Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

С.Ю. Саранча
А.Б. Моллер
С.А. Левандовский
Н.А. Тулупова

СНИЖЕНИЕ ВЫПУСКА СОРТОПРОКАТНОЙ ПРОДУКЦИИ НЕЗАКАЗНОЙ ДЛИНЫ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Магнитогорск
2017

УДК 659.2:621.771

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Проректор по учебной работе ФГБОУ ВПО
«Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет), доктор технических наук, профессор
Радионов А.А.

Ведущий специалист по стандартизации, сертификации и координации НСИ ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»,
кандидат технических наук
Логинов А.В.

Снижение выпуска сортопрокатной продукции незаказной длины: учеб. пособие / С.Ю. Саранча, А.Б. Моллер, С.А. Левандовский, Н.А. Тулупова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. 92 с.

Пособие посвящено разработке и внедрению оригинального алгоритма, связывающего вес заготовки, вынужденные производственные потери металла по прокатному переделу, целенаправленную коррекцию межвалкового зазора в чистовой клети стана и конечную длину готового профилеразмера, обеспечивающую кратность раскроя с минимальным остатком «короткого» проката и учетом температурного расширения металла.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программе бакалавриата по направлению «Металлургия» (22.03.02 (150400.62)) при изучении дисциплин: «основы автоматизации технологических процессов ОМД», «основы проектирования цехов ОМД», «основы техники и технологий процессов ОМД», «основы технологии процессов ОМД». Может быть полезно магистрантам, обучающимся по направлению «Металлургия» (22.04.02 (150400.68)), аспирантам (22.06.01), специалистам и инженерам, работающим в областях обработки металлов давлением, а также слушателям программ повышения квалификации и переподготовки кадров промышленных предприятий.

УДК 659.2:621.771

ISBN

© Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
© Саранча Сергей Юрьевич,
© Моллер Александр Борисович,
© Левандовский Сергей Анатольевич,
© Тулупова Наталья Александровна.

СОДЕЖАНИЕ

Введение 5

1. **Оценка доли незаказной длины продукции на стане 370 ОАО «Магнитогорск металлургический комбинат» (ОАО «ММК») и анализ причин ее получения** 8
2. **Обзор решений проблемы раскроя прокатной продукции с применением патентных исследований** 14

2.1. Патентная документация 17

2.2. Научно-техническая, конъюнктурная, нормативная документация и материалы государственной регистрации 31

2.3. Выводы по результату патентного поиска 32

3. **Сокращению выхода продукции незаказной длины на стане 370 сортопрокатного цеха ОАО «ММК»** 33

3.1. Выработка организационных и технологических мероприятий по сокращению выхода продукции незаказной длины 33

3.2. Разработка и опытное опробование программного продукта (ПП) по настройке чистовых клетей 36

4. **Применение алгоритма сокращения количества выхода продукции незаказной длины** 43
5. **Практическое применение разработанного ПП** 45

5.1. Методика решения задач 45

5.2. Варианты для самостоятельной работы 52

Контрольные вопросы 57

Приложение 1. Отчеты по качеству 2007-2010, 2012 59

Приложение 2. Фрагмент листинга ПП 63

Приложение 3. Руководство пользователя ПП 73

Приложение 4. Результаты апробирования ПП 86

Приложение 5. Акт испытаний ПП 89
Приложение 6. Авторское свидетельство на ПП 90
Библиографический список 91

ВВЕДЕНИЕ

В современной промышленности всё большую роль играют информационные технологии (ИТ) и металлургическое производство не исключение. Электронные системы проектирования, моделирования, системы управления производственными потоками, системы контроля и учета производственных ресурсов - всё это является нормой для современной промышленности. Стоит заметить, что современные прокатные станы также оснащены системами моделирования и контроля процесса прокатки, повышающими качество готовой продукции. Без применения ИТ предприятие рискует оказаться неконкурентоспособным, так как не только не сможет обеспечить требуемое качество продукции, быструю реакцию на изменяющийся рынок. К примеру, отлаженная электронная система контроля межвалкового зазора не только существеннее эффективнее ручной механической системы выставления зазора, но и требует для функционирования прокатного стана меньшего количества работников. Данные тенденции повсеместного проникновения ИТ позволяют открывать скрытые резервы предприятия, повышая его эффективность и рентабельность.

Одним из главных вопросов металлургического производства является сокращение количества брака и увеличение выхода годного. Если же посмотреть на сортопрокатный передел, то, на первый взгляд, этот вопрос к данному переделу не относится, так как выход годного равен в среднем около 90-99 % (в зависимости от профиля и прокатного стана). Рассматривая этот вопрос более детально, становится ясно, что при пересчете в денежное выражение каждая десятая часть процента выливается в миллионы рублей в год.

Для примера возьмем крупно-средне-сортный стан с годовой производительностью 500 000 тонн. При выходе годного в 99,0-99,4 % это дает 3000-5000 тонн нетоварной продукции или 60-100 млн рублей (при стоимости одной тонны прутковой сортопрокатной продукции 20 000 рублей), то есть каждая десятая часть процента несет в себе около 10 млн

рублей в год. Таким образом, экономически целесообразно сокращение даже одной десятой процента.

Стоит заметить, что решаемая задача воспринимается двояко, так как затрагивает и выход годного, и количество брака. Здесь следует провести границу между понятиями: если расходы несет прокатный цех, то немерная длина в производстве - это снижение выхода годного, если же расходы ложатся на предприятие, - это брак. В любом случае, вопрос немерной длины остается актуальным как для прокатного цеха, так и для предприятия в целом. Углубляясь дальше в вопрос брака, а именно: в процентное распределение видов брака, обнаруживаем, что более половины имеющегося брака образуется по причине неправильного раскроя. Если построить диаграмму Парето (рис. 1), то становится ясно, что решение вопроса правильного раскроя снизит количество брака более чем на 45 %, то есть большую часть причин, вызывающих брак.

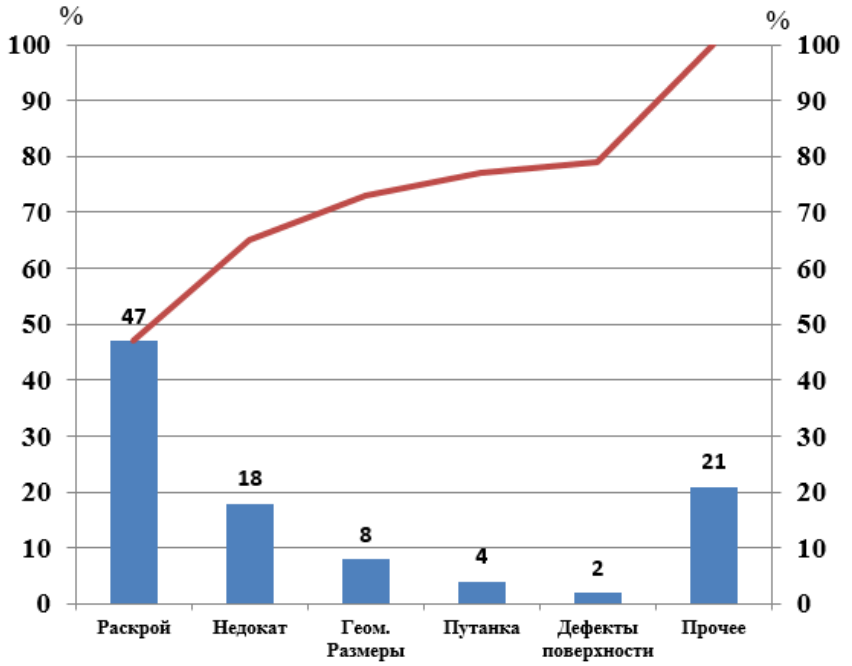


Рис. 1. Диаграмма Парето по видам и группам дефектов СЦ ОАО «ММК» за 2012 год

Таким образом, при неправильном раскрое в сортовом производстве появляется продукция, не соответствующая требованиям заказа по длине. Такая продукция является браком в производстве и называется «незаказная» или немерная длина.

Сокращение потерь металла в виде немерной длины в прокатном переделе, а значит, повышение коэффициента выхода годного является достойным способом повышения эффективности и рентабельности производства.

1. ОЦЕНКА ДОЛИ НЕЗАКАЗНОЙ ДЛИНЫ ПРОДУКЦИИ НА СТАНЕ 370 ОАО «ММК» И АНАЛИЗ ПРИЧИН ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ

Повышение качества металлопродукции является одним из важнейших факторов обеспечения технического прогресса, который осуществляется путем приобретения технологий и оборудования у ведущих зарубежных фирм. В настоящее время сортопрокатное производство ОАО «Магнитогорск металлургический комбинат» (ОАО «ММК») претерпело кардинальную реконструкцию. В 2005-2006 гг. были пущены в строй три новых стана итальянской фирмы DANIELI. Они отличаются высокой производительностью и широким сортаментом и выпускают продукцию высокого качества, способную конкурировать на современном мировом рынке металла.

Металлургическое производство включает в себя большое количество как основных, так и вспомогательных процессов и операций. Одним из главных вопросов производства является сокращение количества брака и увеличение выхода годного.

Все более актуальным становятся вопросы обеспечения выхода максимального количества сортовых полос мерной длины, определяемой условиями заказа, и минимальной технологической обрези переднего и заднего концов раската. Таким образом, при неправильном раскрое в сортовом производстве появляется продукция, не соответствующая требованиям заказа по длине. Такая продукция является браком по «раскрою» или «короткий» и приводит к прямым потерям более 4 млн рублей (стан 370 (рис. 1.1) за 2012 г). Подробная информация о потерях приведена в приложении 1.

Уменьшение потерь металла в прокатном переделе является основным резервом, позволяющим повышать рентабельность продукции.

Решить проблему раскроя могут основные способы:

- бесконечная прокатка - технология непрерывного литья заготовок [1];
- бесконечная прокатка: технология сварки стык в стык (стыкосварки) заготовок [2-4];
- варьирование площади поперечного сечения готовой продукции в пределах допустимых значений;
- варьирование площади поперечного сечения заготовки;
- варьирование длины заготовки [5];
- варьирование длины технологической обрези в пределах допустимых значений.

Бесконечная прокатка непрерывнолитой заготовки устраняет проблему немерной длины. Положительная сторона — непрерывное производство продукции без дефекта «немерная длина». Отрицательная — сложность реализации и дороговизна. В рамках опытно-промышленного производства данная технология используется с 2000 г.

Бесконечная прокатка со стыкосваркой заготовок — весьма распространенный способ производства. Положительная сторона данного подхода — возможность получения "бесконечной" заготовки. Отрицательная — дороговизна, необходимость закупки стыкосварочных агрегатов. Для установки стыкосварочного оборудования необходима практически полная реорганизация прокатного цеха, а это большие затраты. Основной же проблемой технологии стыкосварки является отличие качества сварного шва, что ограничивает сортамент прокатного цеха, так как сварной шов в процессе прокатки раскатывается на большую длину и не обеспечивает ни равномерность химического состава, ни стабильность механических свойств проката.

Варьирование длины заготовки не требует каких-либо кардинальных изменений технологии производства, но требует колоссальной реор-

ганизации управления производством и стратегии предприятия в целом, так как при таком подходе производство непрерывнолитых заготовок должно исходить из имеющихся заказов, подстраивая параметры литья под конкретный профиль. Выбирают длины заготовок из расчета получения наименьшего немерного остатка. Варьируя длину заготовки, можно сократить выход немерной продукции. Обратной стороной данной технологии является обязательное требование высокой культуры производства: регламентные работы, жесткое соблюдение технологии, тотальный контроль. В России решение этой задачи весьма затратно и неэффективно: опыт внедрения Total Quality Managment, а также сертификация ISO показывают, что в стране нет проработанных эффективных инструментов, которые позволили бы достичь высокой культуры производства.

Способ варьирования длины технологической обрези в пределах допустимых значений интересен тем, что фактически не требует закупки нового оборудования. Для его реализации необходим online контроль обрези. Но так как диапазон допустимых значений обрези невелик, то можно сократить немеру, а не свести ее к минимуму. Также следует заметить, что существенную сложность создает учет текущего износа валков, без которого эффективность применения данного способа будет низкой.

Способ варьирования площади поперечного сечения заготовки весьма интересен, но регулировать площадь поперечного сечения при разливке на МНЛЗ можно лишь сменой кристаллизатора, что затратно и трудоемко. Технология варьирования площади поперечного сечения готовой продукции в пределах допустимых значений не требует какого-либо глубокого вмешательства в технологию производства. Варьирование площади идет в пределах допустимых значений. Варьируя межвалковый зазор, а значит, и площадь поперечного сечения готовой продукции, можно минимизировать длину немерного остатка. Увеличение площади

поперечного сечения готовой продукции выгодно при отгрузке продукции по фактической массе, а уменьшение площади поперечного сечения позволяет увеличить количество прутков, что выгодно при отгрузке по теоретической массе и количеству прутков.

Анализируя данные способы, можно прийти к выводу, что без применения ИТ их реализация невозможна или затруднительна. Более того, именно ИТ зачастую позволяют найти решение той или иной задачи, открывая скрытый резерв современного производства (примером может служить технология варьирования площади поперечного сечения готовой продукции в пределах допустимых значений).

Наиболее рациональным решением является способ варьирования площади поперечного сечения готовой продукции в пределах допустимых значений, так как его внедрение не требует значительных изменений конструкции и режима работы стана.

При подробном рассмотрении возможности варьирования площади поперечного сечения готовой продукции выяснено, что плюсовые и минусовые допуски [7-13] позволяют корректировать площадь поперечного сечения готовой продукции в достаточно широком диапазоне, удовлетворяя требования заказчика и нормативной документации (рис. 1.2).

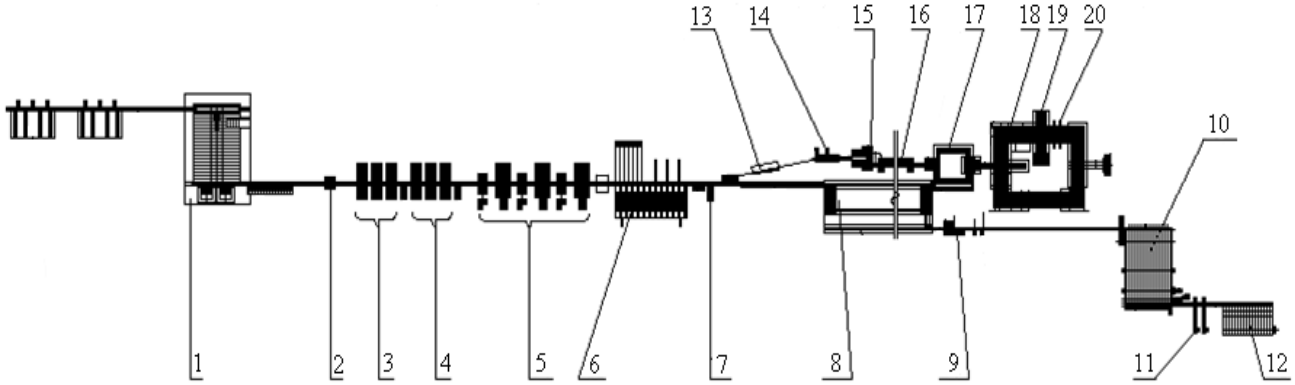


Рис. 1.1. Схема расположения оборудования стана 370 ОАО «ММК» [6]

1 – нагревательная печь; 2 – гидросбив окалины; 3 – черновая группа клетей; 4 – промежуточная группа клетей; 5 – чистовая группа клетей; 6 – линия водяного охлаждения; 7 – делительные ножницы;; 8 – холодильник; 9 – ножницы холодной резки; 10 – цепной шлеппер подготовки партий проката; 11 – машины обвязки пачек проката; 12 – накопительный шлеппер с платформой для взвешивания; 13 – линия водяного охлаждения; 14 – ротационные ножницы; 15 – моталки с разгрузочным устройством; 16 – конвейер охлаждения бунтов; 17 – конвейер с паллетами; 18 – крюковой конвейер; 19 – машина обвязки и уплотнения бунтов; 20 – платформа для взвешивания

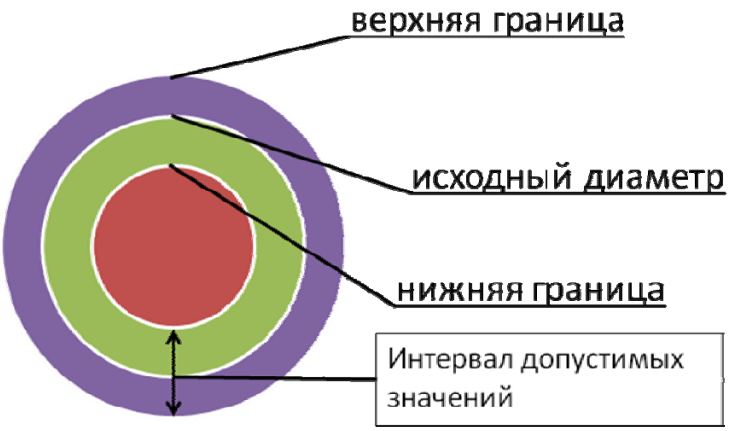


Рис. 1.2. Варьирование площади поперечного сечения готовой продукции на примере круглого профиля

Из закона постоянства объемов и массы следует, что с учётом потери металла в окалину и обрезь после черновой и промежуточной групп клетей масса является ориентиром для определения действительной конечной длины прокатываемого профиля. На основании предложенных рассуждений и исходя из производственных условий контроля и коррекции технологических показателей работы прокатного стана следует составить алгоритм целенаправленного подбора размеров и площади поперечного сечения готовой продукции в прутках.

2. ОБЗОР РЕШЕНИЙ ПРОБЛЕМЫ РАСКРОЯ ПРОКАТНОЙ ПРОДУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью обзора существующих решений вопроса раскроя прокатной продукции проводился патентный поиск, объектом которого являлись технологические режимы прокатки и организационные решения, обеспечивающие снижение выхода продукции незаказной длины, безаварийность и эффективность технологического процесса. Данный обзор проводился как основание для научно-исследовательской работы (НИР).

Областью применения результатов этой работы является технология прокатки при производстве продукции на сортопрокатных станах в прутках.

Выполняемая НИР была направлена на снижение доли продукции незаказной длины за счёт коррекции межвалкового зазора чистовой группы клетей стана 370 в пределах, нормируемых полем допуска с учетом класса точности размеров готовой продукции.

