

УДК 65.011:678

А.Ю. Панов<sup>1</sup>, Д.М. Сатаева<sup>2</sup>, А.А. Брехова<sup>3</sup>**ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС**

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева<sup>1</sup>,  
Нижегородский государственный инженерно-экономический университет<sup>2</sup>,  
Дзержинская производственная компания, г. Дзержинск<sup>3</sup>

Основным предметом анализа является влияние работы технологического оборудования на качество автомобильных компонентов, изготавливаемых методом литья пластмасс под давлением. В работе применены методы: фасетный метод классификации; диаграмма Исикавы, анализ экономических рисков. Разработана классификация несоответствий изделий из пластмасс. Определены причины появления несоответствий изделий. Установлено влияние работы оборудования на появление дефектов литьевых деталей. Проведен прогнозный экономический расчет потерь, возникающих вследствие изготовления некачественной продукции, и возможных срывов поставок по причине сбоев в работе оборудования. Выявлена необходимость разработки системы прогнозирования технического состояния оборудования, позволяющей предотвращать сбои в работе и обеспечивающей реализацию требований стандарта IATF 16949:2016 в отношении проведения анализа существующих рисков и выполнения предупреждающих действий.

*Ключевые слова:* IATF 16949:2016, автомобильный компонент, анализ рисков, дефект, контроль качества, литье под давлением, несоответствие, оборудование, предупреждающие действия, производство, термопластавтомат, финансовые риски.

В автомобильной промышленности вопросы безопасности, качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции становятся все более актуальными в связи с растущими требованиями рынка и необходимостью следования тенденции постоянного совершенствования как самих транспортных средств, так и входящих в их состав автомобильных компонентов.

На сегодняшний день ассортимент автокомпонентов чрезвычайно широк. Они имеют различное функциональное назначение и изготавливаются из самых разных материалов. Достаточно широкое распространение среди них получили изделия из пластмасс: это детали интерьера и экстерьера транспортных средств (включая крупногабаритные корпусные детали), детали панелей приборов и прочие изделия, входящие в состав других узлов автомобиля.

Одним из самых распространенных и прогрессивных методов производства этих деталей является литье пластмасс под давлением. Его главные достоинства: высокая производительность, высокая точность получаемых изделий, возможность изготовления деталей весьма сложной геометрической формы, возможность изготовления армированных изделий, деталей из вспенивающихся пластиков и др. Кроме того, при массовом производстве продукции методом литья под давлением её цена может быть значительно ниже по сравнению с аналогичным производством деталей другими методами.

Вопросы, связанные с применением данной технологии, рассматривались такими авторами, как Т. Освальд [1], М. Бихлер [2], Э.Л. Калинин [3], В.Г. Бортников [4] и др. В их работах описаны основные аспекты литья под давлением: особенности технологического процесса и используемых материалов, правила конструирования литьевых форм и самих изделий, а также методы оценки их стоимости, рассмотрены вопросы управления технологическим процессом, в частности, способы выявления и устранения дефектов, но без учета возможных отказов технологического оборудования и прогнозирования его состояния в процессе работы.

Целью настоящей статьи является оценка влияния работы оборудования на качество и эффективность производства изделий из пластмасс, а также анализ возможности предупреждения сбоев в его работе для исключения возникающих по этой причине несоответствий и, следовательно, снижения затрат предприятия-производителя.

В общем виде весь процесс производства литьевых изделий из пластмасс может быть описан схемой, представленной на рис. 1.

