

**КЛАСТЕР НОМЕНКЛАТУРЫ ЛИСТОШТАМПОВОЧНЫХ
ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСКРОЯ
МЕТАЛЛОПРОКАТА**

Е. В. Федорина, И. Ф. Дьяков

**NOMENCLATURAL CLUSTER OF SHEET STAMPING
PARTS FOR DESIGNING OF METAL CUTTING**

E. V. Fedorina, I. F. Dyakov

Аннотация. *Актуальность и цели.* В настоящее время применяется большое количество программ по раскрою различного листового и рулонного материала стандартной и произвольной формы из металла, стекла, древесины, ткани, меха и т.д. Программы хорошо себя зарекомендовали при резке на современном специальном оборудовании с помощью управляющих программ в условиях единичного и мелкосерийного производства, когда необходимо оптимально раскроить на листе различные детали (групповой раскрой). В крупносерийном и массовом производстве, характеризующемся индивидуальным раскромом и наличием других важных показателей раскроя, эти программы имеют ограниченное применение. Для реализации задачи автоматизированного раскроя в условиях такого производства необходимо создание новой системы или расширение использования применяемых систем. Для принципиально нового подхода к проектированию раскроя необходимо создание основных справочников по деталям, оборудованию и металлопрокату. Ввиду отсутствия работ по классификации деталей с точки зрения раскроя разделение деталей является наиболее сложным этапом. Цель исследования – формирование базы данных для программного обеспечения проектирования оптимального раскроя. *Материалы и методы.* Для реализации поставленной задачи проанализирована номенклатура холодноштамповочных деталей прессового производства, сформированы каталоги заготовок и отходов, выявлены отличительные признаки, представлен классификатор деталей для создания справочника, необходимого при проектировании раскроя. *Результаты.* Создана база данных в MS Access «Кластер деталей «ПРОМ-2013», в которой представлена информация о поддетальном раскроме металла. Результатом работы новой базы данных является «карта раскроя материала». *Выводы.* В разработанной базе данных накапливается информация о поддетальном раскроме, которая дает возможность систематизировать данные раскроя и осуществлять поиск необходимой информации. Карты раскроя позволяют получить наглядное изображение раскроя и быстро оценить результаты.

Ключевые слова: оптимальный раскрой, ресурсостойкий показатель, классификация деталей, маршрут переработки листового металла, холодноштамповые детали.

Abstract. *Background.* Currently used a large number of different programs for cutting the sheet and roll material, both standard and arbitrary shape from a metal, glass, wood, fabric, fur, etc. The programs proved to be good for cutting on modern special equipment with the help of control programs in single and small batch production, when it

is necessary to cut the sheet optimally to different billets (group cutting). In mass and large production, characterized by individual cutting and the presence of other important cutting parameters, these programs have limited application. To realize the task of automated cutting in the conditions of such production, it is necessary to create a new system or expand the use of the applied systems. For a fundamentally new approach to designing cutting need to create basic directories: on details, equipment and rolled metal. In the absence of work on the classification of parts from the point of view of cutting, the separation of parts is the most difficult stage. The purpose of the research is the formation of a database for software for designing optimal cutting. *Materials and methods.* For realization of the task, the nomenclature of parts for cold stamping was analyzed, catalogs of blanks and wastes were formed, distinctive features were revealed, the classifier of details was presented to create the directory necessary for designing the cutting. *Results.* In MS Access the database «Cluster of details PROM-2013» was created, in which information about the cutting of metal is presented. The result of the work of the new database is the «map for cutting material». *Conclusions.* The developed database accumulates information about the cutting, which makes it possible to systematize the cutting data and to search for the necessary information. Cards for cutting allow you to get an idea of cutting and quickly evaluate the results.

Key words: optimal cutting, resource-saving coefficient, classification details, route for sheet metal processing, cold-formed parts.

Введение

Эффективность машиностроительного производства определяется снижением потребляемого металлопроката, затраты на который в себестоимости выпускаемой продукции составляют значительную часть. Поэтому проблему повышения эффективности производства необходимо решать в двух направлениях: с одной стороны, снижать металлоемкость, а с другой – использовать менее дорогую металлопродукцию за счет поиска альтернативных поставщиков проката.

Одной из задач повышения эффективности использования металла является совершенствование технологии раскроя, которое можно осуществить двумя способами:

1. Улучшение действующих технологических процессов. Для этого крайне важно систематически проводить анализ потерь и отходов металла, образующихся на производстве, что позволит вскрыть причины нерационального использования металла и определить резервы снижения металлоемкости.
2. Проектирование новых передовых технологий. Необходимо разрабатывать прогрессивные металлосберегающие технологии и обеспечивать практическое внедрение их в производство.

Основными потребителями металлопродукции являются машиностроительные комплексы. Потребление металла в отраслях машиностроения оценивается более чем 50 млн т в год [1]. К ограничителям роста металлопотребления относится политика ценообразования производителей металлопродукции. Цена одной тонны металла составляет несколько десятков тысяч рублей. Даже незначительное снижение потребления металла или расходов на металл принесет огромную экономическую пользу.

Важнейшим резервом экономии металла является рациональный раскрой проката [1, 2]. В качестве исходных материалов для листовой штамповки используют листы, рулоны, ленты, специальные полосы и т.д. Резка металлопроката осуществляется на заготовительных участках в цехах-потребителях проката или выделена в самостоятельное раскройно-заготовительное производство. Маршруты переработки листового проката отличаются многообразием и зависят от масштаба производства, имеющегося на предприятии технологического оборудования, условий поставки исходного материала, размеров штампуемых деталей и других факторов [3]. Возможная последовательность переработки листопроката по разным направлениям показана на рис. 1.