Результатом работы является программный продукт, выполняющий функцию определения итоговой подстройки чистовых клетей.

Организационные и технологические мероприятия и решения позволят обеспечить сокращение выхода продукции незаказной длины на стане 370 СЦ не менее, чем на 50%. Выполняемая НИР имеет узкую направленность и ее результаты будут применимы исключительно к мелкосортному стану 370 ОАО "ММК".

Цель патентного поиска: определение уровня техники с целью выявления особенностей существующих систем раскроя и порезки сортового проката.

Согласно регламенту поиска необходимо определение особенностей существующих систем раскроя и порезки сортового проката. Для этого анализировали патентный и литературные документы стран: СССР, РФ, США, Великобритания, Германия, Франция, Япония, Китай. Рассматривали: официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели»; описание изобретений к авторским свидетельствам СССР и патентам РФ; реферативный журнал «Изобретения стран мира» по классификационным рубрикам МПК: B23D15/00, B23D23/00, B23D25/00, B23D45/00, B23D47/00. Из научно технических источников были выбраны для обзора: труды конгрессов прокатчиков; журналы: «Сталь», «Производство проката», «Черные металлы», «Черная металлургия»: Бюллетень научно-технической и экономической информации, «Вестник машиностроения», «Металлург». Реферативный журнал ВИНИТИ серии «Металлургия» (рубрики УДК: 621.771.074, 621.771.07, 621.771.2, 621.771).

Патентный поиск осуществлен на глубину 50 лет, поиск научно-технической информации -15 лет (таблица 2.1-2.3). Такой поиск позволяет определить особенности существующих систем раскроя и порезки сортового проката (на момент выполнения НИР и ОКР). Патентный поиск по зарубежной информации выполнен не в полном объеме, так как в массиве информации имеются пробелы с 1992 по 2000 гг.

Таблица 2.1

Источники информации для патентного поиска

Источники информации, по которым будет проводиться поиск				Ретроспективность	Наименование информационной базы (фонда)
конъюнктурные		другие			
Наименование	Код товара ГС, СМТК, БТН	Наименование	Классификационные индексы		
В рамках темы не предусмотрен				Патентная информация - 50 лет, научно-техническая информация – 15 лет.	Патентный фонд МГТУ, библиотека МГТУ, НТБ ОАО «ММК», Интернет

2.1. Патентная документация

Таблица 2.2

Материалы, отобранные для последующего анализа

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа. Классификационный индекс	Заявитель (патентообладатель), страна. Номер заявки, дата приоритета, конвенционный приоритет, дата публикации	Название изобретения (полезной модели, образца)	Сведения о действии охранного документа или причина его аннулирования (только для анализа патентной чистоты)
1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент РФ № 2105641 B23D15/04	Сибирская государственная горно-металлургическая академия 96101983/02, 01.02.1996 Опубликовано: 27.02.1998	Способ резки прокатных заготовок	
	Патент РФ № 2110372 B23D15/02	Открытое акционерное общество "Уральский завод тяжелого машиностроения" 96108173/02, 25.04.1996 Опубликовано: 10.05.1998	Ножницы для резки проката	
	Патент РФ № 2118235 B23D15/02	Открытое акционерное общество "Уральский завод тяжелого машиностроения" 97110740/02, 25.06.1997 Опубликовано: 27.08.1998	Ножницы для резки проката	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент РФ (полезная модель) № 21753 B23D15/00	Открытое акционерное общество "Армавирский механический завод" 2001116056/20, 09.06.2001 Опубликовано: 20.02.2002	Установка для резки листового и профильного материала	
	Патент РФ (полезная модель) № 26989 B23D15/00	Общество с ограниченной ответственностью "Машстройконструкция" 2002123762/20, 28.08.2002 Опубликовано: 10.01.2003	Ножницы для резки проката	
	Патент РФ (полезная модель)	Общество с ограниченной ответственностью "Машстройконструкция" 2002123763/20, 28.08.2002 Опубликовано: 10.01.2003	Ножницы для резки проката	
	Патент РФ (полезная модель) № 28062 B23D15/14	Общество с ограниченной ответственностью "Машстройконструкция" 2002128254/20, 18.10.2002 Опубликовано: 10.03.2003	Гидравлическое устройство для резки арматурной стали	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент РФ № 2203783 B 23 D 25/08	Воронежский государственный технический университет 2001101285/02, 12.01.2001 Опубликовано: 0.05.2003	Ножницы для резки проката	
	Патент РФ № 2207941 B23D45/22	ЗАО "Прочность" 2000114491/02, 08.06.2000 Опубликовано: 0.07.2003	Летучая кривошипная пила для резки труб и проката	
	Патент РФ № 2207941 B23D45/22	ЗАО "Прочность" 2000114491/02, 08.06.2000 Опубликовано: 0.07.2003	Летучая кривошипная пила для резки труб и проката	
	Патент РФ № 2203783 B 23 D 25/08	Воронежский государственный технический университет 2001101285/02, 12.01.2001 Опубликовано: 0.05.2003	Ножницы для резки проката	
	Патент РФ № 2207941 B23D45/22	ЗАО "Прочность" 2000114491/02, 08.06.2000 Опубликовано: 0.07.2003	Летучая кривошипная пила для резки труб и проката	
	Патент РФ № 2207941 B23D45/22	ЗАО "Прочность" 2000114491/02, 08.06.2000 Опубликовано: 0.07.2003	Летучая кривошипная пила для резки труб и проката	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент РФ № 2220825 B23D45/10	ЗАО "Научно-производственное предприятие "Машпром" 2002116330/02, 17.06.2002 Опубликовано: 0.01.2004	Устройство для разрезания длинномерной заготовки	
	Патент РФ № 2232067 B23D25/02	Хегай Олег Николаевич (RU) 2003115091/02, 12.05.2003 Опубликовано: 0.07.2004	Устройство для резки проволоки на заготовки	
	Патент РФ (полезная модель) № 43484 B23D15/00	ОАО "Уральская кузница" (RU), ГОУ ВПО "Южно-Уральский государственный университет" (ЮУрГУ) (RU) 2004129103/22, 01.10.2004 Опубликовано: 7.01.2005	Ножницы для резки заготовок круглого сечения	
	Патент РФ (полезная модель) № 44565 B23D15/00	ОАО "Уральская кузница" (RU), ГОУ ВПО "Южно-Уральский государственный университет" (ЮУрГУ) (RU) 2004131711/22, 01.11.2004 Опубликовано: 7.03.2005	Ножницы для резки заготовок круглого сечения	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент РФ № 2253531 B 23 D 25/02	Максютов Юрий Васильевич (RU) 2003135438/02 28.11.2003 Опубликовано: 10.06.2005	Устройство для подачи и резки проволоки, прутков, ленты и других подобных материалов	
	Патент РФ (полезная модель) № 46449 B23D15/00	ОАО "Астраханский станкостроительный завод" (RU) 2005106042/22, 03.03.2005 Опубликовано: 10.07.2005	Станок для резки проката	
	Патент РФ (полезная модель) № 47790 B23D15/04	ОАО "Долина" (RU) 2005105256/22, 24.02.2005 Опубликовано: 10.09.2005	Ножницы для резки проката	
	Патент РФ № 2271900 B23D15/02	ГОУ ВПО "Южно-Уральский государственный университет" (RU) 2004122156/02, 19.07.2004 Опубликовано: 20.03.2006	Устройство для резки заготовок круглого сечения	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент РФ № 2274520 B23D15/02	ГОУ ВПО "Южно-Уральский государ-ственный университет" (RU) 2004129191/02, 04.10.2004 Опубликова-но: 20.04.2006	Устройство для резки заготовок круглого сечения	
	Патент РФ № 2277033 B23D15/02	ГОУ ВПО "Южно-Уральский государ-ственный университет" (RU) 2004137787/02, 23.12.2004 Опубликова-но: 27.05.2006	Устройство для резки заготовок круглого сечения	
	Патент РФ № 2279952 B23D15/02	ГОУ ВПО "Южно-Уральский государ-ственный университет" (RU) 2005109209/02, 30.03.2005 Опубликова-но: 20.07.2006	Устройство для резки заготовок круглого сечения	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент РФ № 2279953 B23D15/02	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Уральский государственный университет" (RU) 2005109210/02, 30.03.2005 Опубликовано: 20.07.2006	Устройство для резки заготовок круглого сечения	
	Патент РФ № 2283732 B23D15/02	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Уральский государственный университет" (RU) 2005123270/02, 21.07.2005 Опубликовано: 20.09.2006	Ножницы для резки заготовок круглого сечения	
	Патент РФ № 2286864 B23D25/12	ЗАО "Ново-Краматорский машиностроительный завод" (UA) 2002105403/02, 04.03.2002 Опубликовано: 0.11.2006	Летучие барабанные ножницы	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
	Патент РФ № 2290281 B23D15/02	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Уральский государственный университет" (RU) 2005119351/02, 21.06.2005 Опубликовано: 7.12.2006	Ножницы для резки заготовок круглого сечения	
	Патент РФ № 2293628 B23D25/08	ЗАО "Ново-Краматорский машиностроительный завод" (UA) 2002123982/02, 09.09.2002 Опубликовано: 0.02.2007	Летучие ножницы	
	Патент РФ (полезная модель) № 69436 B23D15/00	ОАО "Астраханский станкостроительный завод" (RU) 2007126691/22, 12.07.2007 Опубликовано: 7.12.2007	Станок для резки проката	
	Патент РФ № 2333079 B23D15/00	ОАО "Северсталь" (ОАО "Северсталь") (RU) 2006135023/02, 03.10.2006 Опубликовано: 10.09.2008	Комплект ножей ножниц холодной резки проката	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент РФ № 2343045 B 23 D 25/00	Валягин Андрей Дмитриевич (RU) 2006147396/02 28.12.2006 Опубликовано: 10.01.2009	Способ приведения в импульсное движение ножа в устройстве для рубки движущегося материала, способ импульсной рубки движущегося материала, ножевая траверса и устройство для импульсной рубки движущегося материала	
	Патент РФ (полезная модель) № 79820 B23D45/00	Шкурченко Константин Викторович (UA) 2008122246/22, 04.06.2008 Опубликовано: 20.01.2009	Станок абразивно-отрезной	
	Патент РФ (полезная модель) № 79821 B23D45/00	Шкурченко Константин Викторович (UA) 2008122247/22, 04.06.2008 Опубликовано: 20.01.2009	Станок абразивно-отрезной	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент РФ (полезная модель) № 80664 B23D45/04	Шкурченко Константин Викторович (UA) 2008122248/22, 04.06.2008 Опубликовано: 20.02.2009	Станок абразивно-отрезной	
	Патент РФ (полезная модель) № 82437 B23D15/04	Открытое акционерное общество "Долина" (RU) 2008150957/22, 22.12.2008 Опубликовано: 27.04.2009	Сортовые ножницы	
	Патент РФ № 91912 B23D 47/04	Киселёв Александр Петрович и Киселёва Анна Александровна(RU) 2009137949/22, 13.10.2009 Опубликовано: 10.03.2010	Устройство отрезного станка	
	Патент РФ (полезная модель) № 91911 B23D15/00	Открытое акционерное общество "Западно-Сибирский металлургический комбинат" (ОАО "ЗСМК") (RU) 2009140419/22, 02.11.2009 Опубликовано: 10.03.2010	Устройство для резки проката	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент РФ (полезная модель) № 100935 B23D25/00	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет" (RU) 2010127993/02, 06.07.2010 Опубликовано: 10.01.2011	Устройство для резки на заданные длины движущегося длинномерного материала	
	Патент РФ № 2429951 B23D47/12	Закрытое акционерное общество "ИНКОМ-МЕТ" (RU) 2010112645/02, 01.04.2010 Опубликовано: 7.09.2011	Пила для резки проката	
	Патент РФ (полезная модель) № 116390 B23D15/02	ФГБОУ ВПО "ЮУрГУ" (НИУ) (RU) 2011150580/02, 12.12.2011 Опубликовано: 7.05.2012	Ножницы для резки заготовок круглого сечения	
	Патент РФ № 2478458 B23D 47/02	МАКИТА КОРПОРЕЙШН (JP) 2011120803/02, 23.05.2011, 24.05.2010 JP 2010-118068 Опубликовано: 10.04.2013	Режущие инструменты	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент Японии JP2011175907 B23D25/00	Fujikuraltd JP2010003997 3 25.02.2010 Опубликовано: 08.09.2011	Устройство для резки и сортировки проволоки	
	ПатентЯпонии JP2005081466 B23D25/00	Hitachi metals ltd JP2003031413 4 05.09.2003 Опубликовано: 31.03.2005	Способ и устройство для резки тонкой проволоки	
	Патент Японии JPH11277489 B23D25/00	ItoSeisakusho JP1998008675 3 31.03.1998 Опубликовано: 12.10.1999	Станок для рез-ки	
	Патент Китая CN201565661 B23D25/02	Tianjin best joiner electromechanical Advanced Science & Technology co ltd CN200922516 80U 14.12.2009 Опубликовано: 01.09.2010	Летучие ножницы	
	Патент Китая CN2905287 B23D25/02	Gaodecheng [CN] CN200628302 8U 13.04.2006 Опубликовано: 30.05.2007	Устройство для резки заготовок круглого сече-ния	
	Патент Китая CN101053912 B23D25/02	Gaodecheng [CN] CN200614365 3 13.04.2006 Опубликовано: 17.10.2007	Устройство для резки заготовок круглого сече-ния	

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент Китая CN202263769 B23D25/08	XI an aero engine group electrome-chanical pet-rochemical equipment co LTD CN20112424934U 31.10.2011 Опубликовано: 06.06.2012	Высокоскоростные летучие ножницы для проволочного стана	
	Патент Китая CN202010816 B23D25/08	Tianjin boji electrome-chanical high tech co ltd CN201121302 14U 28.04.2011 Опубликовано: 19.10.2011	Летучие ножницы	
	Патент ВОИС WO2013060554 B23D15/12	Siemens vai metals tech gmbh [AT] WO2012EP69429 02.10.2012 Опубликовано: 02.05.2013	Барабанные ножницы	
	Патент Китая CN202527771 B23D25/12	Zhengzhou res in-stmecheng CN201226264 5U 24.02.2012 Опубликовано: 14.11.2012	Летучие ножницы для резки лент и проволоки	

Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4	5
Устройство и способ раскроя сортового проката	Патент Японии JP2012101263 B23D23/00	AsahiSunac-corp JP20100253396 12.11.2010 Опубликовано: 31.05.2012	Устройство для резкикатанки	
	Патент Японии JP2012055900 B23D23/00	AsahiSunac-corp JP20100198670 06.09.2010 Опубликовано: 22.03.2012	Устройство для резки проволоки	
	Патент Японии JP2012228752 B23D23/00	Toyo Kensetsu KOKI KK JP20110098572 26.04.2011 Опубликовано: 22.11.2012	Устройство для резки арматуры	
	Патент Китая CN101559462 B23D15/04	Cabr technology co ltd [CN] CN200911030341 31.03.2009 Опубликовано: 21.10.2009	Способ и устройство для резки стальных прутков (арматуры)	

2.2. Научно-техническая, конъюнктурная, нормативная документация и материалы государственной регистрации

Таблица 2.3

Предмет поиска	Наименование источника информации с указанием страницы источника	Автор, фирма (держатель) технической документации	Год, место и орган издания (утверждения, депонирования источника)
1	2	3	4
Устройство и способ раскроя сортового проката	Модернизация механизма привода ножей двухпарных дисковых ножниц. Производство проката 2007.-9.-С.45-47.	Плахтин В.Д., Саков А.Н., Пантюшин Б.Д.	2007, Москва
	Синтез технологических компоновок многономенклатурного агрегатного металлорежущего оборудования. Вестник машиностроения 2004.-1.-С.53-57.	Карпусь В.Е.	2004, Москва, Изд-во «Машиностроение»
	Инструментальное обеспечение высокоскоростной обработки резанием. Вестник машиностроения 2005.-9.-С.46-50.	Кузин В.В., Досько С.И., Попов В.Ф., Фёдоров С.Ю., Фёдоров М.Ю.	2005, Москва, Изд-во «Машиностроение»
	Выбор формы режущей части инструмента. Вестник машиностроения 2007.-8.-С.58-59.	Пухальский В.А.	2007, Москва, Изд-во «Машиностроение»

Окончание таблицы 2.3

1	2	3	4
Устройство и способ раскроя сортового проката	Варианты процесса предварительного ориентирования режущей части инструмента. Вестник машиностроения 2008.-11.-С.43-45.	Пухальский В.А.	2008, Москва, Изд-во «Машиностроение»
	Исследование возможности обеспечения бездефектного реза рессорных полос на ножницах холодной резки стана 450 ОАО «ММК». Труды Восьмого конгресса прокатчиков (Магнитогорск, 11-15 октября 2010 г.) С.321-324.	Назаров Д.В., Бодяев Ю.А., Ушаков С.Н., Дзюба А.Ю., Бондаренко А.В, Симаков Ю.В., Новицкий Р.В.	2010, Магнитогорск

2.3. Выводы по результату патентного поиска

В соответствии с первым разделом календарного плана патентного поиска был произведен поиск информации. Запланированный регламент поиска выполнен в полном объёме. Однако патентный поиск по зарубежной информации выполнен не в полном объеме, так как в массиве информации имеются пробелы с 1992 по 2000 гг. Результаты патентно-информационного исследования позволяют сделать вывод, что устройства и способы раскроя сортового проката являются общеизвестными. Каких-либо конструктивных изменений в процессе выполнения НИР не предлагалось, в связи с чем подачи заявки на изобретение и полезную модель не было.

Проведённый анализ перечня, содержащего описание программных продуктов на глубину 10 лет показал, что за этот период разработок программного обеспечения аналогичного назначения зарегистрировано не было. Поэтому в процессе выполнениях НИР сформирована информация и подготовлены документы на регистрацию программного продукта.

3. СОКРАЩЕНИЮ ВЫХОДА ПРОДУКЦИИ НЕЗАКАЗНОЙ ДЛИНЫ НА СТАНЕ 370 СОРТОПРОКАТНОГО ЦЕХА ОАО «ММК»

3.1. Выработка организационных и технологических мероприятий по сокращению выхода продукции незаказной длины

На первом этапе изучения проблемы немерной длины было выявлено и обосновано, что наиболее рациональным решением снижения доли незаказной длины является способ варьирования площади поперечного сечения готовой продукции в диапазоне, удовлетворяющем требования заказчика и нормативной документации (см. рис. 1.2).

