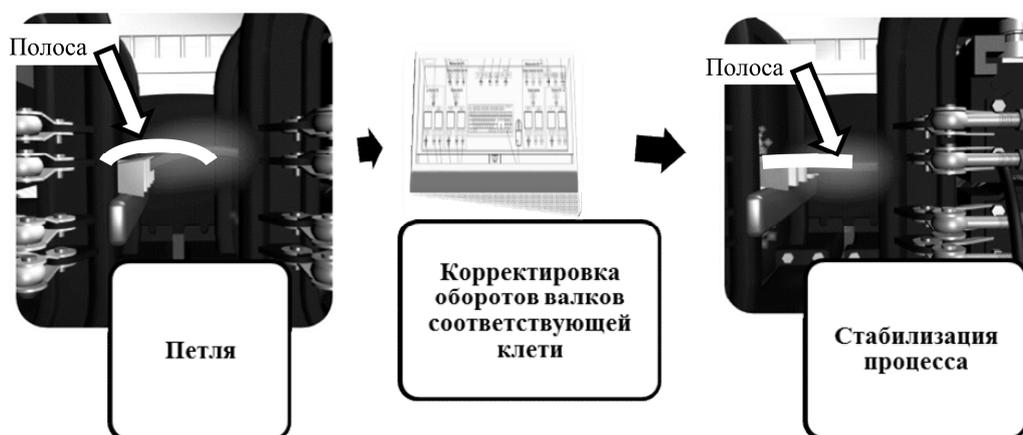


Рис. 8. Работа тренажера оператора

Контрольными заданиями для модулей «тренажер оператора» и «тренажер вальцовщика» являются тестовые формы контроля, настройка клеток на новый профиль, настройка скоростного режима непрерывной прокатки, выполнение действий при забурировании полосы, корректировка режимов при дефектах геометрии и др.

Сервисный модуль предназначен для идентификации пользователя по вводу имени/пароля, защиты от несанкционированного использования, управления системными настройками и учетными записями пользователей, каталогизации результатов обучения и контроля знаний, возможности удаленного контроля и восстановления работоспособности системы, взаимодействия модулей друг с другом.

Учебно-исследовательский тренажер-имитатор имеет модульную структуру и при необходимости или по заданию пользователя легко может расширяться (путем добавления специализированных модулей) как в сторону включения в него новых рабочих мест, новых типов профилей (например, фасон-

ных), нового марочного сортамента, нового оборудования, так и в сторону включения новых знаний в теории и технологии прокатного производства.

Тренажер может быть использован для обучения основам прокатного производства, методам и приемам подготовки, контроля и управления технологическими процессами прокатки на промышленных предприятиях, а также в учебных заведениях высшего и специального образования.

Литература

1. Дубинский, Ф.С. Проектирование и моделирование процессов сортовой прокатки на базе теоретических разработок и современных информационных технологий /Ф.С. Дубинский, А.В. Выдрин, В.Г. Дукмасов и др. // Труды VII Международного конгресса прокатчиков. – М.: Изд-во МОО, 2007. – С. 550–555.

2. Рудской, А.И. Теория и технология прокатного производства: учеб. пособие / А.И. Рудской, В.А. Лунев. – СПб.: Наука, 2005. – 540 с.

Дубинский Феликс Семенович, канд. техн. наук, профессор кафедры машин и технологий обработки материалов давлением, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; dfs38@list.ru.

Соседкова Марина Алексеевна, старший преподаватель кафедры машин и технологий обработки материалов давлением, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; mmak@mail.ru.

Мальцев Павел Анатольевич, ведущий инженер, ОАО «Челябинский металлургический комбинат», г. Челябинск; maltseva@gmail.com.

Поступила в редакцию 11 марта 2015 г.

RESEARCH AND TRAINING SIMULATOR OF SHAPE ROLLING PROCESS

F.S. Dubinskiy, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, dfs38@list.ru,
M.A. Sosedkova, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, mmak@mail.ru,
P.A. Mal'tsev, JSC "Chelyabinsk Metallurgical Plant", Chelyabinsk, Russian Federation,
maltseva@gmail.com

Using a comprehensive multi-level mathematical model of shape rolling and computer-aided design technology a research and training simulator "Shape rolling" was created. The simulator consists of a module for a technology engineer, a module for operator training, a module for on-mill staff, theoretical and technological modules and a service module.

The simulator is designed to learn the basics of production technology of hot rolled products; to familiarize with the design and characteristics of the main technological equipment of rolling mills; to acquire the design skills in rolling technology; to learn how to manage the rolling mill; to simulate and test the emergency situations; to control the knowledge in the field of technology and equipment of rolling production.

The simulator can be used for teaching the basics of rolling production; for monitoring and controlling rolling industrial enterprises. It can also be used in the institutions of higher and professional education.

Keywords: simulators, bar rolling, modeling, computer-aided design, engineer rolling mills, roller, rolling mill operator, management, training.

References

1. Dubinskiy F.S., Vydrin A.V., Dukmasov V.G., Mal'tsev P.A., Sosedkova M.A. [Projecting and Modeling of Section Rolling Processes on the Basis of Theoretic Developments and Modern Information Technologies]. *Trudy VII Mezhdunarodnogo kongressa prokatchikov* [Proceedings of the 7th International Congress of Rollers]. Moscow, MOO Publ., 2007, pp. 550–555. (in Russ.)
2. Rudskoy A.I., Lunev V.A. *Teoriya i tekhnologiya prokatnogo proizvodstva* [Theory and Technology of Rolling]. St. Petersburg, Nauka Publ., 2005. 540 p.

Received 11 March 2015

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Дубинский, Ф.С. Учебно-исследовательский тренажер-имитатор процессов сортовой прокатки / Ф.С. Дубинский, М.А. Соседкова, П.А. Мальцев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 120–125.

REFERENCE TO ARTICLE

Dubinskiy F.S., Sosedkova M.A., Mal'tsev P.A. Research and Training Simulator of Shape Rolling Process. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2015, vol. 15, no. 2, pp. 120–125. (in Russ.)