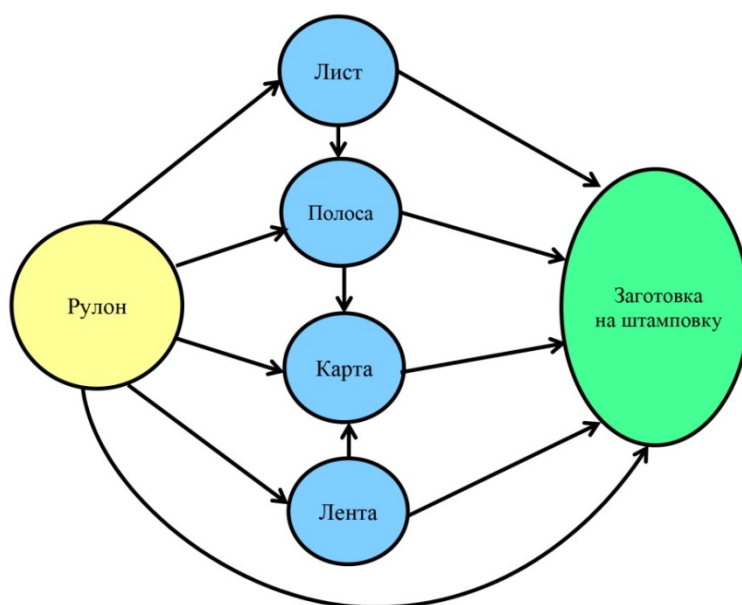


Рис. 1. Возможные маршруты раскроя

В настоящий момент заказ листового и рулонного материала ведется с учетом двух главных задач:

1. Определение минимальной потребности металла, исходя из имеющегося на автомобильных заводах сортамента.
2. Формирование сортамента металла под габариты основных металлоемких деталей.

Традиционная схема проектирования технологических процессов листовой штамповки (рис. 2), включающая этап раскроя исходных материалов, не позволяет произвести оптимальный раскрой всей номенклатуры штампуемых деталей, так как расчет базируется на определении наиболее рационального использования металла, соответствующего максимальному коэффициенту использования металла (КИМ) и минимальному потреблению материала [1, 2] по каждой детали в отдельности. На рис. 3,а представлен алгоритм подетального расчета раскроя металла.



Рис. 2. Существующая схема проектирования раскроя

Раскрой листового и рулонного металлопроката на полосы и штучные заготовки для штамповки деталей является основой ресурсосбережения заготовительного производства. Показатели эффективности раскроя – норма расхода, коэффициент использования металла, коэффициент раскроя металла (КРМ) – относятся к важным натуральным характеристикам экономичности реализуемых процессов на предприятии. Натуральные показатели нужны для материально-вещественного выражения объема производимой продукции (т, кг, м, шт. и др.), необходимых ресурсов, оборудования, формирования плана производства, плана снижения издержек.

Однако монополизация в поставке металла при отсутствии альтернативных поставщиков металлопроката, субъективное предпочтение какого-либо одного производителя и бесконтрольный рост цен практически сводят к нулю стремление уменьшить норму расхода штампуемых деталей и получить экономию.

Новые подходы к решению задач раскроя

В связи со сложившимися производственными условиями на металлургических комбинатах и предприятиях, перерабатывающих листовый металлопрокат, при разработке раскроя предлагается учитывать динамику изменения политики цен, что сказывается на увеличении себестоимости изделий, так как затраты на металл могут составлять до 90 % [3]. Кроме того, информация о прокате не только в натуральном, но и в стоимостном выражении позволяет более детально анализировать затраты в части экономного использования металлопроката. Применение стоимостных показателей наряду с натуральными позволят также дать более эффективную экономическую оценку деятельности предприятия [4]. Существует взаимосвязь между натуральными и стои-

мостными характеристиками. Стоимостные показатели определяются на основе натуральных показателей. В то же время стоимостная оценка затрат способствует более рациональному применению ресурсов и подъему эффективности производства.