На входе в алгоритм (рис. 3.1), решающий основной вопрос повышения качества эффективности раскроя мерной продукции, основными параметрами являются следующие [15 - 17]:

- масса заготовки, кг;
- обрезь после 6-й клети, мм;
- обрезь после 12-й клети, мм;
- обрезь переднего конца после холодильника, мм;
- обрезь заднего конца после холодильника, мм;
- наличие ТМО;
- тип профиля;
- заказная длина;
- размерность профиля;
- класс точности.

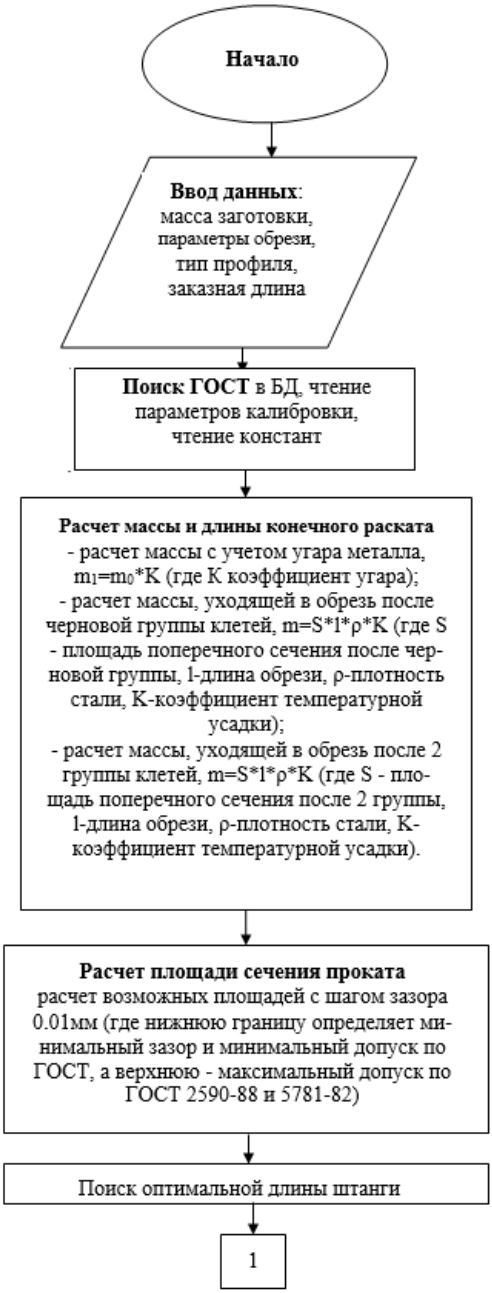
Дополнительные входные параметры:

- угар, %;
- плотность стали, кг/м^3;
- коэффициент температурной усадки;
- коэффициент температурной усадки с ТМО;
- длина холодильника, мм;
- немерный остаток, мм;

- допуски ножниц (обрезь после 6-й, 12-й клетей, после холодильника).

Входные данные:

- масса заготовки, кг;
- параметры обрези;
- тип профиля;
- заказная длина;
- параметры калибровки;
- константы.



Выходные данные:
- длина штанги, мм;
- количество прутков;
- межвалковый зазор, мм;
- диаметр профиля, мм;
- немерный остаток, мм;
- общая длина раската.

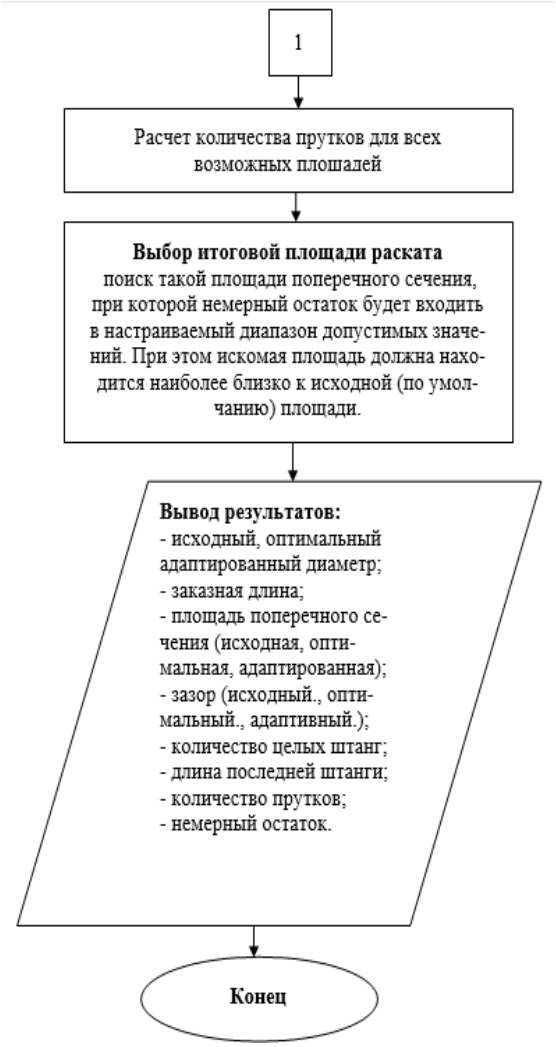


Рис. 3.1. Алгоритм целенаправленного подбора размеров и площади поперечного сечения готовой продукции в прутках

В алгоритме присутствует база данных (БД), в которой хранятся данные по допускам для каждого профиля согласно нормативной и технической документации (НД). Таким образом, размерность готового

профиля на выходе из стана однозначно соответствует требованиям НД [18-22].

3.2. Разработка и опытное опробование программного продукта по настройке чистовых клетей

В соответствие с разработанным алгоритмом (см. рис. 3.1) создан и успешно опробован программный продукт «Оптимизация алгоритма раскроя для стана 370» по настройке чистовых клетей. Фрагмент листинга программы содержится в приложении 2.

Системные требования к использованию программного продукта: ОС Windows XP\Vista\7\8 (x86\x86-64), наличие установленных MS Office 2003 или выше (Word, Excel) и MS NET.Framework 2.0. Инсталляция: не требуется.

Запуск происходит путем двойного нажатия левой кнопки мыши по файлу s370.exe (рис. 3.2).

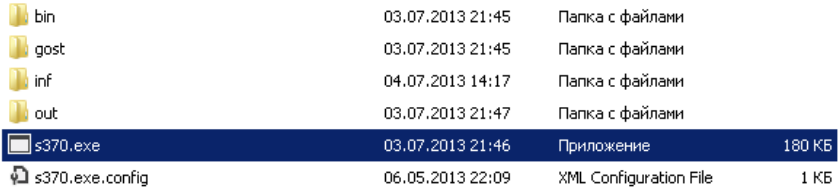


Рис. 3.2. Запуск программного обеспечения s370

Для общего понимания процедуры работы с программой далее приведены примеры пользовательского интерфейса (рис. 3.3 – 3.9).

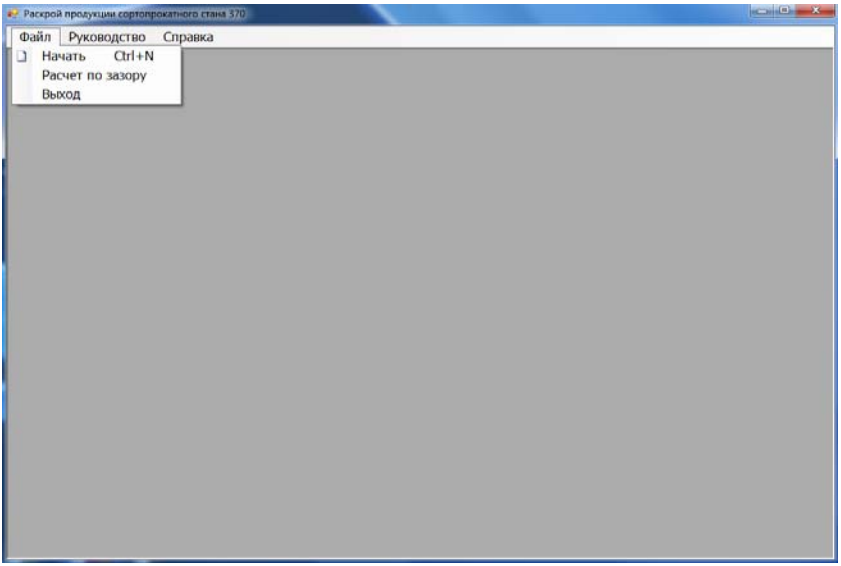


Рис. 3.3. Начало работы с программой

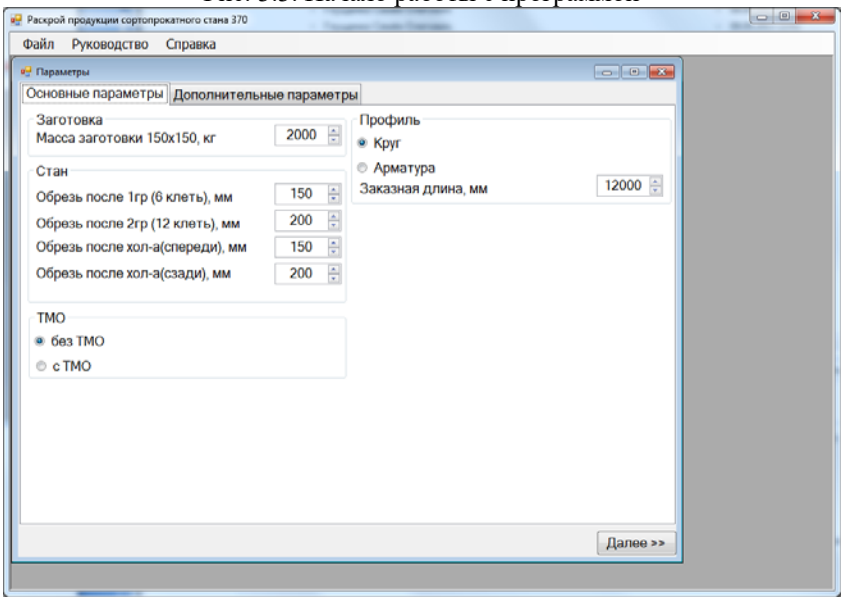


Рис. 3.4. Ввод основных параметров для расчета

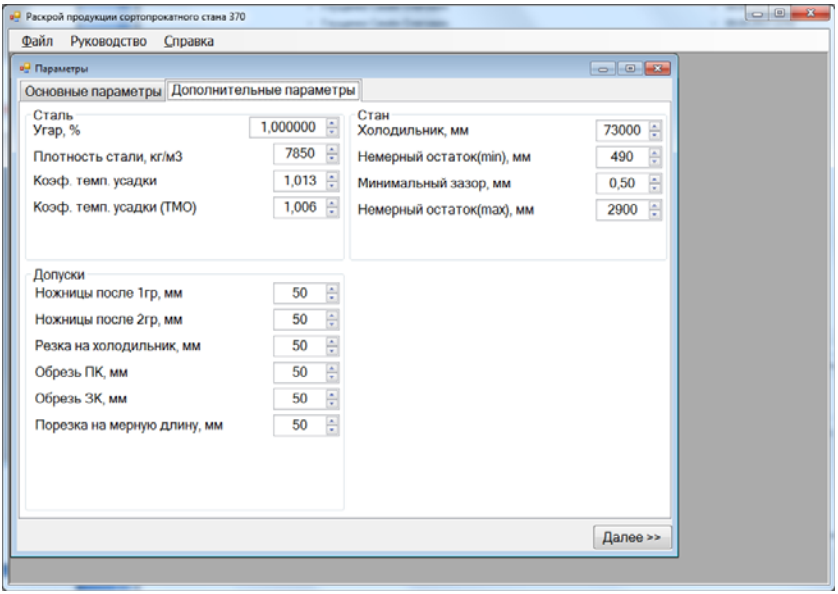


Рис. 3.5. Ввод дополнительных параметров для расчета

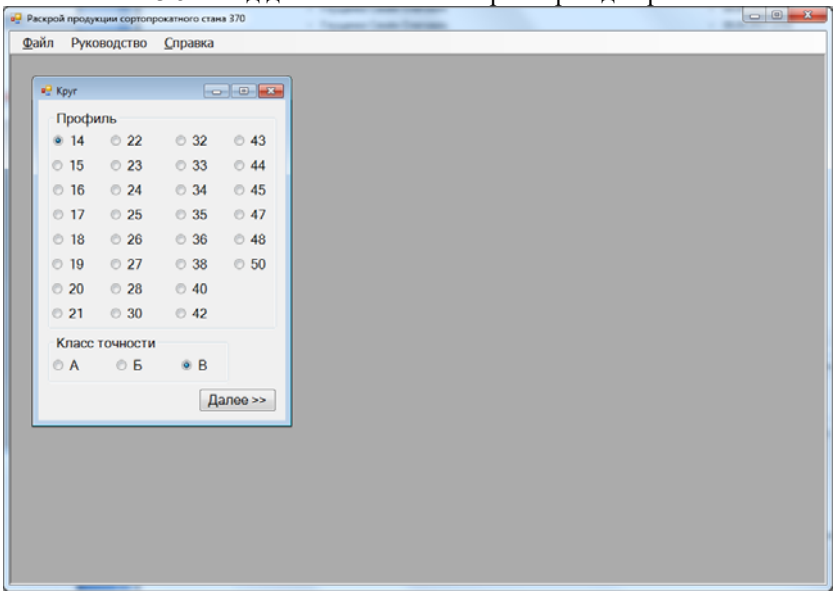


Рис. 3.6. Выбор размера профиля и класса точности продукции

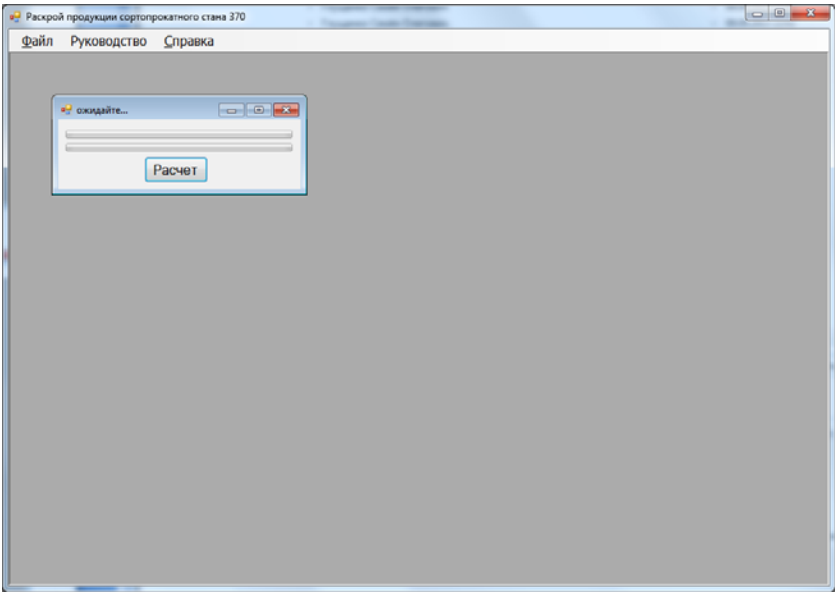


Рис. 3.7. Экран расчёта выходных параметров

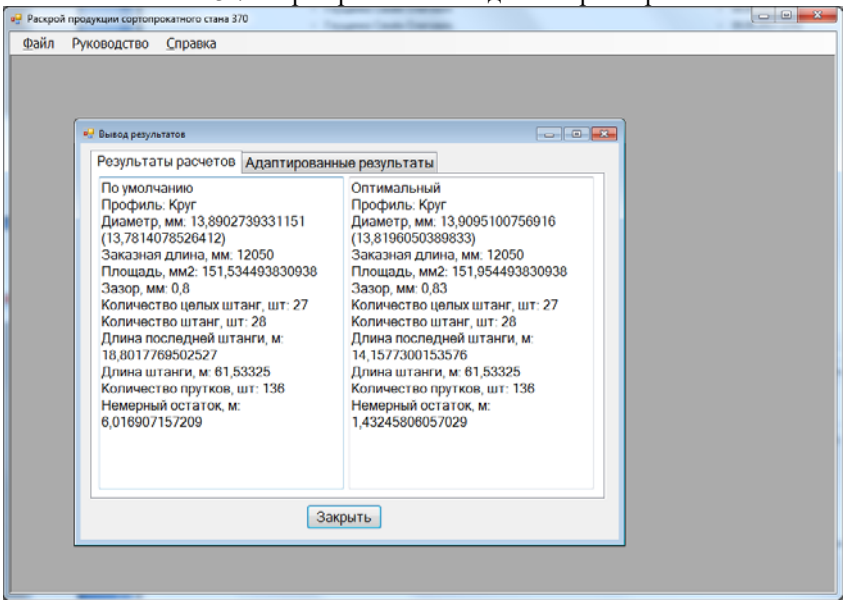


Рис. 3.8. Вывод основных параметров расчета

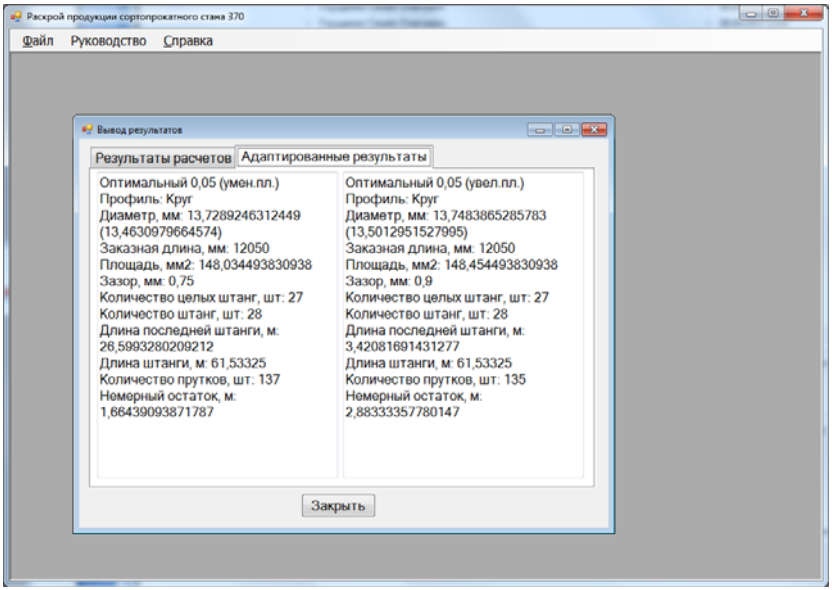


Рис. 3.9. Просмотр рекомендуемых результатов настройки чистовой клети с фиксированным шагом изменения межвалкового зазора 0,5 мм

Для полновесного и эффективного применения программного продукта был разработан и интегрирован в исполнительный файл программы проект руководства пользователя (приложение 3) раздел меню – «Руководство» и справочная информация (ГОСТ 2590-88 и ГОСТ 5781-82) раздел меню – «Справка».