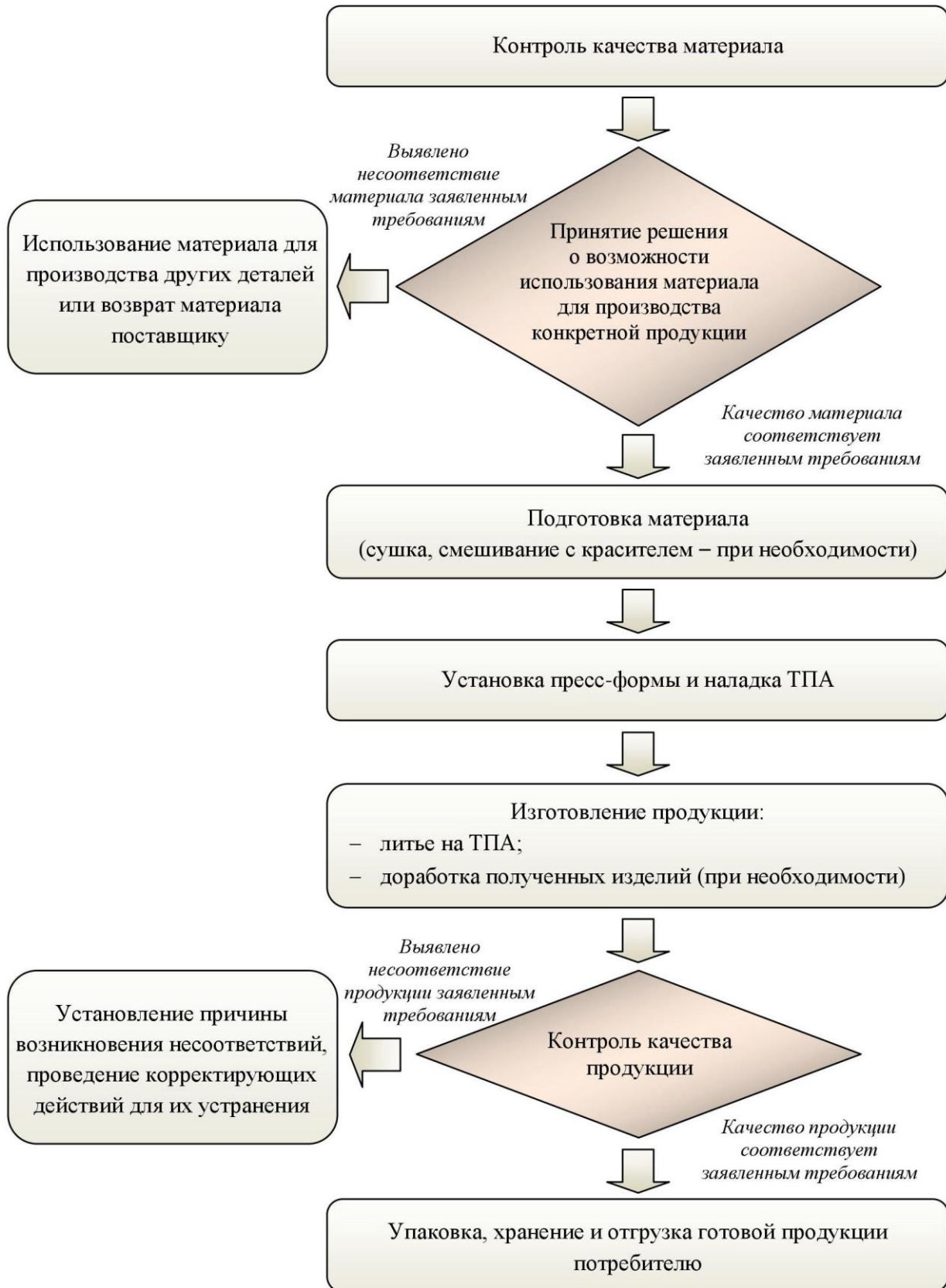