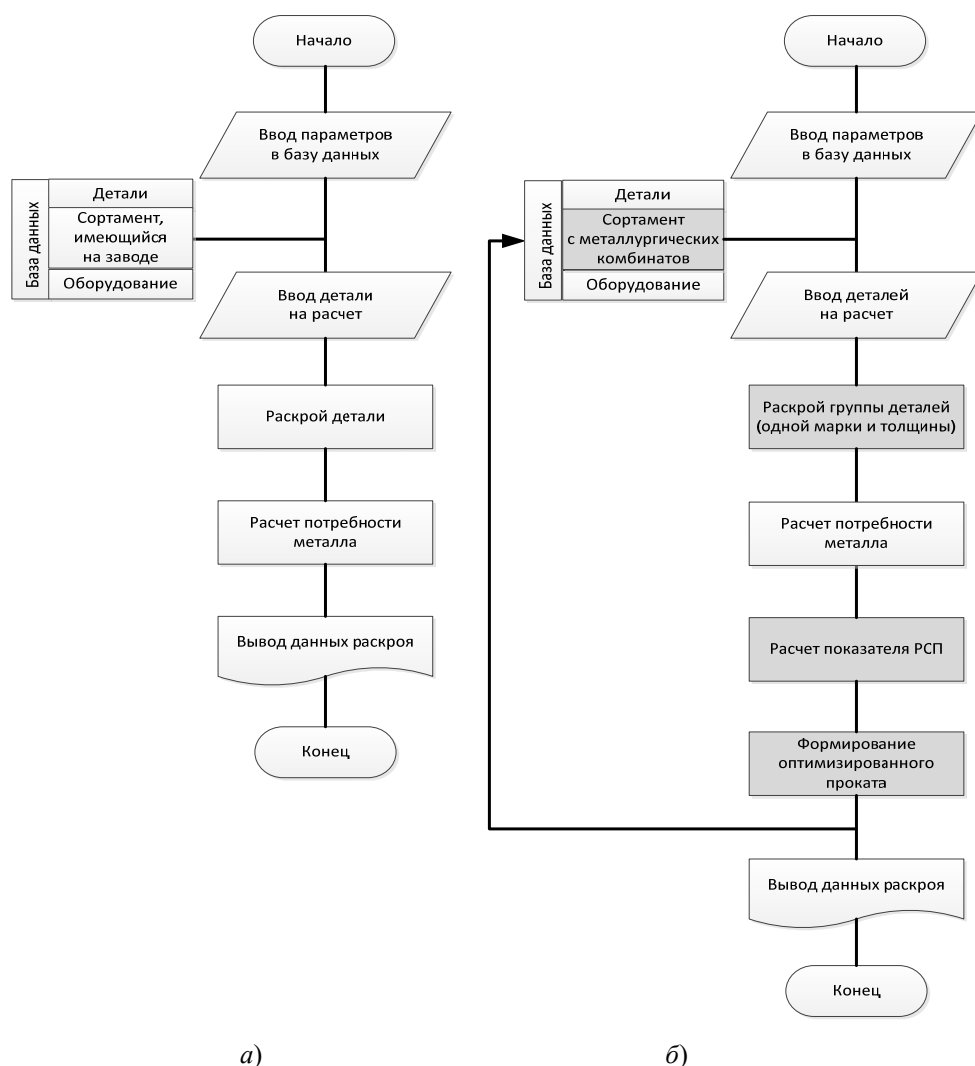


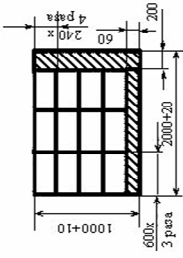
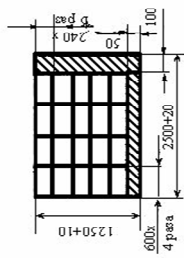
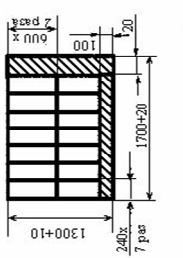
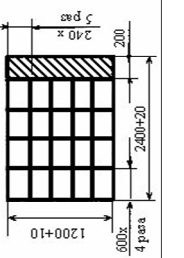
Рис. 3. Алгоритм расчета раскроя металлопроката

Для повышения экономичности раскроя необходимо располагать информацией о сортаменте (типоразмерах) металлопроката, производимого металлургическими комбинатами. В случае экономической целесообразности номенклатуру типоразмеров проката необходимо расширять и систематизировать.

Кроме того, расширение списка альтернативных поставщиков металлопроката дает возможность увеличить перечень сортамента металла, подлежащего раскрою. При этом может сложиться такая ситуация, когда при выборе выгодного раскроя будет отдано предпочтение варианту не с минимальной нормой расхода или с минимальной ценой стали, а с минимальными затратами на металл.

Таблица 1

Варианты раскроя заготовки из предлагаемого металлургическими комбинатами сортамента

№п/п	Наименование поставщика	Габариты листового металла	Схема раскроя	Вес листа с учетом половины допуска на размеры, кг	Количество деталей из листа, шт.	Масса детали, кг	Норма расхода, кг	КИМ	Цена 1 кг металла, руб.	Затраты по металлу на 1 дет., руб.
1	Металлургический комбинат №1	Лист 1,0х1000х2000		15,818	12	1,000	1,318	0,759	20,1	26,495
2	Металлургический комбинат №2	Лист 1,0х1250х2500		24,728	20	1,000	1,236	0,809	20,1	24,852
3	Металлургический комбинат №3	Лист 1,0х1300х1700		17,518	14	1,000	1,251	0,799	19,8	24,775
4	Металлургический комбинат №4	Лист 1,0х1200х2800		24,689	20	1,000	1,234	0,810	20,22	24,960

В качестве примера в табл. 1 представлены четыре возможных варианта раскроя заготовки с размерами 240×600 мм для штамповки детали массой 1 кг при наличии четырех условных поставщиков четырех типоразмеров листового металла с разной ценой. Анализируя табличные результаты, можно сделать выводы, что наименьшая норма расхода 1,234 кг и наибольшее значение КИМ 0,81 соответствуют раскрою по варианту № 4. Однако минимальные затраты по металлу на 1 деталь составляют 24,775 руб. по варианту № 3 при норме расхода 1,251 кг (не наименьшее значение) и КИМ 0,799 (не наибольшее значение). В рассмотренном примере разница в затратах по вариантам № 3 и № 4 на 1 деталь составляет 0,185 руб. Нетрудно подсчитать, что при программе 100 тыс. штук затраты изменятся на 18,5 тыс. руб., а для годового выпуска производства в 1000 наименований деталей разница составит 18,5 млн руб. [5].

Поэтому для оценки эффективности работы холодноштамповочных производств и, в частности, заготовительных участков, занимающихся раскромом металлопроката, предлагается использовать сочетание нескольких показателей с определением комплексного показателя затрат или ресурсостоймостного показателя (РСП).

Из многообразия предлагаемых альтернативных решений по возможному варианту раскроя металла выбор будет осуществляться с помощью нового показателя в пользу максимально выгодного с точки зрения минимальных финансовых затрат. Применение комплексного показателя в качестве основного при определении рационального раскроя с помощью математических методов позволит получать ежегодную экономию порядка 3–5 % от затрат на металлопрокат.