С целью проверки адекватности работы программного продукта была разработана и согласована с руководством стана 370 ОАО «ММК» форма таблицы сохранения и анализа данных.

За время апробации программного продукта в целом были проведены замеры для 26 профилеразмеров арматурного и круглого проката марок стали А500, 25Г2С, 35ГС (приложение 4). Данные, представленные в таблице, демонстрируют адекватную работу модели, лежащей в основе созданного программного продукта.

Таблица 3

Опробование программного продукта раскроя раската на стане 370

Профиль, марка стали	Заказная длина, мм	Масса заготовки, кг	Число итоговых мерных резов		Немерный остаток, мм		Межвалковый зазор в последней клети, мм		Тоннаж в калибре, т
			по факту	по модели	перед холодильником	по модели	по факту	по модели	

По результатам работы производственной эксплуатации программного продукта в режиме «Советчика» подготовлен пакет документов для оформления заявки на регистрацию ПП версия 0.0.2.4 «Оптимизация алгоритмов раскроя для стана 370 ОАО "ММК"». Далее приведена реферативная информация к программному продукту. Получено авторское свидетельство (приложение 6).

Информация о программном продукте

Авторы: Моллер А.Б., Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Кинзин Д.И.

Программа: Оптимизация алгоритмов раскроя для стана 370 ОАО "ММК"

Аннотация: Программа предназначена для определения оптимальной площади поперечного сечения с целью увеличения выхода годного готовой продукции, увеличения кратности раскроя, а также снижения «незаказной длины» в сортовом производстве. Областью применения данной программы являются сортовой стан 370 ОАО "ММК".

Программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- нахождение оптимальной площади поперечного сечения готовой продукции;
- нахождение оптимальной кратности раскроя;
- нахождение оптимальной длины на холодильник;
- расчет массы годной продукции;
- расчет коэффициента выхода годного;
- расчет кратностей раскроя при минимальных, максимальных допусках, а также кратности при прокатке по умолчанию;
- расчет межвалкового зазора в последней клети.

Тип ЭВМ**:** IBM PC.

Язык**:** Visual Basic.NET.

Операционная Система**:** MS Windows XP/Vista/7/8/8.1/10.

Объём программы**:** 4.5 Мб.

4. ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА СОКРАЩЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВЫХОДА ПРОДУКЦИИ НЕЗАКАЗНОЙ ДЛИНЫ

1 Причины появления дефекта «короткий» при раскрое:

- применение единой универсальной заготовки для всего профильного сортамента стана;
- нестабильность толщины и высоты размеров заготовки по длине, а также её переменные ромбовидность и масса;
- отсутствие системы оперативной подстройки прокатного стана, направленной на снижение количества брака по раскрою;

2 Наиболее рациональным решением организации раскроя с минимальными потерями готового проката является способ варьирования площади поперечного сечения готовой продукции.

3 Разработан алгоритм, связывающий вес заготовки, вынужденные производственные потери металла по прокатному переделу, целенаправленную коррекцию межвалкового зазора в чистовой клети стана и конечную длину готового профилеразмера, обеспечивающую кратность раскроя с минимальным остатком «короткого» проката и учетом температурного расширения металла.

4 Создан, успешно опробован и доработан с учетом замечаний программный продукт «Оптимизация алгоритма раскроя для стана 370» (до версии 0.0.2.4.) по настройке чистовых клетей, позволяющий учитывать ограничения шага изменения межвалкового зазора, а также реализовывать вариант расчёта с директивной установкой этого зазора. По результатам применения программного продукта на стане 370 в период ав-

густ-сентябрь 2013 г. оформлен акт испытаний (приложение 5). В результате проработки вопроса интеграции программного продукта в АСУТП стана 370 СЦ ОАО «ММК» принято решение применения программного продукта для установления на посту №1 стана 370 СЦ в режиме «советчика».

5 Руководство пользователя и справочная информация (ГОСТ 2590-88 и ГОСТ 5781-82) интегрированы в исполнительный файл программного продукта.

5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТАННОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

5.1. Методика решения задач

Для решения задачи оптимального раскроя необходимо понимать, что масса готовой продукции условно равна массе заготовки (с учетом коэффициента угара и технологической обрези). Из закона постоянства объема следует, что изменяя площадь поперечного сечения готовой продукции, можно изменить и конечную длину раската, а, следовательно, и немерного остатка.

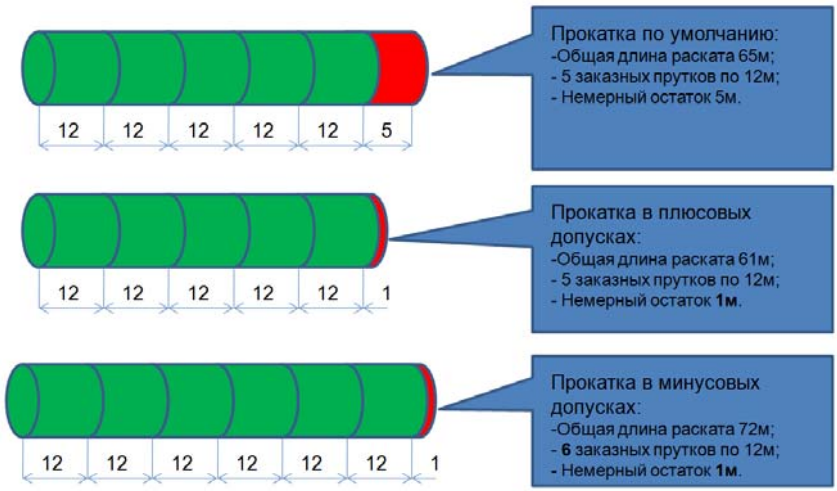


Рис. 5.1. Пример управления немерной длиной

Как можно заметить, увеличение площади поперечного сечения готовой продукции с помощью увеличения межвалкового зазора в последней клети снижает общую длину раската, а, следовательно, и длину немерного остатка, переводя его массу в массу готовой продукции. Уменьшение площади поперечного сечения готовой продукции увеличивает длину раската, что приводит к увеличению количества заказных

прутков. Таким образом, снизить длину немерного остатка можно как с помощью уменьшения межвалкового зазора, увеличивая тем самым количество прутков, так и с помощью увеличения, увеличивая при этом массу готовой продукции при сохранении количества прутков.

Рассмотрим пример.

Масса заготовки 3000 кг. Круг 50. Класс В. Заказная длина 14 м.

При прокатке такой заготовки с межвалковым зазором по умолчанию 2 мм получаем немерный остаток длиной 11,6. Общее количество прутков при этом 13, а диаметр – 49,56 мм.

Уменьшив межвалковый зазор до 1,9мм, получаем немерный остаток длиной 12,12 м, при этом диаметр круга будет – 49,49 мм. До целого прутка немерному остатку не хватает 1,88 м. Уменьшим межвалковый зазор до 1,7 мм.

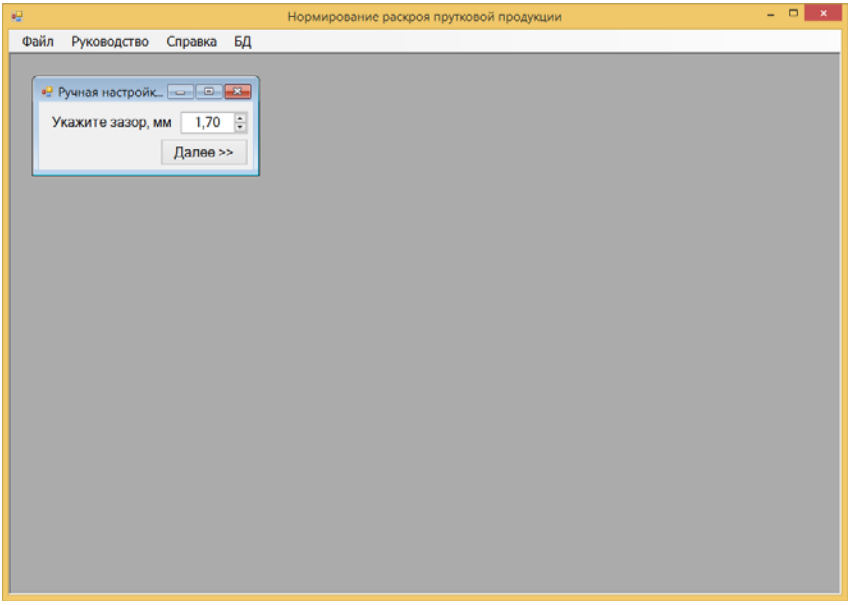


Рис. 5.2. Коррекция зазора в ПП

Получаем немерный остаток 13,15 м. Как можно заметить, немерный остаток увеличился. Уменьшим межвалковый зазор до 1,5 мм.

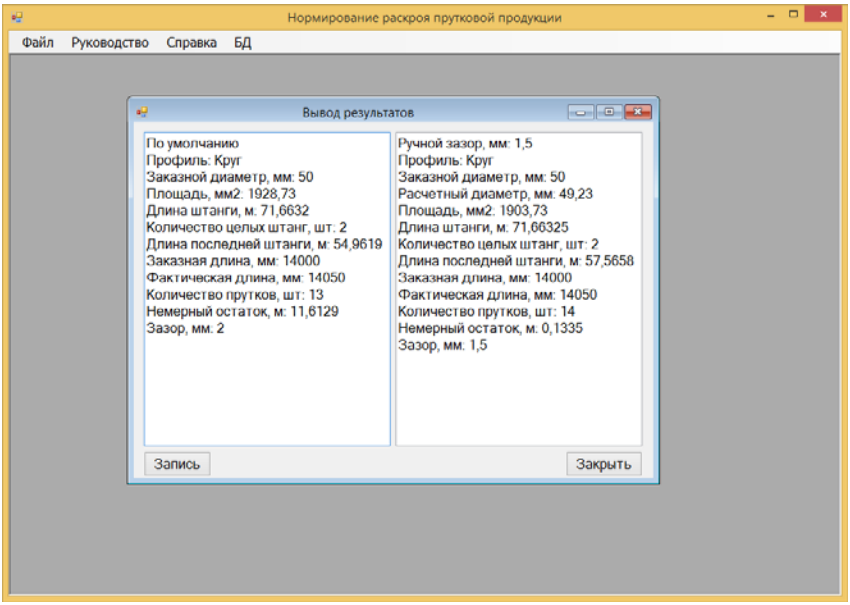


Рис. 5.3. Результаты расчётов в процессе снижения зазора до 1,5 мм

Немерный остаток равен 0,13 м, при этом количество прутков выросло с 13 до 14. Таким образом, задача раскроя решена. Но данный результат можно еще улучшить, оперируя «сотыми» долями миллиметра.

Например, межвалковый зазор 1,52 мм позволяет получить немерный остаток длиной всего 0,03 м.

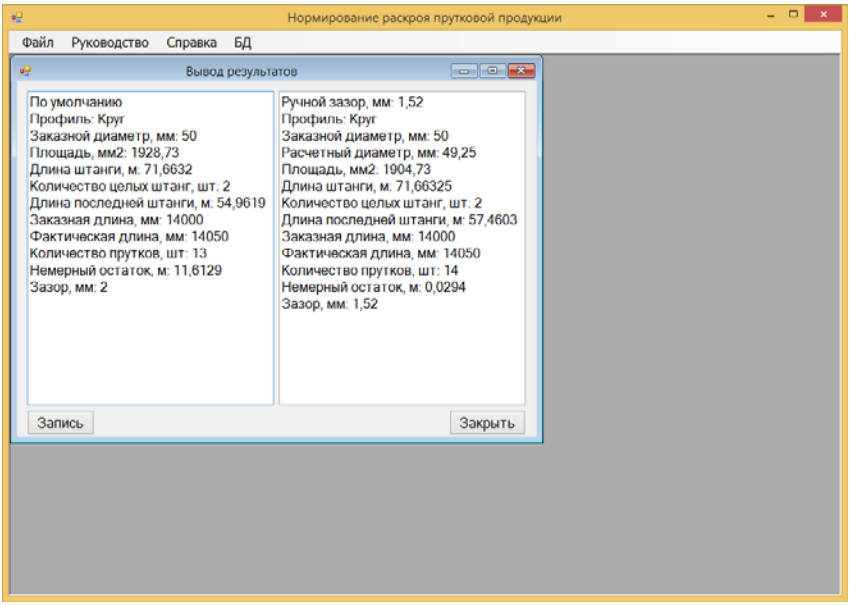


Рис. 5.4. Результаты расчётов в процессе снижения зазора до 1,52 мм

Теперь попробуем решить задачу оптимального раскроя раската на мерные длины через увеличение межвалкового зазора.

Увеличим межвалковый зазор до 2,1 мм.

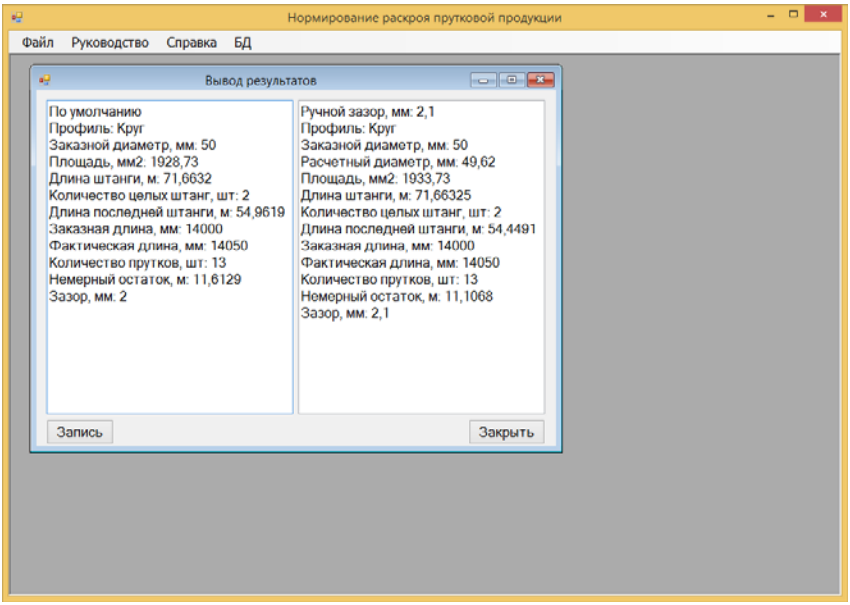


Рис. 5.5. Результаты расчётов в процессе увеличения зазора до 2,1 мм

Немерный остаток снизился, но всё еще велик. Постепенно увеличивая межвалковый зазор, доходим до 3,32 мм. При таком зазоре длина немерного остатка составляет 5,13 м.

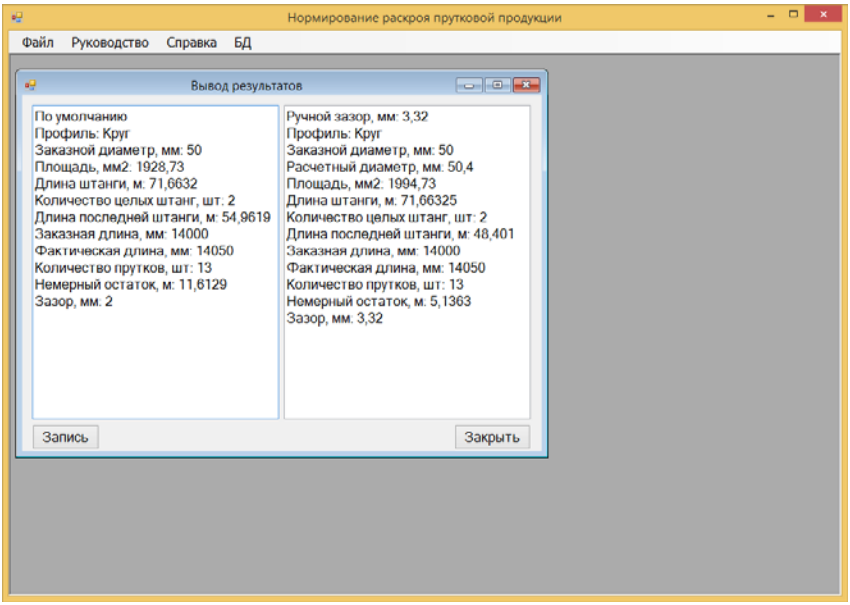


Рис. 5.6. Результаты расчётов в процессе увеличения зазора до 3,32 мм

Дальнейшее увеличение межвалкового зазора приводит к тому, что круг 50 не будет удовлетворять требованиям ГОСТ.

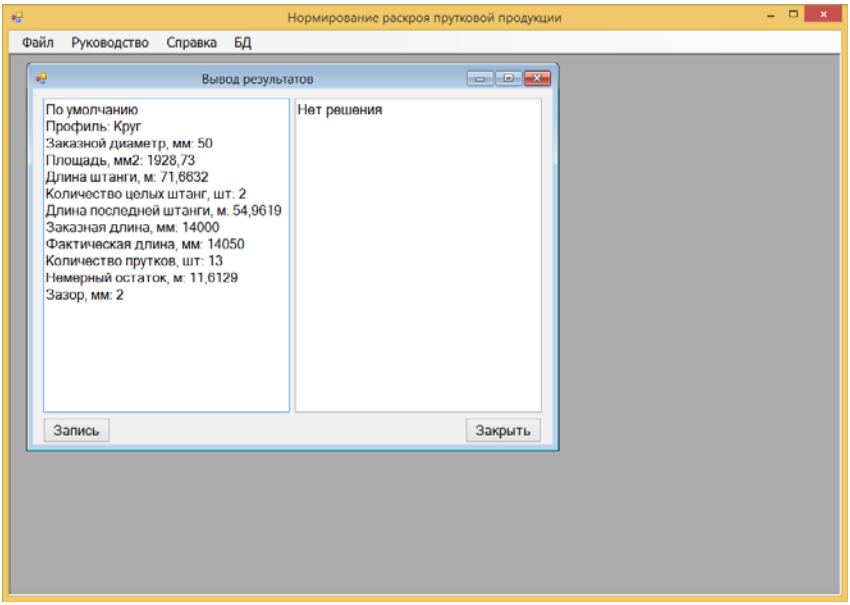


Рис. 5.5. Результаты расчётов в процессе изменения зазора до 2 мм

Таким образом, наиболее актуально решать данную задачу через уменьшение межвалкового зазора, так как такой подход не ухудшает овальность профиля.