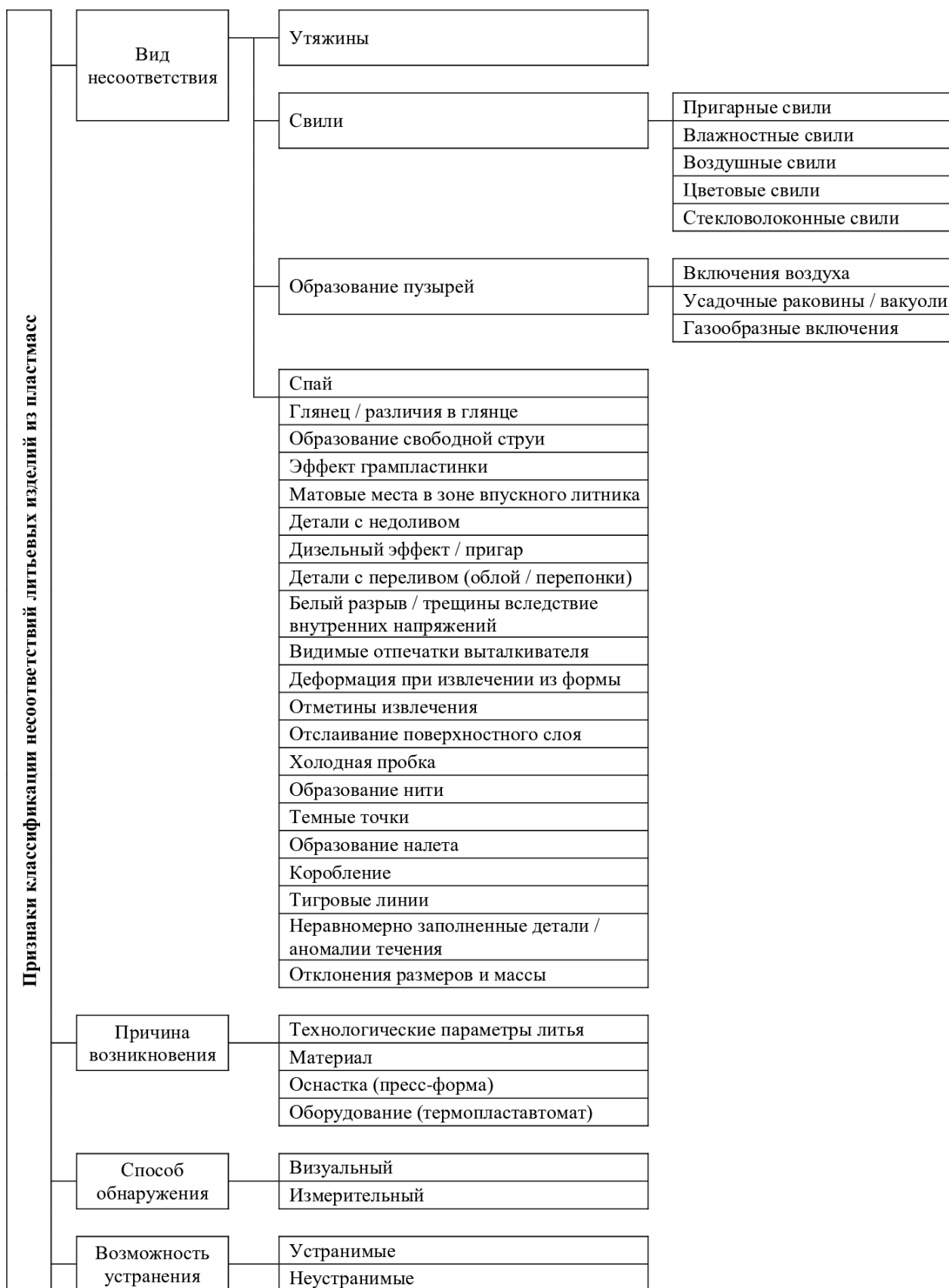