С целью снижения потерь и экономии металла предлагаются современные подходы к решению задач заготовительного производства:

1. Формирование оптимального (по габаритам и объему) сортамента металлопроката происходит за счет соблюдения монтажности нормы поставки не менее 25–30 т; ведения расчета одновременно для всей группы деталей, изготавливаемых из данного материала (марки и толщины), что позволяет рационально подбирать отходы на другие детали данной группы; унификации листового и рулонного сортамента, приводящей к дальнейшему сокращению заказываемой номенклатуры металла и к возможности более гибких действий при заказе.

2. Заказ оптимизированного сортамента (технологически и экономически обоснованного) для номенклатуры листоштампованных деталей следует осуществлять на базе анализа сортамента металлургических комбинатов с учетом уровня их цен на необходимый металлопрокат, что позволит минимизировать финансовые затраты.

3. Необходимо введение изменяющихся норм расхода металла, что потребует систематических перерасчетов в зависимости от меняющейся номенклатуры заказываемого металлопроката и использования отходов раскроя крупногабаритных деталей для штамповки изделий меньших размеров.

Норма расхода направлена на формирование минимальной стоимости заготовки (детали). Меняющаяся норма должна стать новой концепцией при

проектировании раскроя, направленной на совершенствование принимаемых решений на начальном этапе производства листоштамповочных деталей – резке заготовок с целью минимизации целевой функции – минимальных затрат и создания ресурсосберегающей технологии.

Для оптимального раскроя одновременно всей номенклатуры деталей и минимизации финансовых средств в расчетах необходимо учитывать не только популярные технико-экономические показатели, но и современные, не менее значимые факторы, такие как программа деталей, цена металла.

В связи с этим предлагаются новая схема проектирования раскроя (рис. 4) и алгоритм расчета раскроя по новой схеме (на рис. 3,б), которые основаны на использовании предложенного комплексного показателя эффективности РСП. В схему и алгоритм введена обратная связь с процессом заказа металла и сортаментом, выпускаемым металлургическими комбинатами, с указанием цены на металл. При обновлении базы данных по металлу и изменении производственных условий оптимизационный расчет по раскрою повторяется по циклу до достижения наилучшего результата РСП. В этом случае нормы расхода станут более «прозрачными», активными, динамично изменяющимися в условиях современного производства.



Рис. 4. Предлагаемая схема проектирования раскроя

Для реализации принципиально нового подхода к проектированию раскроя рассмотрена номенклатура деталей (1900 шт.) одного из штамповочных цехов Ульяновского автомобильного завода. Детали были разбиты на группы по различным классификационным признакам. По результатам анализа предложен классификатор деталей, который в дальнейшем станет основой справочника деталей и базой для программного продукта по оптимальному раскрою металлопроката «ПРОМ-2013».

Кластеризация холодноштампуемых деталей при проектировании раскроя металлопроката

В зависимости от эксплуатационного назначения и формы установки в автомобиль холодноштампуемые детали разделяются на детали кузовной, рамной и арматурной штамповки. Детали кузовной штамповки устанавливаются в «черный» (неокрашенный) кузов. Детали рамной и арматурной штамповки – в окрашенный кузов. Такое разделение по назначению (рис. 5) позволит закрепить изготовление деталей за специализированными цехами, совместить резку металла и штамповку в одном цехе и сократить транспортные расходы и расходы на погрузочно-разгрузочные работы.

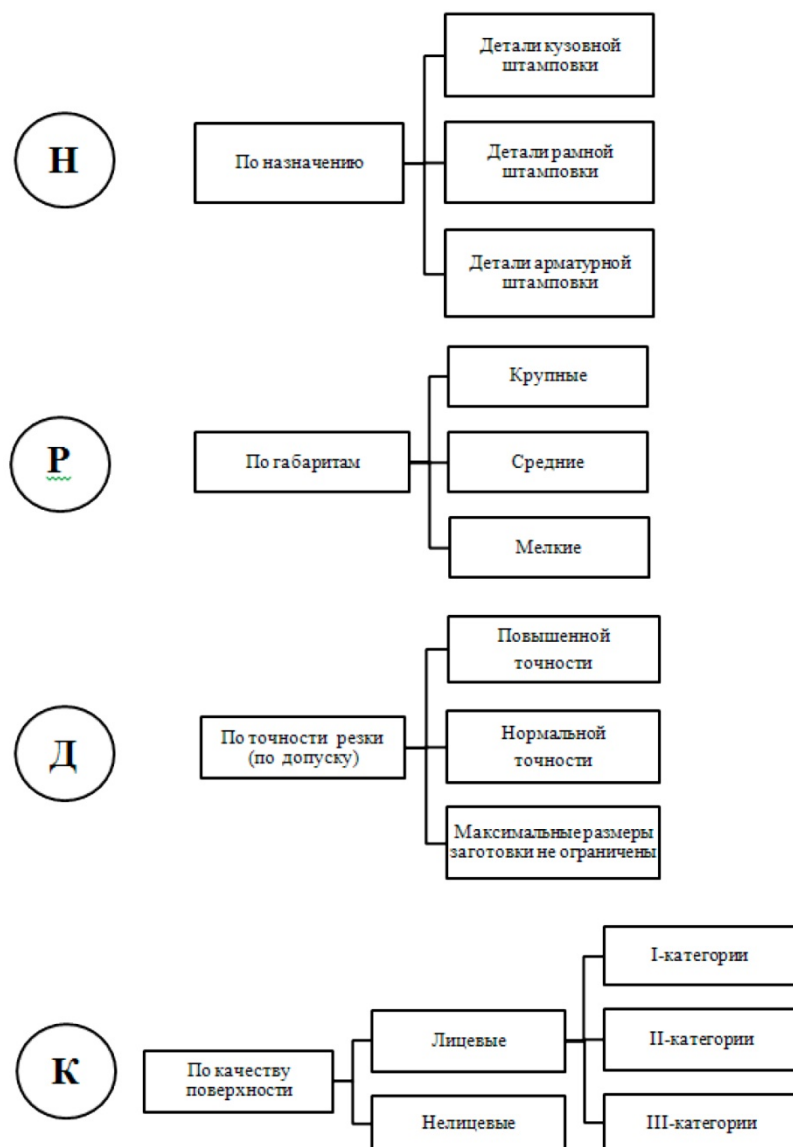


Рис. 5. Классификатор холодноштампуемых деталей по назначению – Н, габаритам – Р, точности резки – Д, качеству поверхности – К