5.1. Варианты для самостоятельной работы

Используя программный продукт «Оптимизация алгоритмов раскроя для стана 370 ОАО "ММК"» выполните следующие задания согласно Вашим вариантам.

Задание 1

Нахождение оптимального межвалкового зазора в последней клети прокатного стана с использованием минусовых допусков (класс точности В). Масса заготовки 2000 кг. Найти оптимальный межвалковый зазор.

Профили по вариантам:

1) круг 14
2) круг 15
3) круг 16
4) круг 17
5) круг 18
6) круг 19
7) круг 20
8) круг 21
9) круг 22
10) круг 23
11) круг 24
12) круг 25
13) круг 26
14) круг 27
15) круг 28
16) круг 30
17) круг 31
18) круг 32
19) круг 33
20) круг 34

Задание 2

Нахождение оптимального межвалкового зазора в последней клети прокатного стана с использованием плюсовых допусков (класс точности В). Масса заготовки 2000 кг. Найдите оптимальный межвалковый зазор для профиля:

1) круг 34
2) круг 33
3) круг 32
4) круг 31
5) круг 30
6) круг 28
7) круг 27
8) круг 26
9) круг 25
10) круг 24
11) круг 23
12) круг 22
13) круг 21
14) круг 20
15) круг 19
16) круг 18
17) круг 17
18) круг 16
19) круг 15
20) круг 14

Задание 3

Проанализируйте влияние класса точности на диапазон возможных вариантов решения задачи оптимального раскроя. Возможны случаи, когда при высоком классе точности (класс А) решения не существует, а при низком классе точности (класс В) оно существует? Используйте при решении задачи как плюсовые, так и минусовые допуски. Масса заготовки 2000 кг.

Профили по вариантам:

1) круг 14
2) круг 15
3) круг 16
4) круг 17
5) круг 18
6) круг 19
7) круг 20
8) круг 21
9) круг 22
10) круг 23
11) круг 24
12) круг 25
13) круг 26
14) круг 27
15) круг 28
16) круг 30
17) круг 31
18) круг 32
19) круг 33
20) круг 34

Задание 4

Проанализируйте влияние шага (0,01 мм) на длину немерного остатка на разных диаметрах. Как сильно влияет изменение межвалкового зазора на 0,01 мм на разных профилях? Масса заготовки 2000 кг.

1) круг 14, 24, 35
2) круг 15, 25, 36
3) круг 16, 26, 38
4) круг 17, 27, 40
5) круг 18, 28, 42
6) круг 19, 30, 44
7) круг 20, 31, 45
8) круг 21, 32, 48
9) круг 22, 33, 50
10) круг 23, 34, 50

Задание 5

Проанализируйте влияние минимально возможного шага на стане (0,05 мм) на длину немерного остатка на разных диаметрах круга. Как сильно влияет увеличение/уменьшение межвалкового зазора на 0,01 мм на разных профилях? Масса заготовки 2000 кг.

1) круг 14, 24, 35
2) круг 15, 25, 36
3) круг 16, 26, 38
4) круг 17, 27, 40
5) круг 18, 28, 42
6) круг 19, 30, 44
7) круг 20, 31, 45
8) круг 21, 32, 48
9) круг 22, 33, 50
10) круг 23, 34, 50

Задание 6

Масса заготовки 2000 кг. Рассчитайте общую длину раската металла и количество мерных прутков для случая профиля и заказной длины:

1) круг 14, заказная длина 7000 мм
2) круг 15, заказная длина 8000 мм
3) круг 16, заказная длина 9000 мм
4) круг 17, заказная длина 10000 мм
5) круг 18, заказная длина 11000 мм
6) круг 19, заказная длина 12000 мм
7) круг 20, заказная длина 7000 мм
8) круг 21, заказная длина 8000 мм
9) круг 22, заказная длина 9000 мм
10) круг 23, заказная длина 10000 мм
11) круг 24, заказная длина 11000 мм
12) круг 25, заказная длина 12000 мм
13) круг 26, заказная длина 7000 мм
14) круг 27, заказная длина 8000 мм
15) круг 28, заказная длина 9000 мм
16) круг 30, заказная длина 10000 мм
17) круг 31, заказная длина 11000 мм
18) круг 32, заказная длина 12000 мм
19) круг 33, заказная длина 7000 мм
20) круг 34, заказная длина 8000 мм

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1) Что означает число в названии сортопрокатного стана?

2) Объясните закон постоянства объемов на примере сортопрокатного стана.

3) Из закона постоянства объемов следует, что изменение (увеличение, уменьшение) площади поперечного сечения готовой продукции приводит к ... конечной длины раската?

4) Чем ограничено изменение площади поперечного сечения готовой продукции в реальном производстве?

5) Назовите основные недостатки непрерывной прокатки с помощью стыкосварки заготовок.

6) Назовите основные преимущества технологии варьирования площади поперечного сечения с целью сокращения немерной длины в производстве.

7) Контролировать немерную длину в производстве можно как с помощью увеличения межвалкового зазора в последней клети, так и уменьшения. При каких условиях выгоден тот или иной способ?

8) Влияет ли точность выставления и минимальный шаг варьирования межвалкового зазора на немерную длину?

9) На каких профилях задача оптимального раскроя наиболее актуальна?

10) Что необходимо учитывать при раскрое "на холодильник"?

11) Поскольку изменение зазора в последней клети влияет на овальность круглого проката, какие меры необходимо разработать

для того, чтобы технология варьирования межвалкового зазора в последней клети не влияла на нее?

12) Назовите основные недостатки технологии варьирования немерной длины на производстве с помощью изменения длины заготовки.

13) Назовите основной недостаток и ограничение технологии управления немерной длиной в производстве с помощью варьирования длины технологической обрези.

14) Какой основной недостаток технологии управления немерной длиной в производстве с помощью изменения площади поперечного сечения заготовки?

15) Назовите основные преимущества и недостатки технологии бесконечной прокатки.

16) Перечислите наиболее очевидные способы управления немерной длиной.

17) Какой из факторов расходной части оборудования необходимо учитывать при использовании способа контроля немерной длины с помощью варьирования площади поперечного сечения готовой продукции?

18) Что такое немерная длина (немера)?

19) Что происходит с продукцией, которая в результате производства имеет немерную длину?

20) Может ли производство обеспечить любое значение мерной длины по требованию заказчика?

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Отчеты по качеству 2007-2010, 2012

На рисунках П1.1-П1.5 приведены отчёты по качеству с указанием информации о браке по дефектам «недокат» и «короткий» (раскрой). На рисунке П.1.6 приведена информация демонстрирующая снижение отбраковки по дефекту «короткий» после внедрения результатов работы с сентября-октября 2013 года.

Показатель		2007 г.			
		Стан 450		Стан 370	
		т	%	т	%
Производство ВСЕГО		654103	-	555910	-
ВЫХОД ГОДНОГО	факт	652292	0,9972	555309	0,9989
Выход брака	ВСЕГО	8633,4	1,32%	3168,8	0,57%
	недокат	1745,8	0,27%	1646,3	0,30%
	короткий	4632,9	0,71%	216,21	0,04%
	прочие	2254,7	0,34%	1306,3	0,23%

Рис. П1.1 – Отчёт по качеству за 2007 год

Показатель		2008 г.			
		Стан 450		Стан 370	
		т	%	т	%
Производство ВСЕГО		618856	-	465238	-
ВЫХОД ГОДНОГО	**факт**	617852	0,9984	464767	0,9990
Выход брака	**ВСЕГО**	5455,4	0,88%	2384	0,51%
	недокат	1315,6	0,21%	1140,5	0,25%
	короткий	1585	0,26%	159,01	0,03%
	прочие	2554,8	0,41%	1084,5	0,23%

Рис. П1.2 – Отчёт по качеству за 2008 год

Показатель		2009 г.			
		Стан 450		Стан 370	
		т	%	т	%
Производство ВСЕГО		493192	-	200592	-
ВЫХОД ГОДНОГО	**факт**	492955	0,9995	200566	0,9999
Выход брака	**ВСЕГО**	1644,1	0,33%	328,68	0,16%
	недокат	276,2	0,06%	109,4	0,05%
	короткий	616,2	0,12%	136,35	0,07%
	прочие	751,73	0,15%	82,93	0,04%

Рис. П1.3 – Отчёт по качеству за 2009 год

Показатель		2010 г.			
		Стан 450		Стан 370	
		т	%	т	%
Производство ВСЕГО		488667	-	214273	-
ВЫХОД ГОДНОГО	факт	488478	0,9996	214250	0,9999
Выход брака	ВСЕГО	2335,1	0,48%	592,21	0,28%
	недокат	292,3	0,06%	274	0,13%
	короткий	681,13	0,14%	187,95	0,09%
	прочие	1361,7	0,28%	130,26	0,06%

Рис. П1.4 – Отчёт по качеству за 2010 год

Показатель		2010 г.			
		Стан 450		Стан 370	
		т	%	т	%
Производство ВСЕГО		488667	-	214273	-
ВЫХОД ГОДНОГО	факт	488478	0,9996	214250	0,9999
Выход брака	ВСЕГО	2335,1	0,48%	592,21	0,28%
	недокат	292,3	0,06%	274	0,13%
	короткий	681,13	0,14%	187,95	0,09%
	прочие	1361,7	0,28%	130,26	0,06%

Рис. П1.5 – Отчёт по качеству за 2012 год

Месяц	2010			2013		
	тонн	%	производство, тонн	тонн	%	производство, тонн
сентябрь	30,11	0,071	42290	49,9	0,1	49913
октябрь	22,83	0,122	22263	49,7	0,1	49721
ноябрь	25,18	0,112	22435	27,2	**0,06**	45336
декабрь	24,44	0,100	24514	25,8	**0,07**	36859

Внедрение системы

Рис. П1.6 – Снижение отбраковки по дефекту «короткий» после внедрения результатов работы с сентября-октября 2013 года

Из рисунка П1.6 хорошо видно, что после внедрения системы управления раскроем на стане 370 (за тот же период времени по сравнения с ноябрём и декабрём 2010 года) наблюдается сокращения отбраковки по дефекту «короткий».