Рис. 1. Этапы производства деталей из пластмасс методом литья под давлением: ТПА – термопластавтомат



**Рис. 2. Классификация несоответствий изделий из пластмасс, изготавливаемых методом литья под давлением**

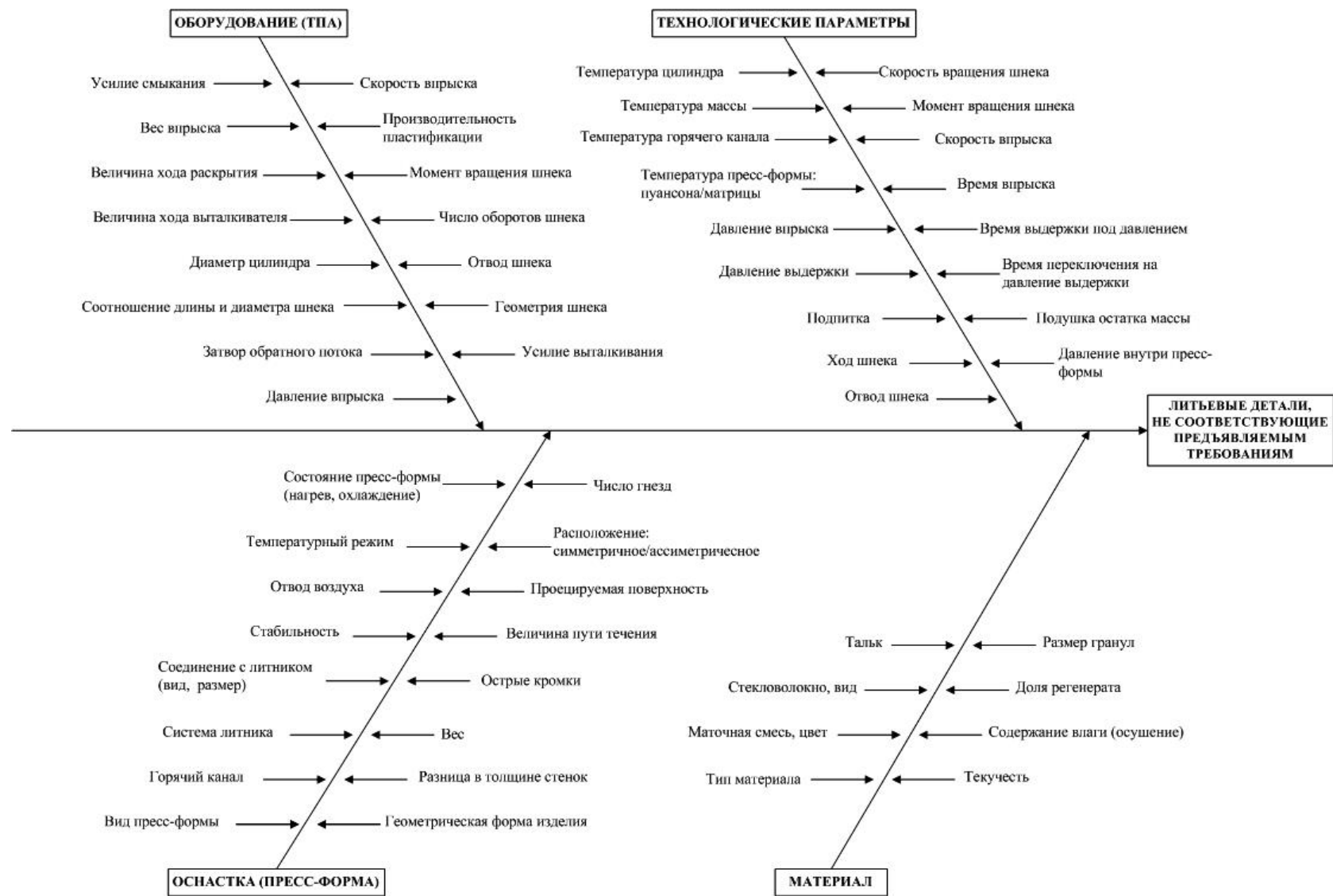


Рис. 3. Возможные причины несоответствий, возникающих при литье под давлением

Фактически изготовление детали представляет собой одноступенчатую операцию: за один единственный рабочий шаг в процессе литья под давлением формованная масса преобразуется в готовое изделие. И качество этого изделия может быть оценено уже только по окончании технологического цикла (совокупности согласованных друг с другом рабочих операций, выполняемых машиной для изготовления каждой отливки). Таким образом, о необходимости каких-либо корректирующих действий свидетельствует именно качество продукции на выходе.

Несоответствия изделий, изготавливаемых данным методом, могут быть сгруппированы по различным признакам:

- видам несоответствий;
- причинам возникновения;
- способам обнаружения;
- возможности устранения.

Оптимальным способом систематизации информации о несоответствиях в данном случае является классификация с применением фасетного метода: согласно РД 50-699-90 именно он применяется для классификации данных о несоответствиях, а в качестве фасетов рассматривается набор признаков.

Данный метод обеспечивает образование соответствующих классификационных группировок путем комбинации значений, взятых из определенных фасетов. Набор фасетов при этом представляет собой группу признаков, по которым многократно и независимо делится классифицируемая информация. Фасетный метод обладает большой гибкостью, позволяя образовывать новые классификационные группировки, включать новые и исключать старые фасеты, хорошо приспособлен к машинной обработке [5].

Предлагаемая классификация несоответствий литьевых изделий из пластмасс представлена на рис. 2.

Проблемы в процессе литья под давлением или дефекты отливки могут быть вызваны многочисленными причинами, которые могут зависеть от машины, пресс-формы, материала и технологических режимов (рис. 3) [1]. Поэтому важнейшую роль играет установление связи между самим несоответствием и причиной его появления, то есть сопоставление первых двух признаков представленной классификации.

Результаты анализа влияния работы оборудования, оснастки, используемого сырья и технологических параметров литья на возникновение того или иного дефекта приведены в табл. 1.