По габаритам детали холодноштамповочного производства бывают крупные, средние, мелкие (см. рис. 5). Для листоштамповочных цехов с разной специализацией подобное деление зависит от размеров заготовок (деталей), которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Классификация холодноштампуемых деталей
в зависимости от размеров заготовок

Цех	Детали по габаритам заготовок		
	крупные	средние	мелкие
кузовной штамповки	св. 900–2500 мм	св. 400–900 мм	до 400 мм
рамной штамповки	св. 700–2000 мм	св. 300–700 мм	до 300 мм
арматурной штамповки	св. 300–500 мм	св. 100–300 мм	до 100 мм

Необходимая точность резки обуславливается технологиями штамповки и раскроя, отклонениями поступающего на раскрой сортамента, техническими возможностями режущего оборудования и экономным использованием металлопроката. Исходя из перечисленных ограничений, разобьем заготовки по точности резки (см. рис. 5):

- повышенной точности, когда номинальный размер заготовки задается с отрицательным отклонением, а при выполнении раскроя требуется дополнительная настройка оборудования и повышенное внимание оператора;
- нормальной точности, когда номинальный размер заготовки задается с симметричными отклонениями $\pm 1,00$ для размеров до 200 мм включительно; $\pm 2,00$ для размеров свыше 200 мм;
- максимальные размеры заготовки не ограничены, возможно применение остатков раскроя (деловых отходов) без дополнительной подрезки.

Градация заготовок по качеству поверхности (см. рис. 5) проведена с учетом требований, предъявляемых к поверхностям кузовных деталей. В зависимости от назначения кузовные автодетали делятся на две основные группы: лицевые и нелицевые.

К лицевым относятся детали трех категорий:

I категория – видимые поверхности всех панелей, образующих внешнюю форму кузова, не закрытых в процессе сборки декоративными деталями (поверхности водосточного желоба, пороги кузова);

II категория – видимые лицевые поверхности и внутренних частей кузова (определяются возможностью их обзора с мест водителя и пассажира при закрытых дверях кузова);

III категория – поверхности кузова, видимые кратковременно при открывании дверей, капота (поверхность проема задней двери).

На лицевой стороне заготовок для этих деталей не допускаются дефекты за исключением отдельных незначительных рисков и царапин длиной менее 20 мм. К нелицевым относятся остальные детали, и требования к поверхности заготовок для них не такие жесткие.

По толщине листоштампуемые детали разделим на тонколистовые 0,5–2,0 мм, средней толщины > 2,0 до 4,0 мм, толстые детали > 4,0 до 8,0 мм (рис. 6).