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Фрагмент листинга ПП

```
[…]

'circle
      If flagM.profType = 8 Then
         flagM.profTXT = "Профиль: Круг"
         exch_bd.magic = CreateObject("Excel.Application")

exch_bd.magic.Workbooks.Open(IO.Directory.GetCurrentDirectory.To
String + "\bin\circle").Activate()
         countPP.i1 = 0
         countPP.i2 = 0
         For countPP.i1 = 1 To 35
            ProgressBar2.Value = countPP.i1 * 2
            If exch_bd.magic.Cells(countPP.i1 + 3, 2).Value = -2 Then
               GoTo ext00
            End If
            If    exch_bd.magic.Cells(countPP.i1    +    3,    2).Value    =
solve.dSize Then
               For countPP.i2 = 1 To 17
                  ramboost.io0(countPP.i2)                                  =
exch_bd.magic.Cells(countPP.i1 + 3, countPP.i2).Value
               Next countPP.i2
               solve.gapDef = ramboost.io0(16)
               solve.area6 = ramboost.io0(14)
               solve.area12 = ramboost.io0(15)
               solve.defArea = (ramboost.io0(3)) / (setM.shrinkV ^ 2)
               'check last 12
               If ramboost.io0(17) = 12 Then
                  setM.cut2gr = 0
               End If
               If flagM.circQCl = 2 Then
                  solve.minS = ramboost.io0(5)
                  solve.maxS = ramboost.io0(6)
               ElseIf flagM.circQCl = 4 Then
                  solve.minS = ramboost.io0(7)
                  solve.maxS = ramboost.io0(8)
```

```
            ElseIf flagM.circQCl = 8 Then
               solve.minS = ramboost.io0(9)
               solve.maxS = ramboost.io0(10)
            End If
            GoTo ext00
         End If
      Next countPP.i1
      'fitting
   ElseIf flagM.profType = 16 Then
      flagM.profTXT = "Профиль: Арматура"
      exch_bd.magic = CreateObject("Excel.Application")

exch_bd.magic.Workbooks.Open(IO.Directory.GetCurrentDirectory.To
String + "\bin\fitting").Activate()
      countPP.i1 = 0
      countPP.i2 = 0
      For countPP.i1 = 1 To 16
         ProgressBar2.Value = countPP.i1 * 5
         If exch_bd.magic.Cells(countPP.i1 + 3, 2).Value = -2 Then
            GoTo ext00
         End If
         If    exch_bd.magic.Cells(countPP.i1    +    3,    2).Value    =
solve.dSize Then
            For countPP.i2 = 1 To 15
               ramboost.io0(countPP.i2)                                    =
exch_bd.magic.Cells(countPP.i1 + 3, countPP.i2).Value
            Next countPP.i2
            solve.gapDef = ramboost.io0(14)
            If ramboost.io0(15) = 12 Then
               setM.cut2gr = 0
            End If
            solve.area6 = ramboost.io0(12)
            solve.area12 = ramboost.io0(13)
            solve.defArea = (ramboost.io0(3)) / (setM.shrinkV ^ 2)
            solve.minS = ramboost.io0(9)
            solve.maxS = ramboost.io0(10)
            GoTo ext00
         End If
      Next countPP.i1
```

```
    End If
ext00:
    exch_bd.magic.ActiveWorkbook.Close()
    exch_bd.magic.Quit()
    exch_bd.magic = Nothing
    ProgressBar1.Value = 12
    'burn
    setM.m0 = setM.m0 * ((100 - setM.burnP) / 100)
    'cut1 after 6
    solve.mCut1 = (solve.area6 * setM.cut1gr * setM.roV) /
((setM.shrinkV) ^ 3)
    'cut2 after 12
    solve.mCut2 = (solve.area12 * setM.cut2gr * setM.roV) /
((setM.shrinkV) ^ 3)
    'weigth after burn, cut1, cut2
    solve.mAfterBurn_1_2 = (setM.m0 - solve.mCut1) - solve.mCut2
    countPP.i1 = 0
    'solve area array
    solve.minArea = solve.pi * (((solve.dSize - solve.minS) / 2) ^ 2)
    solve.maxArea = solve.pi * (((solve.dSize + solve.maxS) / 2) ^ 2)
    solve.goCount = 1
    solve.step0 = 960
    For countPP.i1 = 1 To 960
      ramboost.gapArray(countPP.i1, 1) = countPP.i1
      ramboost.gapArray(countPP.i1, 2) = setM.minGap +
(countPP.i1 - 1) * 0.01
      ramboost.gapArray(countPP.i1, 3) = solve.gapDef - ram-
boost.gapArray(countPP.i1, 2)
      ramboost.gapArray(countPP.i1, 4) = ram-
boost.gapArray(countPP.i1, 3) * solve.dSize
      ramboost.gapArray(countPP.i1, 5) = solve.defArea - ram-
boost.gapArray(countPP.i1, 4)
      If ramboost.gapArray(countPP.i1, 2) = solve.gapDef Then
        countPP.stopDef = countPP.i1
      End If
      ramboost.gapArray(countPP.i1, 6) = 2 * ((ram-
boost.gapArray(countPP.i1, 5) / solve.pi) ^ (1 / 2))
      ramboost.gapArray(countPP.i1, 7) = 2 * (ram-
boost.gapArray(countPP.i1, 5) / (solve.pi * (solve.dSize) / 2))
```

```
            ProgressBar2.Value = countPP.i1 / 10
            If ramboost.gapArray(countPP.i1, 5) < solve.minArea Then
               solve.goCount = countPP.i1 + 1
            End If
            If ramboost.gapArray(countPP.i1, 5) > solve.maxArea Then
               solve.step0 = countPP.i1 - 1
               GoTo extGapArray
            End If
         Next countPP.i1
extGapArray:
         For countPP.i5 = solve.goCount To solve.step0
            ramboost.bigArray(countPP.i5, 1) = countPP.i5
            ramboost.bigArray(countPP.i5, 2) = ram-
boost.gapArray(countPP.i5, 2)
            ramboost.bigArray(countPP.i5, 3) = ram-
boost.gapArray(countPP.i5, 5)
            ramboost.bigArray(countPP.i5, 4) =
lCirc(solve.mAfterBurn_1_2, ram-boost.bigArray(countPP.i5, 3),
setM.roV)
            ProgressBar2.Value = countPP.i1 / 10
         Next countPP.i5
         ProgressBar1.Value = 15
         'solve quantity order in cold
         If flagM.tmoCheck = 16 Then
            setM.cutCold = setM.cutCold / setM.shrinkV
            setM.cutColdEnd = setM.cutColdEnd / setM.shrinkV
            setM.limitCold = setM.limitCold / setM.shrinkV
         ElseIf flagM.tmoCheck = 8 Then
            setM.cutCold = setM.cutCold / setM.shrinkVTMO
            setM.cutColdEnd = setM.cutColdEnd / setM.shrinkVTMO
            setM.limitCold = setM.limitCold / setM.shrinkV
         End If
         solve.qOrder = Fix((setM.lCold / setM.lOrder))
         solve.lRod = solve.qOrder * setM.lOrder + setM.cutCold +
setM.cutColdEnd + setM.limitCold
         'solve long rod
         If solve.lRod > (setM.lCold / setM.shrinkV) Then
            solve.qOrder -= 1
```

```
        solve.lRod = solve.qOrder * setM.lOrder + setM.cutCold +
setM.cutColdEnd + setM.limitCold
      End If
      If flagM.tmoCheck = 16 Then
        solve.lRodKTU = solve.lRod * setM.shrinkV
      ElseIf flagM.tmoCheck = 8 Then
        solve.lRodKTU = solve.lRod * setM.shrinkV
      End If
      'search optimal area
      ProgressBar1.Value = 18
      For countPP.iArea = solve.goCount To solve.step0
        solve.qRod = (ramboost.bigArray(countPP.iArea, 4)) /
(solve.lRod)
        solve.lGoodA = ramboost.bigArray(countPP.iArea, 4) -
((Math.Ceiling(solve.qRod)) * (setM.cutCold + setM.cutColdEnd +
setM.limitCold))
        solve.qOrderEnd = Fix(solve.lGoodA / setM.lOrder)
        solve.longEnd = solve.qOrderEnd * setM.lOrder
        solve.longRem = solve.lGoodA - solve.longEnd
        ramboost.bigArray(countPP.iArea, 5) = solve.qRod
        ramboost.bigArray(countPP.iArea, 6) = solve.lGoodA / 1000
        ramboost.bigArray(countPP.iArea, 7) = solve.qOrderEnd
        ramboost.bigArray(countPP.iArea, 8) = solve.longEnd / 1000
        ramboost.bigArray(countPP.iArea, 9) = solve.longRem / 1000
        ProgressBar2.Value = countPP.i1 / 10
      Next countPP.iArea
      'search Manual
      If flagM.modePr = "manualGap" Or flagM.modePr = "uploadDa-
ta" Then
        solve.manHGapStep = 0
        For countPP.i15 = solve.goCount To solve.step0
          ProgressBar2.Value = countPP.i1 / 10
          If ((Math.Floor(setM.manHGap * 100)) * 100) =
((Math.Floor(ramboost.bigArray(countPP.i15, 2) * 100)) * 100) Then
            solve.manHGapStep = countPP.i15
            GoTo extManGapSS
          End If
        Next countPP.i15
      End If
```

```
extManGapSS:
      'search best
      countPP.stopStepLo = 0
      countPP.stopLO = 0
      For countPP.i6 = 1 To 960
         If (countPP.stopDef - countPP.i6) < solve.goCount Then
            GoTo stopLOW
         End If
         countPP.stopStepLo += 1
         If ((ramboost.bigArray((countPP.stopDef - countPP.i6), 9)) *
1000) < setM.unmeasureV2 And ((ram-
boost.bigArray((countPP.stopDef - countPP.i6), 9)) * 1000) >
setM.unmeasureV Then
            countPP.stopLO = countPP.stopDef - countPP.i6
            GoTo stopLOW
         End If
      Next countPP.i6
stopLOW:
      countPP.stopStepHi = 0
      countPP.stopHI = 0
      countPP.bestV = 0
      For countPP.i7 = 1 To 1024
         If (countPP.stopDef + countPP.i7) > solve.step0 Then
            GoTo stopHIGH
         End If
         countPP.stopStepHi += 1
         If ((ramboost.bigArray((countPP.stopDef + countPP.i7), 9)) *
1000) < setM.unmeasureV2 And ((ram-
boost.bigArray((countPP.stopDef + countPP.i7), 9)) * 1000) >
setM.unmeasureV Then
            countPP.stopHI = countPP.stopDef + countPP.i7
            For countPP.i17 = 1 To 1024
               If ((ramboost.bigArray((countPP.stopDef + countPP.i7 +
countPP.i17), 9)) * 1000) > ((ramboost.bigArray((countPP.stopDef +
countPP.i7 + (countPP.i17 - 1)), 9)) * 1000) Then
                  GoTo outCiclyOfCycle11
               End If
               If ((ramboost.bigArray((countPP.stopDef + countPP.i7 +
countPP.i17), 9)) * 1000) < setM.unmeasureV2 And ((ram-
```

```
boost.bigArray((countPP.stopDef + countPP.i7 + countPP.i17), 9)) *
1000) > setM.unmeasureV And ((ramboost.bigArray((countPP.stopDef
+ countPP.i7 + countPP.i17), 9)) * 1000) < ((ram-
boost.bigArray((countPP.stopDef + countPP.i7 + (countPP.i17 - 1)), 9))
* 1000) Then
                countPP.stopStepHi += 1
                countPP.stopHI = countPP.stopDef + countPP.i7 +
countPP.i17
            End If
        Next countPP.i17
outCiclyOfCycle11:
        GoTo stopHIGH
      End If
    Next countPP.i7
stopHIGH:
    If countPP.stopStepLo < countPP.stopStepHi And
countPP.stopLO <> 0 Then
      countPP.bestV = countPP.stopLO
      GoTo outSearchBestStep
    ElseIf countPP.stopStepLo > countPP.stopStepHi And
countPP.stopHI <> 0 Then
      countPP.bestV = countPP.stopHI
      GoTo outSearchBestStep
    ElseIf countPP.stopLO = 0 Then
      countPP.bestV = countPP.stopHI
      GoTo outSearchBestStep
    ElseIf countPP.stopHI = 0 Then
      countPP.bestV = countPP.stopLO
      GoTo outSearchBestStep
    ElseIf countPP.stopStepLo = countPP.stopStepHi Then
      If countPP.stopHI = 0 Then
        countPP.bestV = countPP.stopLO
      ElseIf countPP.stopLO = 0 Then
        countPP.bestV = countPP.stopHI
      Else
        If ((ramboost.bigArray(countPP.stopLO, 9)) * 1000) < ((ram-
boost.bigArray(countPP.stopHI, 9)) * 1000) Then
          countPP.bestV = countPP.stopLO
```

```
            ElseIf ((ramboost.bigArray(countPP.stopLO, 9)) * 1000) >
((ram-boost.bigArray(countPP.stopHI, 9)) * 1000) Then
               countPP.bestV = countPP.stopHI
            ElseIf ((ramboost.bigArray(countPP.stopLO, 9)) * 1000) =
((ram-boost.bigArray(countPP.stopHI, 9)) * 1000) Then
               countPP.bestV = countPP.stopLO
            Else
               countPP.bestV = countPP.stopLO
            End If
         End If
         GoTo outSearchBestStep
      End If
outSearchBestStep:
      solve.noneDecisionV = 0
      If countPP.stopHI = 0 And countPP.stopLO = 0 Then
         solve.noneDecisionV = 8
         GoTo noneDecision
      End If
      'write low 0.05
      solve.lowStep005 = countPP.stopDef -
((Math.Floor(countPP.stopDef / 5)) * 5)
      For countPP.i13 = 1 To 1024
         If solve.lowStep005 < solve.goCount Then
            solve.lowStep005 = solve.lowStep005 + 5
         Else
            GoTo outLowStep005S
         End If
      Next countPP.i13
outLowStep005S:
      solve.lowStep005Go = solve.lowStep005
      solve.step1 = solve.step0
      For countPP.i9 = solve.lowStep005 To solve.step0
         If ramboost.bigArray(solve.lowStep005, 1) = 0 Then
            solve.step1 = countPP.i9 - 1
            GoTo extWrtArr
         End If
         ramboost.ArrayWrt005(countPP.i9, 1) = countPP.i9
         ramboost.ArrayWrt005(countPP.i9, 2) = ram-
boost.bigArray(solve.lowStep005, 1)
```

```
        ramboost.ArrayWrt005(countPP.i9, 3) = ramboost.bigArray(solve.lowStep005, 2)
        ramboost.ArrayWrt005(countPP.i9, 4) = ramboost.bigArray(solve.lowStep005, 3)
        ramboost.ArrayWrt005(countPP.i9, 5) = ramboost.bigArray(solve.lowStep005, 4)
        ramboost.ArrayWrt005(countPP.i9, 6) = ramboost.bigArray(solve.lowStep005, 5)
        ramboost.ArrayWrt005(countPP.i9, 7) = ramboost.bigArray(solve.lowStep005, 6)
        ramboost.ArrayWrt005(countPP.i9, 8) = ramboost.bigArray(solve.lowStep005, 7)
        ramboost.ArrayWrt005(countPP.i9, 9) = ramboost.bigArray(solve.lowStep005, 8)
        ramboost.ArrayWrt005(countPP.i9, 10) = ramboost.bigArray(solve.lowStep005, 9)
        If ramboost.bigArray(solve.lowStep005, 1) = countPP.stopDef Then
            countPP.stopDef005 = countPP.i9
        End If
        solve.lowStep005 = solve.lowStep005 + 5
    Next countPP.i9
extWrtArr:
    'search opt for stan370
    countPP.stopStepLo005 = 0
    countPP.stopLO005 = 0
    For countPP.i11 = 1 To 1024
        If (countPP.stopDef005 - countPP.i11) < 1 Then
            GoTo stopLOW005
        End If
        countPP.stopStepLo005 = countPP.stopStepLo005 + 1
        If (ramboost.ArrayWrt005((countPP.stopDef005 - countPP.i11), 10) * 1000) < setM.unmeasureV2 And (ramboost.ArrayWrt005((countPP.stopDef005 - countPP.i11), 10) * 1000) > setM.unmeasureV Then
            countPP.stopLO005 = countPP.stopDef005 - countPP.i11
            GoTo stopLOW005
        End If
    Next countPP.i11
```

```
stopLOW005:
      countPP.stopStepHi005 = 0
      countPP.stopHI005 = 0
      For countPP.i12 = 1 To 1024
         If (countPP.stopDef005 + countPP.i12) > solve.step1 Then
            GoTo stopHIGH005
         End If
         countPP.stopStepHi005 = countPP.stopStepHi005 + 1
         If (ramboost.ArrayWrt005((countPP.stopDef005 + countPP.i12), 10) * 1000) < setM.unmeasureV2 And (ramboost.ArrayWrt005((countPP.stopDef005 + countPP.i12), 10) * 1000) > setM.unmeasureV Then

[…]
```

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Руководство пользователя программным
продуктом «Оптимизация алгоритма раскроя для стана 370»

Системные требования: ОС Windows XP\Vista\7\8\8.1\10 (x86\x86-64), наличие установленных MS Office 2003 или выше (Word, Excel) и MS NET.Framework 2.0.

Инсталляция: не требуется.

Запуск происходит путем двойного нажатия левой кнопки мыши (ЛКМ) по файлу s370.exe (рис. П3.1).

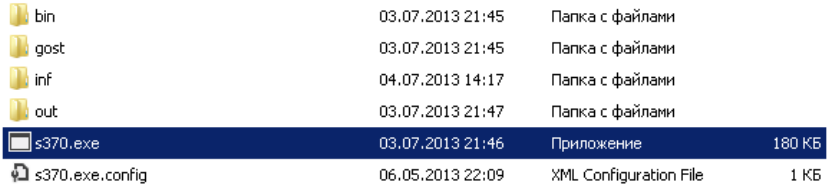


Рис. П3.1. Запуск программного обеспечения s370

Интерфейс программы показан на рисунке П3.2.

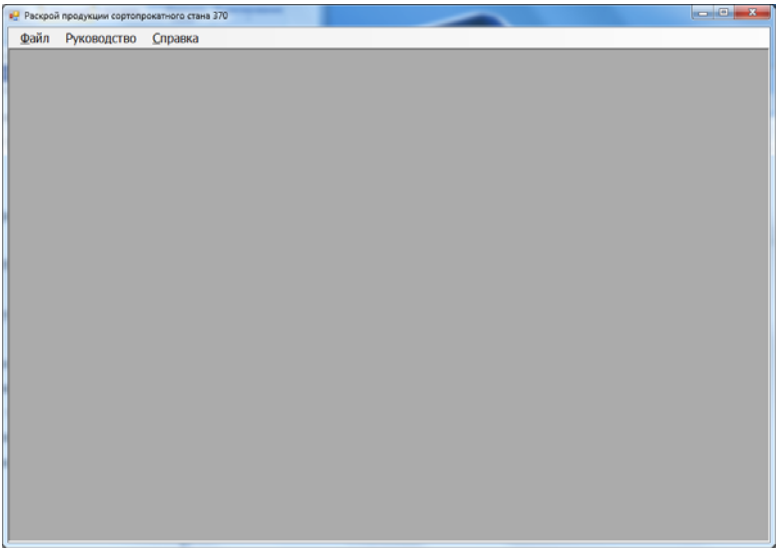


Рис. П3.2. Интерфейс программы s370

В меню «Файл» находятся меню «Начать» для начала расчета оптимальных параметров прокатки, «Расчет по зазору», при котором производится расчет параметров прокатки при директивно заданном межвалковом зазоре, «Запись данных (факт.)» и меню «Выход» для закрытия программы.

Меню «Руководство» содержит в себе инструкцию пользователя и ГОСТы.

Меню «Справка» отображает информацию о программе, а также лог обновлений.

Расчет оптимальных параметров прокатки

Начинаем работу с программой, нажимаем Файл – Начать.

Открывается окно "Параметры" (рис. П3.3), где можно выбрать необходимые параметры для расчета. Вкладка "дополнительные параметры" (рис. П3.4) необходима для более тонкой настройки.

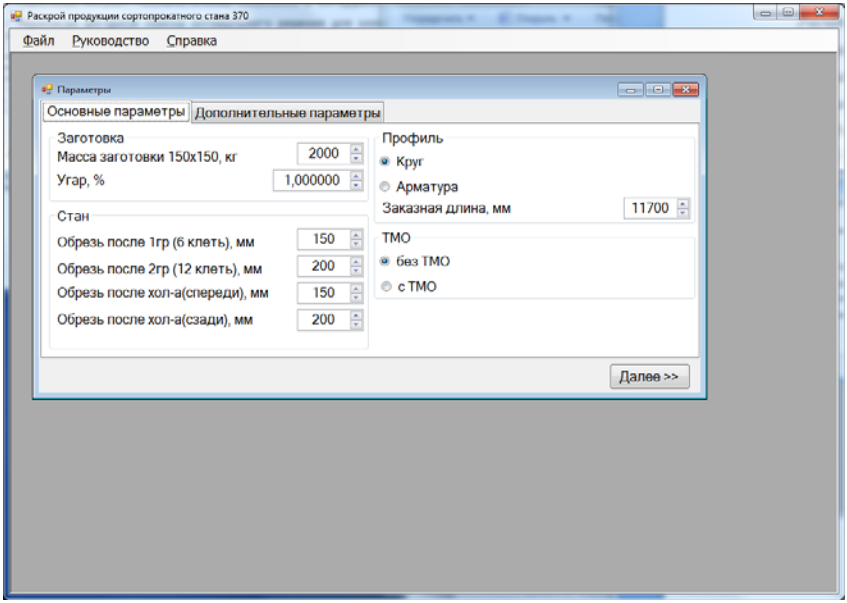


Рис. П3.3. Параметры

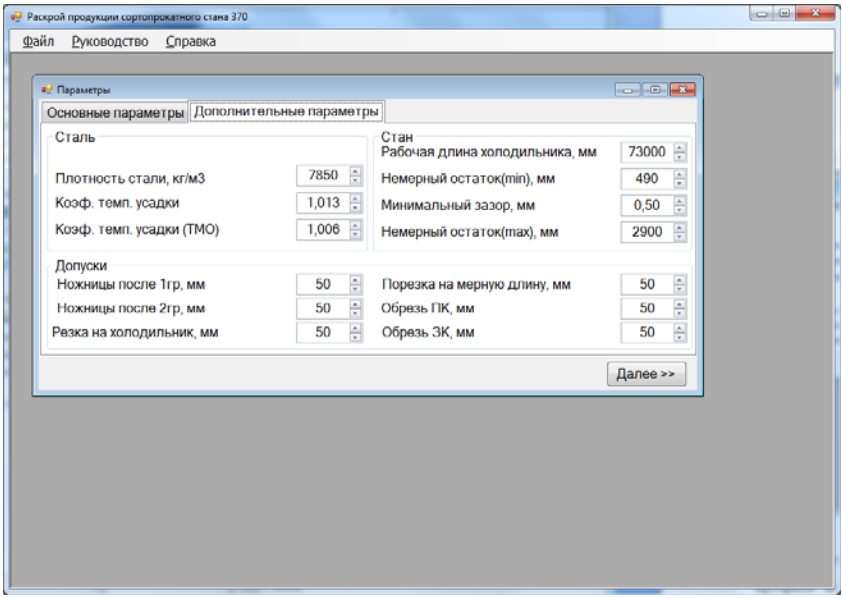


Рис. П3.4. Дополнительные параметры

После нажатия кнопки "Далее" появится окно выбора размерности профиля и класса точности (рис. П3.5, П3.6). Класс точности определяет диапазон допустимых плюсовых и минусовых значений - класс А имеет наивысшую точность, следовательно, диапазон допустимых значений ниже, чем у класса Б. Дополнительную информацию, а также сами плюсовые и минусовые допуски можно взять из ГОСТ 2590-88 и ГОСТ 5781-82, прилагающиеся к программе.

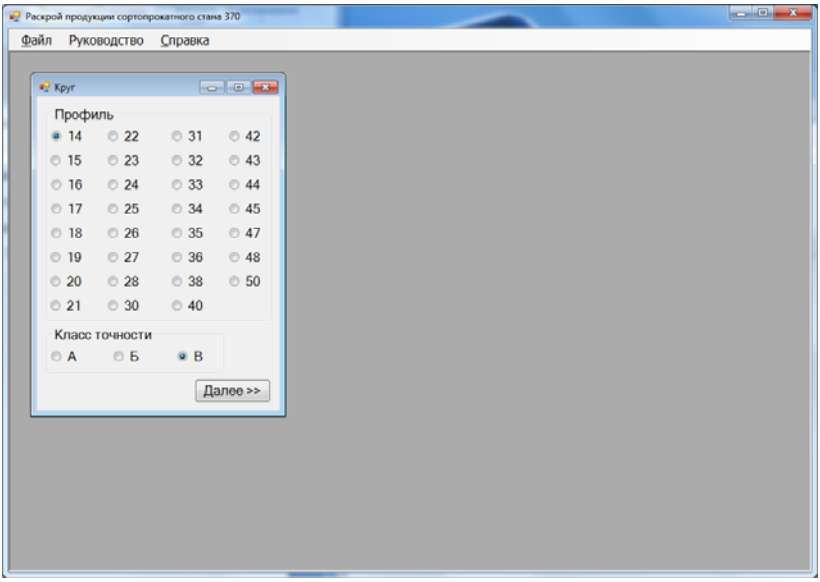


Рис. П3.5. Круг: выбора размерности и класса точности профиля

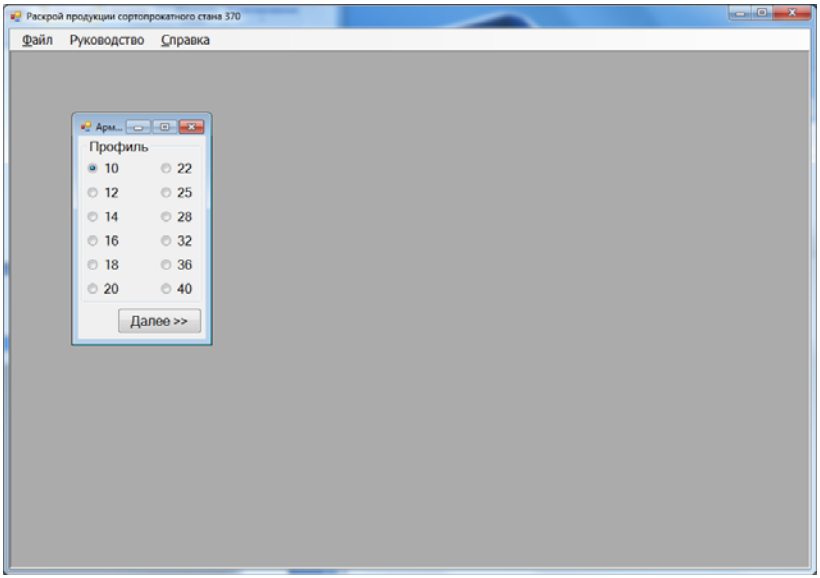


Рис. П3.6. Арматура: выбора размерности и класса точности профиля

Для расчета оптимальных параметров прокатки нажмите кнопку "Расчет" и ожидайте (рис. П3.7).