На возникновение каждого вида несоответствия может оказывать влияние не один, а сразу несколько факторов. Причем, как показывает практика, большинство дефектов может быть устранено в первую очередь регулировкой технологических параметров литья или заменой перерабатываемого материала. Реже причиной возникающих несоответствий являются ошибки при проектировании пресс-формы, необходимость доработки которой связана с определенными затратами, зависящими от сложности производимых работ.

Наименее вероятной причиной несоответствий, возникающих при литье под давлением, является сбой в работе термопластавтомата (табл.1). Однако в случае возникновения подобных сбоев они влекут за собой самые большие временные и материальные затраты, связанные с ремонтом (как правило, дорогостоящим) и простым оборудования, влекущим за собой риск невыполнения производственного плана и соответственно срыв поставки продукции в адрес потребителя.

В табл. 2 представлена информация о том, какие неисправности в работе оборудования могут приводить к тем или иным дефектам литьевых деталей.




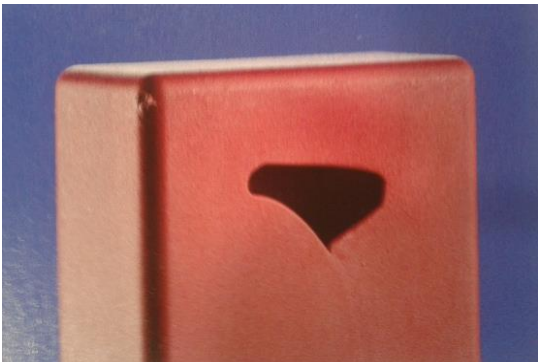
Таблица 1

## Сопоставление дефектов литьевых изделий и их возможных причин

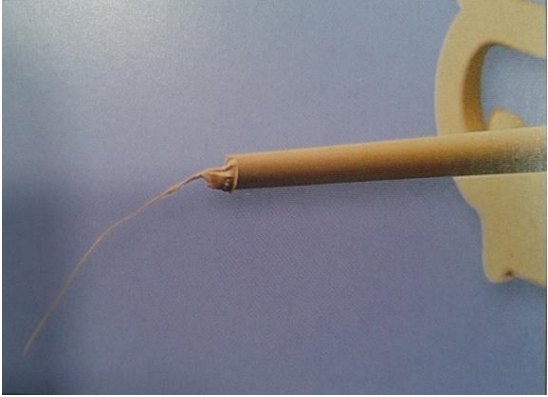

Вид несоответствия	Возможные причины возникновения несоответствия			
	Технологические параметры литья	Материал	Оснастка (пресс-форма)	Оборудование (ТПА)
Утяжины	+	+	+	–
Пригарные свиля	+	+	+	+
Влажностные свиля	–	+	+	–
Воздушные свиля	+	–	+	–
Цветовые свиля	+	+	–	–
Стекловолоконные свиля	+	+	–	–
Включения воздуха	+	–	+	+
Усадочные раковины / вакуоли	+	–	+	–
Газообразные включения	+	+	–	+
Спай	+	+	+	–
Глянec / различия в глянecе	+	+	+	–
Образование свободной струи	+	–	+	–
Эффект грампластинки	+	–	–	–
Матовые места в зоне впускного литника	+	–	+	–
Детали с недоливом	+	–	+	+
Дизельный эффект / пригар	+	–	+	–
Детали с переливом (облой / перепонки)	+	–	+	–
Белый разрыв / трещины вследствие внутренних напряжений	+	–	+	–
Видимые отпечатки выталкивателя	+	–	+	–
Деформация при извлечении из формы	+	+	+	–
Отметины извлечения	+	–	+	–
Отслаивание поверхностного слоя	+	+	–	–
Холодная пробка	+	–	+	–
Образование нити	+	–	+	+
Темные точки	+	+	+	+
Образование налета	+	+	–	–
Коробление	+	+	+	–
Тигровые линии	+	+	–	–
Неравномерно заполненные детали / аномалии течения	+	–	+	–
Отклонения размеров и массы	+	–	–	+

Таблица 2

## Дефекты, возникающие вследствие неисправности оборудования

Вид дефекта	Влияние работы оборудования на возможность появления дефекта
1	2
<p data-bbox="443 436 671 472">Пригарные свили</p> 	<p data-bbox="900 436 1209 472">Износ узла пластикации</p>
<p data-bbox="432 878 683 913">Включения воздуха</p> 	<p data-bbox="900 878 1353 949">Сбои в функционировании / загрязнение / износ узла пластикации</p>
<p data-bbox="397 1305 719 1341">Газообразные включения</p> 	<p data-bbox="900 1305 1353 1377">Сбои в функционировании / загрязнение / износ узла пластикации</p>
<p data-bbox="437 1664 679 1700">Детали с недоливом</p> 	<p data-bbox="900 1664 1209 1700">Износ узла пластикации</p>