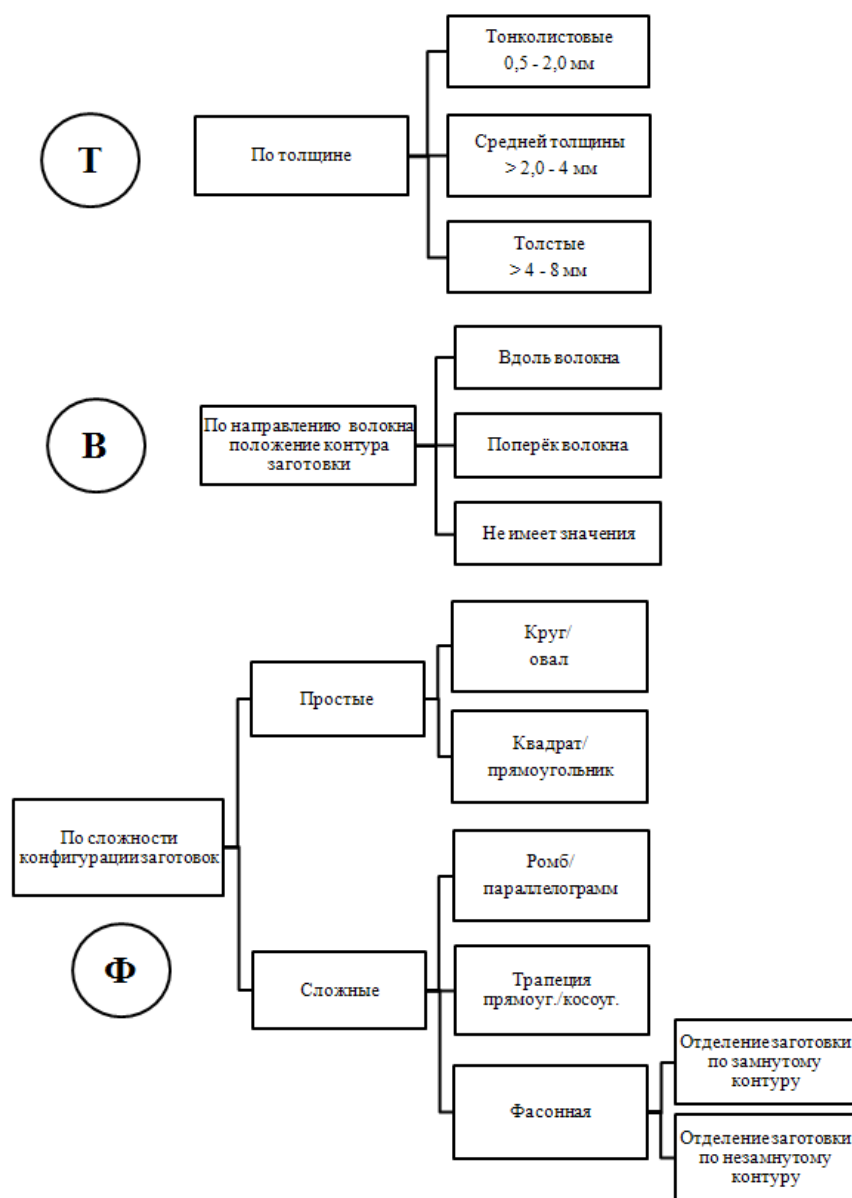


Рис. 6. Классификатор холодноштампуемых деталей по толщине – Т, направлению волокна – В, сложности конфигурации заготовок – Ф

Форма заготовки и ее размеры определяются конструкцией детали, конфигурацией развертки детали, технологическими процессами штамповки и резки. Заготовка представляет собой фигуру, полностью охватывающую развернутую деталь. По форме заготовки бывают простые и сложные (см. рис. 6). К простым формам предлагается отнести заготовки, охватывающие развертку простыми фигурами круг/овал и квадрат/прямоугольник. Сложные заготовки облегают развернутую деталь фигурами ромб/параллелограмм, трапеция. Сложные пространственные геометрии цельноштампованных деталей (каркасы боковин) обуславливают применение более слож-

ных, фасонных заготовок. Контур таких заготовок получают за счет отделения заготовки по замкнутому или незамкнутому контуру с помощью штампов фасонной вырубки и отрезных ножей в виде пакета штампов, режущего оборудования с программным управлением, лазерных установок.

В зависимости от исходного материала классифицируем раскраиваемые изделия на заготовки из основного материала (лист, полоса, рулон, лента) и заготовки из вторичного материала (отхода) (рис. 7). В зависимости от стадии образования отход может быть плоским (при раскрое/штамповке) или пространственным (при штамповке). Когда деловой отход применяется поэтапно несколько раз (отход от отхода), то вводим деление на отходы I рода и отходы II рода.

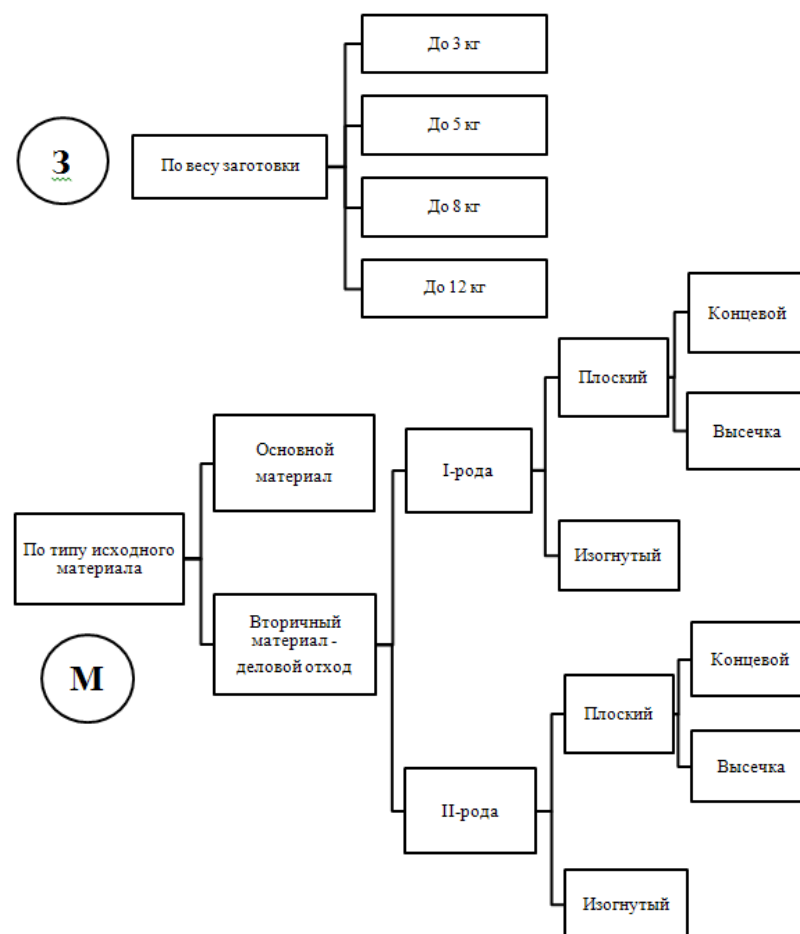


Рис. 7. Классификатор холодноштампуемых деталей по весу заготовки – 3, типу исходного материала – М

С целью соблюдения правил техники безопасности и требований охраны труда при разработке технологии раскроя нередко приходится ограничивать заготовки по весу. Исходя из производственного опыта, зададим четыре группы заготовок по весовой характеристике (см. рис. 7): 1-я группа – до 3 кг, 2-я группа – до 5 кг, 3-я группа – до 8 кг, 4-я группа – до 12 кг.

В зависимости от функционального назначения и возможности получения качественных деталей в процессе холодного листового деформирования расположение контура детали относительно волокон металлопроката может быть трех видов: полоса располагается вдоль линии проката (волокна) (рис. 8,а), поперек линии проката (рис. 8,б) и произвольно по направлению к волокну (рис. 8,в). Во избежание излома металла линию изгиба стремятся расположить под углом, приближенным к 90° к направлению проката (разделение заготовок в зависимости от направления волокна см. на рис. 6).