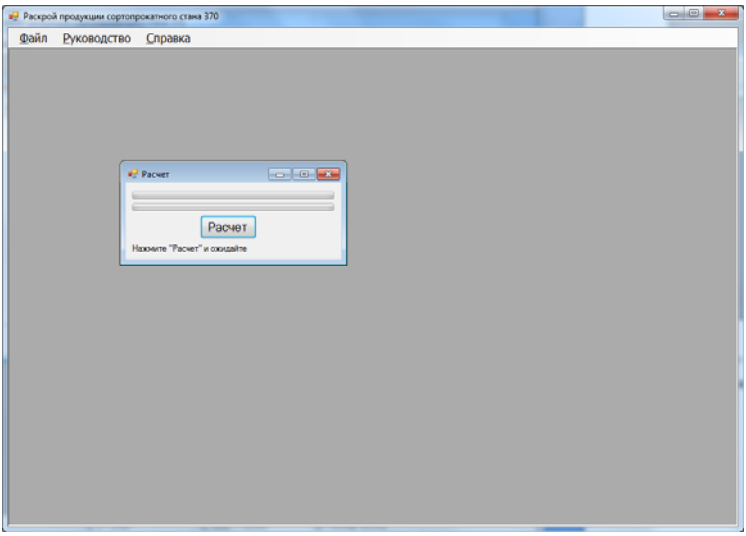


Рис. П3.7. Расчет

После вычислений откроется окно с выходными данными (рис. П3.8).

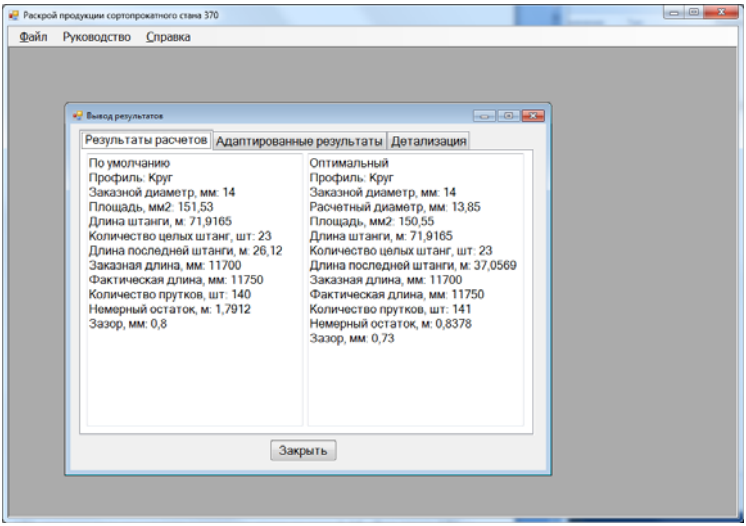


Рис. П3.8. Вывод результатов

На вкладке «Результаты расчетов» имеются две колонки: «По умолчанию» и «Оптимальный». В колонке «По умолчанию» показаны результаты расчетов при прокатке по умолчанию. Колонка «Оптимальный» показывает оптимальные параметры прокатки, при которых будет наименьший немерный остаток. Но данные результаты не подходят для стана 370, так как шаг изменения зазора на стане кратен 0.05. Для стана 370 и предназначена вкладка «Адаптированные результаты» (рис. П3.9).

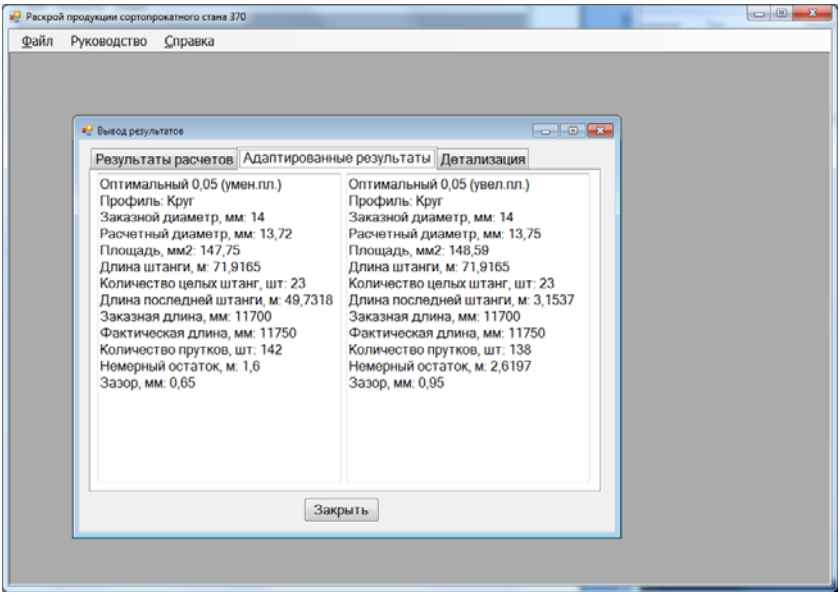


Рис. П3.9. Адаптированные результаты

Во вкладке «Адаптированные результаты» присутствуют две колонки: «Оптимальный 0,05 (умен. пл.)» и «Оптимальный 0,05 (увел. пл.)». Вкладка «Адаптированные результаты» представляет собой оптимальный расчет, при котором шаг изменения зазора в процессе расчета кратен 0,05, то есть равен шагу на стане 370. Соответственно, колонка «Оптимальный 0,05 (умен. пл.)» показывает оптимальный расчет с наименьшим немерным остатком, при котором поиск оптимального ва-

рианта происходит путем уменьшения зазора и площади поперечного сечения готовой продукции, а колонка «Оптимальный 0,05 (увел. пл.)» - путем увеличения зазора и площади поперечного сечения готовой продукции.

Вкладка «Детализация» (рис. П3.10) показывает два оптимальных варианта, один из которых был выбран в на вкладке «Результаты расчетов». Выбор производили не по критерию наименьший из наименьших между ними (у них у обоих наименьшие немерные остатки), а по критерию наиболее близкого варианта к зазору по умолчанию. На вкладке «Детализация» есть две колонки: «Оптимальный (умен. пл.)» и «Оптимальный (увел. пл.)». Соответственно, колонка «Оптимальный (умен. пл.)» показывает оптимальный расчет с наименьшим немерным остатком, при котором поиск оптимального варианта происходит путем уменьшения зазора и площади поперечного сечения готовой продукции, а колонка «Оптимальный (увел. пл.)» - путем увеличения зазора и площади поперечного сечения готовой продукции.

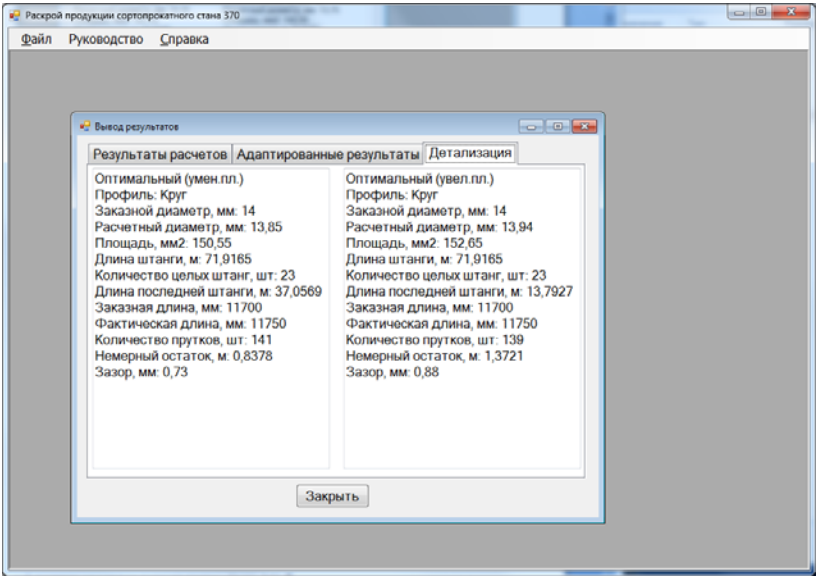


Рис. П3.10. Детализация

При определенных параметрах расчета возможна ситуация, когда не будет результатов ни в колонке «Оптимальный», ни на вкладке «Адаптированные результаты» (рис. П3.11).

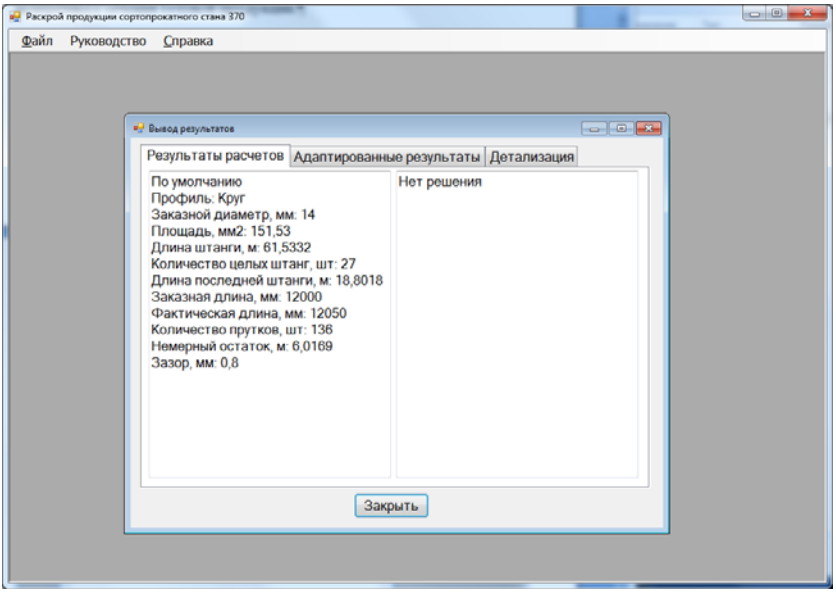


Рис. П3.11. Отсутствие решения

Данная ситуация, как правило, возникает вследствие маленького директивно заданного интервала допустимого немерного остатка - увеличение верхней границы интервала, как правило, решит эту проблему. Причина же отсутствия решения заключается в том, что оптимальный режим прокатки невозможен по какой-либо причине: слишком большой минимальный зазор, маленький интервал немерного остатка и так далее.

Для следующих расчетов необходимо нажать кнопку "Закрыть" и повторить всё сначала.

Расчет по директивно заданному зазору

Выбор параметров расчета и типа профиля аналогичен «Расчету оптимальных параметров прокатки». Далее после выбора типа профиля появляется окно, в котором требуется указать необходимый зазор (рис. П3.12).

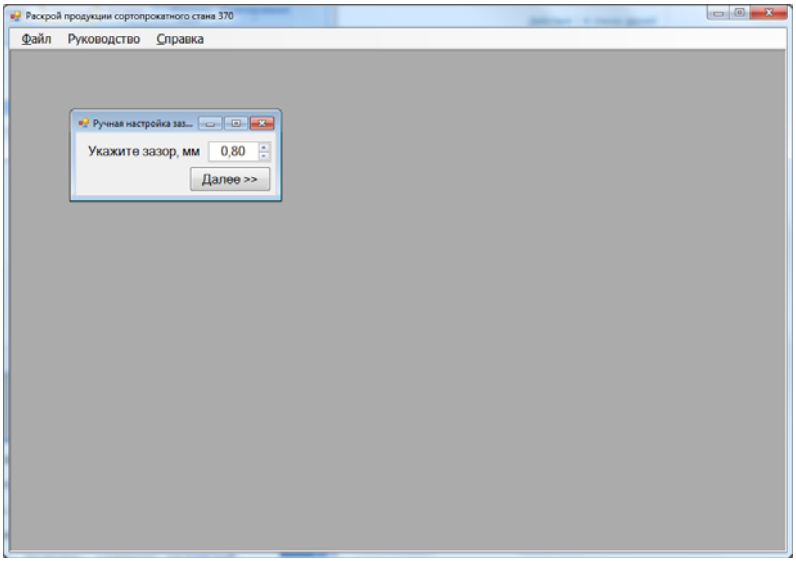


Рис. П3.12. Ручная установка зазора

После расчета появляется окно с результатами (рис. П3.13).

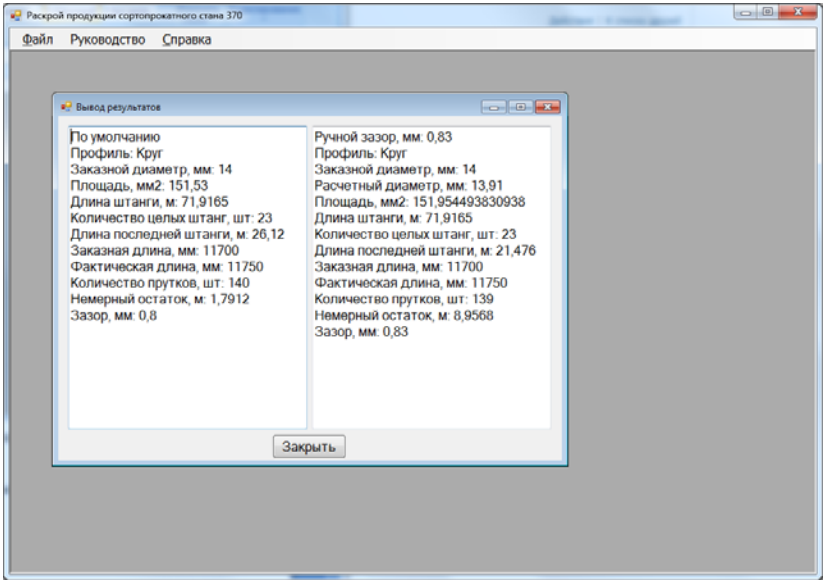


Рис. П3.13. Вывод результатов

В появившемся окне присутствуют две колонки: «По умолчанию» и «Ручной зазор». Соответственно, первая колонка показывает результаты расчета при прокатке по умолчанию, согласно калибровке, вторая - результаты расчета при вручную выставленном зазоре.

Запись данных (факт.)

Данное меню предназначено для записи фактических данных в базу данных. Следует отметить, что помимо фактических данных записываются данные, полученные моделью, то есть теоретические.

Начальное окно данных не отличается от начального окна обычного расчета оптимального раскроя, как и окно параметров профиля. Таким образом, первые два шага не отличаются от расчета оптимальных параметров прокатки. Следующим, третьим, шагом является окно ввода основной части фактических данных (рис. П3.14).

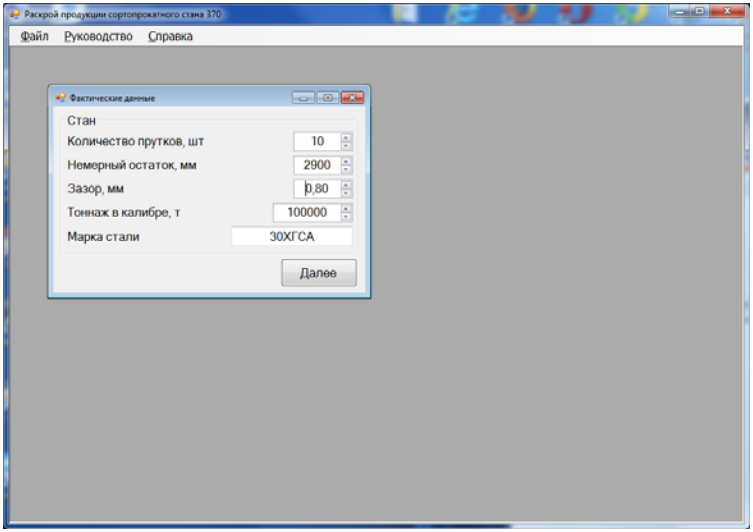


Рис. П3.14. Ввод фактических данных

После нажатия кнопки «Далее» появится следующее окно, показанное на рисунке П3.15 и предназначенное для расчета теоретических данных.

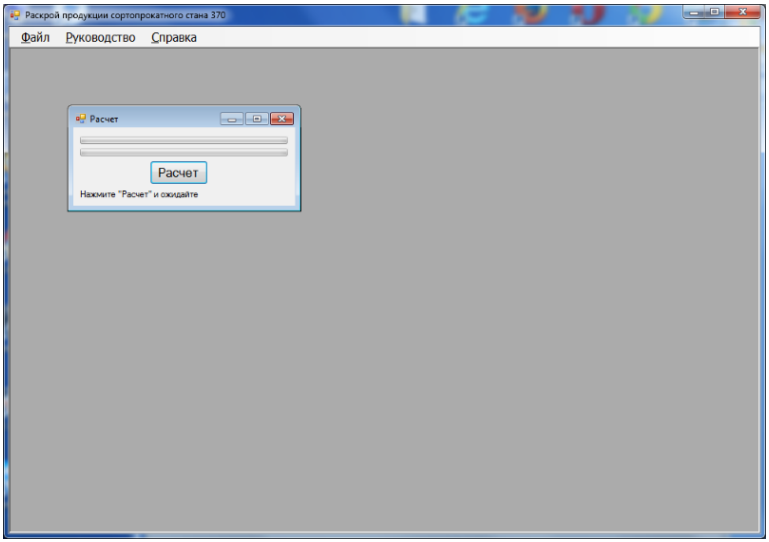


Рис. П3.15. Расчет теоретических данных

После удачной записи данных появится окно, показанное на рисунке П3.16.

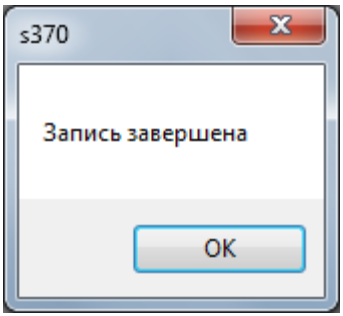


Рис. П3.16. Системное сообщение «Запись завершена»

После данного сообщения записанные данные будут находятся в папке «base» (рис. П3.17).