Окончание табл. 2

1	2
<p data-bbox="453 282 676 315">Образование нити</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="906 282 1347 349">– Нарушение функционирования датчика температуры;</li> <li data-bbox="906 349 1107 383">– Износ сопла</li> </ul>
<p data-bbox="478 748 651 781">Темные точки</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="906 748 1347 860">– Загрязнения или износ узла пластикации, литниковой системы и горячего канала;</li> <li data-bbox="906 860 1267 893">– Износ шнека и цилиндра</li> </ul>
<p data-bbox="252 1223 868 1283">Недостаточное уплотнение материала при литье деталей (отклонения массы / размеров)</p>	<p data-bbox="906 1223 1219 1256">Износ узла пластикации</p>

Главная сложность заключается в том, что отказы в работе оборудования, чаще всего, выявляются только по факту обнаружения несоответствующей продукции в процессе литья. Из всех перечисленных в табл. 2 неисправностей литьевой машины предвидеть заранее, как правило, удастся только износ шнека (то есть постепенное уменьшение его диаметра). О его состоянии в процессе работы термопластавтомата можно судить по величине так называемой «подушки» расплава: чем менее стабилен данный параметр при литье, тем больше степень износа шнека.

Оценить состояние остальных узлов и элементов литьевой машины в процессе её работы практически не представляется возможным. И если неисправность не будет замечена и устранена при проведении плановой профилактики оборудования, то эта проблема выявится уже в ходе производственного процесса при обнаружении дефектной продукции. И помимо потерь от брака организация понесет ещё и потери, обусловленные простоем вышедшего из строя оборудования.

Практически единственным из перечисленных несоответствий (табл. 2), которое может быть пропущено в процессе литья, является недостаточное уплотнение материала. По внешнему виду и геометрическим параметрам недоуплотненная деталь может соответствовать заявленным требованиям, но на последующих этапах производственного процесса, например, при её обработке на других технологических операциях, полученная в результате продукция может оказаться несоответствующей.



Таблица 3

## Расчет потерь от брака

Наименование изделия	Количество единиц несоответствующей продукции	Наименование материала / комплектующих	Норма расхода на ед.	Цена за кг / шт.	Сумма (руб.) по материалам и комплектующим	Наименование работ	Норма времени работ на ед.	Расценка, руб./ч	Стоимость работ, руб.	Общая стоимость, руб.
Фильтр масляный (в сборе)	480 шт. (9 % от месячного плана производства)	<i>Вторичная переработка</i>								
		-	-	-	-	Демонтаж фильтра	0,05 ч	118	2 832,00	3 312,00
		-	-	-	-	Дробление литьевых деталей (для последующей переработки)	0,01 ч	100	480,00	
		<i>Утилизация</i>								
		Полиамид (потери при дроблении)	0,008 кг	140 руб./кг	537,60	Литье	0,03 ч	118	1 699,20	18 220,80
Фильтрующий элемент	1 шт.	30 руб./шт.	14 400,00	Сборка / сварка	0,03 ч	110	1 584,00			
<b>ИТОГО:</b>					14 937,60				6 595,20	<b>21 532,80</b>

Таблица 4

## Расчет потерь от простоя

Вид потерь, руб.	Время простоя (в часах):																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23					
Потерянные продажи	18000	36000	54000	72000	90000	108000	126000	144000	162000	180000	198000	216000	234000	252000	270000	288000	306000	324000	342000	360000	378000	396000	414000					
Потери производительности труда (1 чел. – литейщик)	118	236	354	472	590	708	826	944	1062	1180	1298	1416	1534	1652	1770	1888	2006	2124	2242	2360	2478	2596	2714					
Штрафные санкции (в случае срыва поставок)	-																											
	Использование страхового запаса продукции																											
<b>ИТОГО:</b>	18118	36236	54354	72472	90590	108708	126826	144944	163062	181180	199298	217416	235534	253652	271770	289888	503306	716724	930142	1143560	1356978	1570396	1783814					

Так, при производстве масляных фильтров производится сварка трением пластиковых частей корпуса, и недоуплотнение детали в области сварки может привести к такому виду несоответствия, как негерметичность фильтра, которая будет выявлена в ходе проверки только на следующем этапе производства.