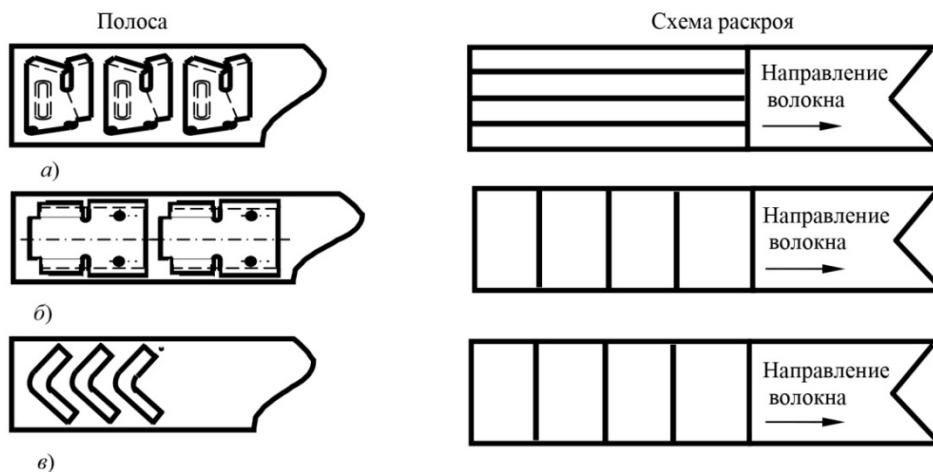


Рис. 8. Положение заготовки и волокна проката

В результате рассмотрения заводской номенклатуры холодноштамповочных деталей созданы каталоги заготовок с привязкой к штамповочным участкам, с описанием технологии раскроя заготовок из металла, технологии раскроя из отхода, с указанием деталей-доноров, деталей-акцепторов, сформированы три основных справочника: по деталям, оборудованию и металлопрокату. На рис. 9 представлены фрагменты каталога заготовок.

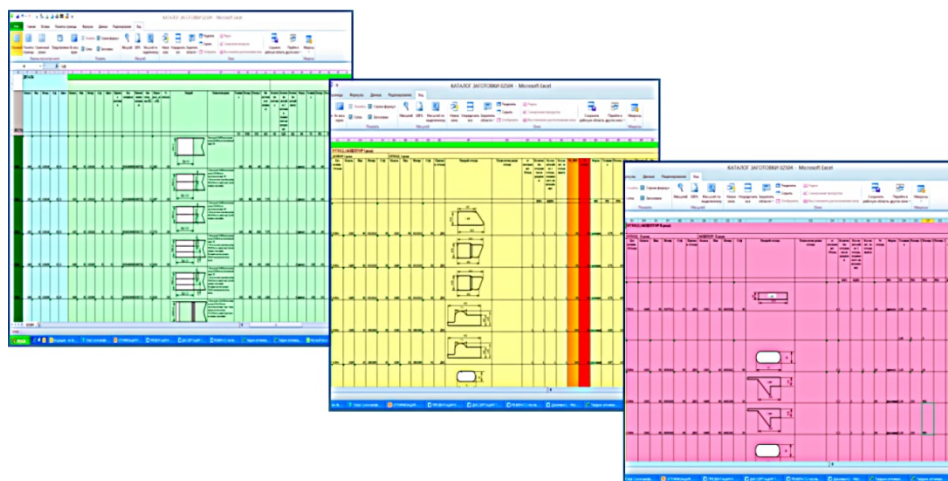


Рис. 9. Фрагменты каталога заготовок

Данная классификация деталей и заготовок определяет структуру базы данных (БД) по деталям для создания новой САПР.

База данных «Кластер деталей «ПРОМ-2013»

На основании этой классификации создана и официально зарегистрирована база данных «Кластер деталей «ПРОМ-2013». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620130. Вид и версия системы управления базой данных: Access. Управление всеми данными организовано в одном файле «Кластер деталей «ПРОМ-2013». База данных предназначена для сбора, хранения, систематизации и предоставления оперативной информации о подетальном раскрое металлопроката, обеспечивает быстрый поиск необходимых данных по номеру детали. Объектами базы данных Access «Кластер деталей «ПРОМ-2013» являются таблицы, формы, запросы и отчеты, имеющие различное назначение.

Вся вводимая информация сохраняется в одиннадцати таблицах, составляющих основу базы данных и предназначенных для определенного типа сведений о холодноштамповочных деталях. Данные из таблиц объединены в формах, запросах, отчетах установленными связями и составляют структуру базы данных «Кластер деталей «ПРОМ-2013» (рис. 10). Установленные связи позволяют контролировать вводимые данные о раскрое деталей во всей базе, добавлять и удалять одноименные записи.