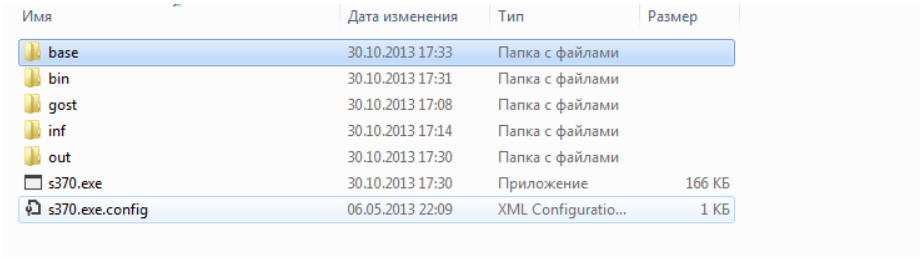


Рис. П3.17. Папка «base»

Внутри папки будут находиться excel-файлы, имена которых будут соответствовать дате создания файлов. Соответственно, каждый файл будет содержать только те данные, которые были записаны в дату создания файла. Также следует отметить, что каждая запись в БД формирует два файла - один с краткой информацией (имя которого будет заканчиваться словом «cut»), другой с подробной (рис. П3.18).

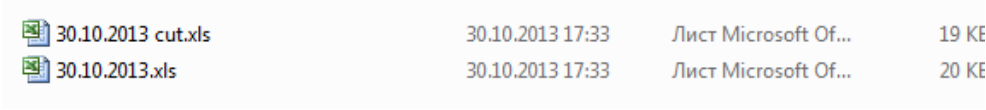


Рис. П3.18. Выходные файлы

Выходные файлы с краткой информацией показаны на рисунке П3.19.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	#	дата	время	вид	тип профиля	размерность	заказная длина,мм	вес заготовки, кг	марка стали	Угар, %	количество прутков	немерный остаток, мм	зазор, мм	тоннаж в калибре, т
3	1	30.10.2013	17:31:15	Практика	Круг (кл.точ. В)	14	11700	2000	30ХГСА	1	10	2900	0,8	100000
4	1	30.10.2013	17:31:15	Теория	Круг (кл.точ. В)	14	11700	2000	30ХГСА	1	140	1791,24	0,8	
5	2	30.10.2013	17:44:23	Практика	Круг (кл.точ. Б)	16	11700	2000	30ХГСА	1	10	2900	0,81	100000
6	2	30.10.2013	17:44:23	Теория	Круг (кл.точ. Б)	16	11700	2000	30ХГСА	1	107	7649,33	0,81	
7	3	30.10.2013	17:44:39	Практика	Арматура	18	11700	2000	30ХГСА	1	10	2900	0,8	100000
8	3	30.10.2013	17:44:39	Теория	Арматура	18	11700	2000	30ХГСА	1	0	0	0,8	
9	4	30.10.2013	17:44:55	Практика	Арматура	28	11700	2000	30ХГСА	1	10	2900	0,8	100000
10	4	30.10.2013	17:44:55	Теория	Арматура	28	11700	2000	30ХГСА	1	0	0	0,8	
11														

Рис. П3.19. Выходные файлы с информацией

Как можно заметить, каждая запись в БД формирует две строчки - первая строчка показывает практические (реальные) значения, полученные на стане, вторая - теоретические, полученные моделью.

Стоит отметить, что перед записью в БД необходимо закрыть файлы Excel из папки «base». Иначе будет сбой в программе вследствие того, что программа будет обращаться к уже открытым файлам, что недопустимо.

Основные возможности программного обеспечения по расчету оптимального поперечного сечения готовой продукции

ПО имеет следующие возможности:

- нахождение оптимальной площади поперечного сечения готовой продукции;
- нахождение оптимальной кратности раскроя;
- нахождение оптимальной длины на холодильник;
- расчет кратностей раскроя при минимальных, максимальных допусках, а также кратность при прокатке по умолчанию;
- расчет межвалкового зазора в последней клети.

Также в ПО присутствует ряд ограничений.

Ограничения ПО:

ПО работает со следующими видами профилей:

- круг;
- арматура.

Для каждого вида профилей также существует ряд ограничений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица П4

Сравнительный анализ работы программы

и фактических производственных данных

Профиль, марка стали	Заказная длина, мм	масса заготовки, кг	Число итоговых мерных резов		Немерный остаток, м		Межвалковый зазор в последней клети, мм		Тоннаж в калибре, т
			по факту	по модели	перед холодильником	по модели	по факту	по модели	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
№ 25 А500	11700	2096	45	45	6	4,20	2,50	2,50	350
	11700	2119	45	45	9	7,10	2,55	2,58	400
	11700	2057	43	43	4	3,20	2,4	2,42	440
	11700	2086	44	44	3,70	3,20	2,40	2,40	480
Круг 23 3сп	11700	2063	54	54	9,2	8,4	1,00	1,08	140
	11700	2100	55	55	8,70	8,10	1,00	1,05	230
	11700	2156	57	57	4,50	3,58	1,00	1,02	350
	11700	2074	54	54	9,90	7,3	1,00	1,00	380
№ 18 А500	11700	2122	89	89	0,9	1,13	2,00	1,99	200
	11700	2082	88	88	7,2	6,8	1,95	1,92	280
	11700	2076	88	88	5,5	5,1	1,90	1,90	320
	11700	2094	88	88	9,4	8,7	1,85	1,89	410
Круг 33 Ст 20	11700	2119	26	26	10,2	9,40	1,5	1,5	130
	11700	2108	26	26	11,2	9,70	1,50	1,55	240
	11700	2075	26	26	3,90	3,45	1,50	1,52	315
	11700	2057	25	25	5,20	4,50	1,50	1,50	376
№ 32 А500	11700	2062	27	27	3,3	3,83	3,2	3,2	50
	11700	2108	27	27	10,2	8,97	3,20	2,22	120
	11700	2113	27	27	11,00	9,20	3,20	3,22	230
	11700	2083	27	27	7,40	6,25	3,10	3,14	275
Круг 19	11700	2079	79	79	6,45	6,14	1,00	1,04	80
	11700	2082	79	79	7,50	6,60	1,00	1,03	140
	11700	2119	81	81	2,10	1,86	1,00	1,03	200
	11700	2104	80	80	8,20	7,70	1,00	1,00	230
№ 18 25Г2С	11700	2090	87	87	3,0	2,45	2,0	2,0	100
	11750	2064	83	83	3,1	2,36	2,1	2,1	50
	11700	2128	89	89	2,30	1,80	2,00	2,05	110
	11700	2095	87	87	5,80	5,20	1,95	1,92	240
Круг 42	11750	2074	15	15	9,50	8,70	2,00	2,08	85
	11750	2122	16	16	7,50	7,2	2,00	2,06	150
	11750	2117	16	16	6,80	6,20	2,00	2,04	220
	11750	2093	15	15	11,00	9,60	2,00	2,04	310
№ 28 25Г2С	11700	2048	35	35	3,5	2,8	2,5	2,5	600
	11700	2061	35	35	8,30	7,85	2,5	2,53	480
	11700	2097	36	36	3,50	3,10	2,5	2,52	310
	11700	2057	35	35	4,75	4,15	2,50	2,52	190

Продолжение таблицы П4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Круг 30	11700	2114	32	32	4,10	3,85	1,50	1,55	210
	11700	2107	32	32	3,15	2,90	1,5	1,5	285
	11700	2081	31	31	11,10	9,85	1,50	1,550	1500
Круг 16 3СП	11800	2093	114	114	2,1	1,1	1,50	1,85	250
	11800	2079	113	113	2,00	2,21	1,50	1,50	330
	11800	2058	112	112	8,00	8,75	1,50	1,52	380
	11800	2087	113	113	2,05	1,80	1,50	1,50	430
Круг 36	11750	2090	22	22	3,20	2,74	1,5	1,5	110
	11750	2064	21	21	11,20	10,80	1,50	1,50	170
	11750	2128	22	22	7,50	7,20	1,50	1,52	260
	11750	2095	22	22	4,00	3,70	1,50	1,50	310
Круг 25 3СП	11750	2068	45	45	6,10	5,25	1,00	1,00	400
	11750	2119	46	46	5,20	4,80	1,00	1,00	70
	11750	2104	46	46	1,80	1,60	1,00	1,02	160
	11750	2090	45	45	8,20	7,80	1,00	1,00	240
Круг 22	11750	2064	57	57	4,90	4,00	1,00	1,00	110
	11750	2062	57	57	4,00	3,50	1,00	1,00	170
	11750	2108	57	57	3,20	2,90	1,00	1,01	220
	11750	2113	57	57	5,60	5,27	1,00	1,00	250
Круг 40	7200	2069	29	29	3,80	3,20	2,0	2,0	350
	7200	2094	29	29	6,20	5,70	2,00	2,3	160
	7200	2119	29	29	6,50	6,00	2,00	2,00	210
	7200	2108	29	29	5,50	5,02	2,00	2,00	270
Круг 32	11750	2075	28	28	0,02	1,20	2,00	1,96	175
	11750	2119	28	28	8,20	7,80	2,00	2,02	245
	11750	2057	27	27	8,40	7,95	2,00	2,01	275
	11750	2086	28	28	0,30	1,50	2,00	2,00	311
№ 20	11750	2116	71	71	6,20	5,07	2,00	2,00	150
	11750	2119	71	71	7,10	6,50	2,00	2,03	230
	11750	2057	69	69	5,70	5,40	2,00	2,01	275
	11750	2086	70	70	7,70	6,90	2,00	2,08	310
Круг 28	11750	2076	36	36	6,80	6,20	1,00	1,02	65
	11750	2094	37	37	1,02	1,50	1,00	1,04	115
	11750	2119	37	37	6,30	5,70	1,00	1,01	170
	11750	2108	37	37	4,50	3,80	1,00	1,02	215
№ 16	11750	2102	110	110	10,20	11,69	1,60	1,60	300
	11750	2062	108	108	8,70	8,00	1,60	1,62	320
	11750	2108	110	110	9,90	10,45	1,55	1,55	390
	11750	2113	111	111	0,20	1,20	1,55	1,57	415
№ 22	11700	2090	58	58	8,30	7,70	2,00	2,02	85
	11700	2064	57	57	5,80	5,20	2,00	2,02	165
	11700	2128	59	59	7,60	7,20	2,00	2,02	185
	11700	2095	58	59	9,10	1,50	2,00	1,96	215
Круг 18 3сп	11750	2114	89	89	6,90	6,30	1,00	1,00	300
	11750	2094	88	88	8,40	7,80	1,00	1,02	260
	11750	2119	89	89	8,90	8,00	1,00	1,01	180

	11750	2108	89	89	3,90	2,90	1,00	1,02	90

Окончание таблицы П4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Круг 24	11700	2075	49	49	10,60	8,90	1,00	1,02	115
	11700	2104	51	51	7,60	7,00	1,00	1,02	230
	11700	2090	50	50	3,60	2,75	1,00	1,02	250
	11700	2119	50	50	8,10	7,40	1,00	1,02	270
№ 14 А500	11700	2104	145	145	9,10	8,00	1,40	1,42	120
	11700	2090	144	144	8,25	7,50	1,40	1,43	210
	11700	2064	143	143	9,30	8,50	1,40	1,42	250
	11700	2104	145	145	9,10	8,00	1,40	1,42	280
№ 32 35ГС	11700	2090	27	27	8,30	7,60	3,20	3,22	110
	11700	2119	28	28	0,30	1,20	3,20	3,17	230
	11700	2057	27	27	3,40	2,80	3,20	3,22	270
	11700	2086	27	27	9,20	8,70	3,20	3,33	320
Круг 17 Ст 20	11700	2119	101	101	5,50	5,10	0,80	0,81	70
	11700	2104	100	100	9,40	8,60	0,80	0,81	110
	11700	2090	100	100	2,30	1,60	0,80	0,81	160
	11700	2064	98	98	7,50	6,80	0,80	0,82	215
№ 12 А500	11750	2078	198	198	5,80	6,23	1,20	1,20	380
	11750	2062	196	196	0,30	1,20	1,20	1,18	315
	11750	2108	201	201	0,10	1,20	1,20	1,18	210
	11750	2113	201	201	6,00	5,20	1,20	1,18	120

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Акт испытаний ПП

Утверждаю
Начальник СЦ ОАО «ММК»
Новицкий Р.В.

АКТ

испытаний программного продукта

При Выполнении научно-исследовательской работы договор №211395 от13.05.13 г. «Снижение выпуска продукции незаказной длины» в период с 15.04.2013 по 01.10.2013 разработанный программный продукт (ПП) «Оптимизация алгоритма раскроя для стана 370» подвергался испытанию преподавателями кафедры ОМД ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет»: д.т.н., профессором Моллером А.Б.; к.т.н., доцентом Левандовским С.А. к.т.н., доцентом Кинзиным Д.И. и научным сотрудником Саранча С.Ю. на стане 370 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») с непосредственным участием начальника стана Мурзабаевым Т.А.

1. Цель испытаний
   Оценка адекватности функционирования и целесообразности интеграции ПП в систему АСУТП.
2. Период испытаний
   В период август-сентябрь 2013 г. были проведены испытания ПП на посту №1 стана 370 СЦ в режиме «советчика».
3. Перечень проводимых испытаний
   За указанный период ПП проанализировал информацию о производимой продукции, в частности - 15 круглых профилей и 9 арматурных для 5 различных марок стали общим объёмом 25 732 тонн.
4. Сведения о результатах
   Получены следующие сведения по итогам использования ПП: немерный остаток (м), число итоговых мерных резов и рекомендуемые межвалковые зазоры.
5. Выводы по итогам испытаний
   Результаты сравнения сведений полученных программным продуктом с фактическими значениями свидетельствуют об адекватности работы программного продукта. Считаем целесообразным применение ПП на стане 370 СЦ ОАО «ММК» с дальнейшим решением вопроса об интеграции в АСУТП.

Руководитель темы А.Б. Моллер

Начальник стана 370 Т.А. Мурзабаев 27.09.13.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Авторское свидетельство на ПП

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2015662311

Нормирование раскроя прутковой продукции

Правообладатель: ***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (RU)***

Авторы: ***Саранча Сергей Юрьевич (RU), Моллер Александр Борисович (RU), Левандовский Сергей Анатольевич (RU), Кинзин Дмитрий Иванович (RU)***

Заявка № **2015619042**

Дата поступления **30 сентября 2015 г.**

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ ***19 ноября 2015 г.***

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жучков С.М., Лохматов А.П., Кулаков Л.В. Тенденции развития технологии и оборудования для реализации процесса бесконечной сортовой прокатки.
2. Юрина О.В., контролер ОКП участка МЦ и ЦОЛЗ, автор работы Шутяк С.А., начальник участка ОКП МЦ и ЦОЛЗ, руководитель работы. Процесс бесконечной прокатки с применением метода сварки EWR непрерывно-литых заготовок в условиях СЦ. // ОАО «ММК», Магнитогорск.
3. Реф. А.В. Зиновьев. Поточное соединение заготовок – главный технический прием при бесконечной горячей прокатке. // ОАО «Черметинформация», Новости черной металлургии за рубежом 2003-1, С. 52-53.
4. Аустен Т.Х. EBROS – система бесконечной прокатки сортовых профилей. // ОАО «Черметинформация». Новости черной металлургии за рубежом 2004-2, с40-42.
5. А.В. Сарычев, А.Б. Великий, Д.В. Юрченко. Способ оперативной корректировки мерной длины заготовки в процессе разливки на сортовых МНЛЗ магнитогорского металлургического комбината. // Черная металлургия 2007-1, с22-24.
6. ТИ-101-П-СЦ-21-2007. Технологическая инструкция стана 370 ОАО «ММК».
7. ГОСТ 2590-88 (СТ СЭВ 3898-82). Прокат стальной горячекатаный круглый.
8. ГОСТ 2591-88 (СТ СЭВ 3899-82). Прокат стальной горячекатаный квадратный.
9. ГОСТ 2879-88 (СТ СЭВ 3897-82). Прокат стальной горячекатаный шестигранный.
10. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные.
11. ГОСТ 8510-86. Уголки стальные горячекатаные неравнополочные.
12. ГОСТ 103-76 (СТ СЭВ 3900-82). Полоса стальная горячекатаная
13. ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные.
14. Отчеты отдела контроля качества и приемки продукции ОАО «ММК» по СЦ.
15. А.Б. Моллер, А.А. Зайцев, О.Н Тулупов. Модель настройки сортопрокатного стана при матричном описании формоизменения в калибрах простой формы // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1999. № 10. С. 15-18.
16. Моллер А.Б. Методология управления качеством в сортопрокатной технологической системе на основе адаптивных моделей

формоизменения потребительских свойств продукции / диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / ГОУВПО "Магнитогорский государственный технический университет". Магнитогорск, 2011.
17. Moller A.B., Zaitsev A.A., Tulupov O.N.. Model of setting up a bar mill with a matrix description of shaping in passes of simple form // Steel in Translation. 1999. Т. 29. № 10. С. 59-63.
18. Разработка и применение баз данных технологических параметров с целью освоения и совершенствования современных сортопрокатных станов. // С.А. Левандовский, Д.В. Назаров, А.С. Лимарев, А.Б. Моллер, О.Н. Тулупов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2005. № 4 (12). С. 36-40.
19. Новые решения в моделировании и практике процессов сортовой прокатки на основе структурно-матричного подхода и его приложений. / О.Н. Тулупов, А.Б. Моллер, М.Г. Поляков, А.В. Логинов, Ю.В. Симаков, Д.В. Колясов, С.А. Левандовский // Производство проката. 2004. № 7. С. 19-26.
20. Концепция построения современных моделей прокатки на сортовых станах. / А.Б. Моллер, О.Н. Тулупов, А.С. Лимарев, Д.В. Назаров // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 1. С. 64-67.
21. Методы применения математической модели настройки непрерывных сортовых станов. // А.Б. Моллер, А.А. Зайцев, О.Н. Тулупов, С.Ф. Рашников // Производство проката. 1999. № 5. С. 7-12.
22. Моллер А.Б. Управление качеством на основе адаптивных моделей формирования свойств продукции и компетентности персонала // Стандарты и качество. 2011. № 9. С. 58-59.