Таким образом, в данном случае из-за брака литья одного из полуфабрикатов будет забракована уже готовая продукция, что повлечет за собой соответствующие потери для предприятия-производителя (расчет приведен в табл. 3).

Кроме того, необходимо учитывать ущерб, понесенный предприятием вследствие простоя оборудования, выражающийся в стоимости потерянных продаж, а также в размере штрафных санкций, налагаемых на поставщика в случае срыва поставок: просрочки поставки или недопоставки продукции.

Для рассмотренного примера в табл. 4 приведен прогнозный расчет потерь от простоя термопластавтомата, который, по сути, представляет собой результаты анализа экономических рисков предприятия-поставщика в случае возникновения нештатной ситуации. Подобные риски обязательно должны учитываться организацией в соответствии с требованиями стандарта IATF 16949:2016 [6], который является основным руководящим документом в области системы менеджмента качества для предприятий автомобильной промышленности [5].

Чтобы минимизировать подобные финансовые риски, предприятию необходимо решить задачу по разработке и внедрению эффективной системы оценки и контроля технического состояния оборудования в ходе производственного процесса. Кроме того, осуществление системных корректирующих и предупреждающих действий (так называемой защиты от ошибок) также является требованием стандарта IATF 16949:2016.

Поэтому на сегодняшний день актуальна задача прогнозирования технического состояния литьевых машин в процессе их эксплуатации, которое должно позволить снизить риски изготовления некачественной продукции и предотвратить срывы производственного плана по причине вынужденных простоев оборудования.

Решение данной задачи может быть реализовано посредством применения методов системного анализа: внедрения на предприятии процессов сбора и систематизации данных о текущем состоянии оборудования, а также разработки программного обеспечения для создания автоматизированной системы контроля с целью прогнозирования его технического состояния в процессе работы.

#### Библиографический список

1. **Освальд, Т.** Литье пластмасс под давлением [Электронный ресурс]. – Эл. текстовые данные (11,2 Мб). – Изд-во «Профессия», 2006.
2. **Бихлер, М.** Детали из пластмасс – отлить без дефектов [Электронный ресурс]. – Эл. текстовые данные (1,71 Мб). – Изд-во Demag plastservice, 1999.
3. **Калинчев, Э.Л.** Свойства и переработка термопластов [Электронный ресурс]. – Эл. текстовые данные (32,84 Мб). – Изд-во «Химия», 1983.
4. **Бортников, В.Г.** Основы технологии переработки пластических масс [Электронный ресурс]. – Эл. текстовые данные (5,45 Мб). – Изд-во «Химия», 1983.
5. **Сатаева, Д.М.** Автопром: подготовка специалистов нового уровня / Д.М. Сатаева, А.А. Брехова, Ю.С. Павлов // Стандарты и качество. – 2016. – № 11. – С. 34–38.

*Дата поступления  
в редакцию 30.01.2018*

A.Y. Panov<sup>1</sup>, D.M. Sataeva<sup>2</sup>, A.A. Brekhova<sup>3</sup>

**THE IMPACT OF EQUIPMENT ON QUALITY AND EFFICIENCY OF PRODUCTION  
OF PLASTIC PRODUCTS**

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R. E. Alekseev<sup>1</sup>,  
Nizhny Novgorod state engineering-economic University<sup>2</sup>,  
Dzerzhinsk Production Company<sup>3</sup>, Dzerzhinsk

**Introduction:** The main subject of analysis in the article is the influence of technological equipment on the quality of the automotive components manufactured by plastic molding under pressure.

**Methods:** The work methods are applied: facet classification method; the Ishikawa diagram, analysis of economic risks.

**Results:** The classification of discrepancies of plastic products. Identified causes of nonconforming products. The influence of equipment operation on the appearance of defects of molded parts. Conducted predictive economic calculations of losses arising from the manufacture of defective products and potential supply disruptions due to failures in the equipment.

**Conclusions:** Identified the need to develop system of forecasting of the technical condition of the equipment to prevent failures and ensure the implementation of the requirements of the IATF 16949:2016 in respect of the analysis of existing risks and the relevant preventive actions.

*Key words:* IATF 16949:2016, automotive component, risk analysis, defect, quality control, injection molding, discrepancy, equipment, preventive actions, production, injection molding machine, financial risks.