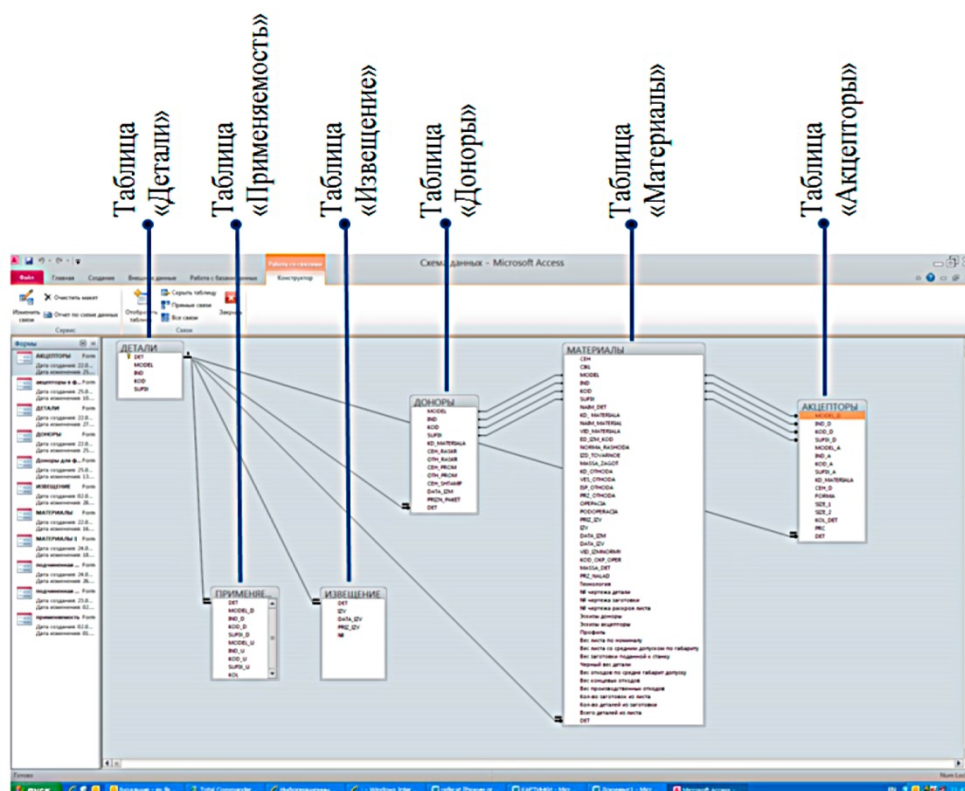


Рис. 10. Структура базы данных

Таблицы (шесть основных и пять вспомогательных) состоят из строк (записей) и столбцов (полей). Уникальным кодом, отличающим одну запись от другой, является номер детали (пятнадцатизначное число). Изменение данных в одной таблице автоматически обновляет сведения во всех формах, т. е. сохраняется целостность БД. Информационный фонд базы данных включает подетальные технико-экономические показатели раскроя, технологию раскроя, сведения о раскраиваемом металле, об образующихся отходах, о деталях-донорах и деталях-акцепторах. Результатом работы спроектированной БД является «Карта раскроя материала». Сформированная карта раскроя содержит информацию о деталях, схему раскроя листа/рулона, информацию об использовании остатков, параметры выбранного варианта (коэффициент использования материала, коэффициент раскроя материала, процент использования отхода, процент обеспеченности деталей отходом). Карта технической информации раскроя материала создается как на раскрой детали из листа/рулона, так и на раскрой остатков (рис. 11).

Просмотр и ввод данных осуществляются с помощью форм «Детали», «Материалы», «Доноры», «Акцепторы», «Извещение», «Применяемость».

Для визуализации данных раскроя в карту импортируются дополнительные сведения, созданные в интегрированных с Access приложениях Microsoft Office Word, Excel, PowerPoint, AutoCAD и др. Визуализация данных раскроя с привязкой к картам позволяет быстрее и эффективнее анализировать информацию и принимать экономически обоснованные решения.

Заключение

В процессе исследования разработана новая схема проектирования раскроя, позволяющая в результате циклического оптимизационного расчета (см. рис. 3) при постоянном обновлении данных по деталям, металлу, оборудованию достигать наилучшего результата нового показателя оптимальности раскроя – РСП и экономить до 3–5 % от годовых затрат на приобретение металла.

В ходе рассмотрения номенклатуры листоштамповочных деталей разработана классификация параметров деталей, подаваемых на раскрой, необходимая для систематизации, автоматизации и ускорения процесса ввода данных параметров, с целью сокращения времени на проектирование раскроя с применением ресурсосберегающих технологий. Полная информация о подетальном раскрое металла представлена в созданной базе данных «Кластер деталей «ПРОМ-2013», выходным документом которой является карта раскроя. Данная база представляет интерес для заготовительных отделений машиностроительных заводов, связанных с раскроем металлопродукции, и может применяться в качестве информационной основы для создания автоматизированных систем проектирования раскроя металла.

Библиографический список

1. Бабаев, Ф. В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ / Ф. В. Бабаев. – М. : Машиностроение, 1982. – 168 с.
2. Амбос, Э. Экономия сырья и материалов / Э. Амбос, А. Нойбауер, Ю. Освальд и др. – М. : Metallurgiya, 1989. – 255 с.

3. Ильин, Л. Н. Технология листовой штамповки : учеб. для вузов / Л. Н. Ильин, И. Е. Семенов. – М. : Дрофа, 2009. – 472 с.
 4. Ковалев, В. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия : учебник / В. В. Ковалев, О. Н. Волкова. – М. : ТК Велби : Проспект, 2007. – 424 с.
 5. Федорина, Е. В. Моделирование технологических процессов раскроя с целью минимизации затрат / Е. В. Федорина, И. Ф. Дьяков, В. Н. Кокорин // Упрочняющие технологии и покрытия – 2016. – № 4. – С. 39–43.
-

Федорина Елена Викторовна

аспирант,
Ульяновский государственный
технический университет,
ведущий инженер-технолог,
ООО УАЗ
E-mail: ev.fedorina@sollers-auto.com

Fedorina Elena Victorovna

postgraduate student,
Ulyanovsk State Technical University,
senior engineer-technologist,
LLC UAZ

Дьяков Иван Федорович

доктор технических наук, профессор,
кафедра основ проектирования машин
и инженерной графики,
Ульяновский государственный
технический университет
E-mail: i.dyakov@ulstu.ru

Dyakov Ivan Fedorovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of fundamentals of machine
design and engineering graphics,
Ulyanovsk State Technical University

УДК 621.77

Федорина, Е. В.

Кластер номенклатуры листоштамповочных деталей при проектировании раскроя металлопроката / Е. В. Федорина, И. Ф. Дьяков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2018. – № 1 (25). – С. 203–219.