

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Галкиной Натальи Викторовны
«Совершенствование инструментария обеспечения качества
инжекционного литья изделий из термопластичных полимеров»,
представленной к защите на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством
продукции. Стандартизация. Организация производства**

Представленные к защите диссертация и автореферат Галкиной Натальи Викторовны посвящены решению актуальной научно-технической задачи совершенствования инструментария обеспечения качества инжекционного литья изделий из термопластичных полимеров. Тема диссертационного исследования весьма актуальна в связи с реализацией в нашей стране национального проекта «Новые материалы и химия», в котором особое внимание уделяется мономерам, а также совершенствованию получаемых на их основе полимеров, как связующих (матриц) современных, в том числе термопластичных, композиционных материалов. Термопластичные композиционные материалы, благодаря своим уникальным свойствам, находят широкое применение как при создании относительно простых, так и изделий сложной конструкции (например, конструктивных элементов фюзеляжа летательного аппарата). При этом для более массового внедрения таких материалов важно сформировать устойчивый спрос в стране на такие изделия, а также разработать высокоточное оборудование для их создания (литье, сварка, переработка) на основе цифровых моделей (двойников) изделий. Проблема массового внедрения термопластичных композитов может быть во многом решена благодаря грамотному анализу рынка на основе использования современных методов формализации требований потребителей, а также совершенствованию методического аппарата квалитетической оценки для обеспечения качества выпускаемой продукции.

Автором в диссертации проведен теоретический анализ существующих подходов к обеспечению качества изделий, изготовленных методом инжекционного литья. Для рационального формирования и учета в модели требований потребителей выбран метод QFD, позволяющий сформировать ранжированную матрицу соответствия потребительских показателей качества изделий и характеристик процесса формообразования при имитационном моделировании инжекционного литья. При этом выявлены технологические и конструктивные источники проблем, а в качестве примера достаточно обоснованно выбраны характерные типы изделий: крышка тары и шестерня.

В разработанной автором методике прогноза качества деталей по результатам квалитетической оценки характеристик процесса формообразования при имитационном моделировании инжекционного литья, использована разработанная QFD матрица, а ее элементы (характеристики качества процесса формообразования) выбраны в качестве значений показателей свойств процесса литья и параметров оснастки при используемом в работе методе оптимизации.

Входящий № 217-4965
Дата 03 ИЮН 2026
Самарский университет

Проведенное в работе САЕ-моделирование позволило провести критически важное разделение дефектов на диагностируемые и не диагностируемые, что позволило четко определить границы применимости разрабатываемых методик повышения качества и уточнило выбор технологических параметров. При этом САЕ-моделирование использовано в качестве основы для создания «цифровых двойников» процесса формообразования, модели которых являются центральным инструментом для управления качеством через планирование эксперимента и оптимизацию технологических параметров и конструкции оснастки.

Предлагаемая в работе методика интегрирует имитационное моделирование процесса формообразования в процесс конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) как обязательный этап, и может быть использована в качестве основы регламента, который формализует этап цифрового моделирования процесса литья и мониторинг качества отливок на основе цифровых двойников производства высокоточных полимерных деталей.

Усовершенствованный интегрированный процесс (КТПП) декомпозирован на несколько этапов – от ранжирования и перевода требований потребителя в технические характеристики изделия, а затем – в конкретные технологические параметры процесса литья и конструкции пресс-формы с помощью QFD матрицы, на этой основе проведения виртуального проектирования и анализа пресс-формы, статистической оптимизации режимов литья на базе преобразованных технических характеристик процесса с использованием метода Тагучи, до верификации цифровой модели путем изготовления физического образца доработанной одногнездной пресс-формы и проведения ограниченного натурного эксперимента.

Таким образом разработанная методика управления качеством инжекционного литья обеспечивает уход подготовки производства от принципа «изготовил-проверил» - переделал») к проактивному управлению качеством, основанному на использовании «цифровых двойников».

Апробация методики управления качеством инжекционного литья с использованием планирования эксперимента и средств имитационного моделирования путем анализа характеристик качества процесса формообразования при инжекционном литье за счет выбора технологических параметров литья и рациональной конструкции пресс-формы (системы охлаждения) на примере изделий крышка тары подтвердила правильность выработанных предложений.

Таким образом, интеграция САЕ-моделирования, статистических методов планирования экспериментов (Тагучи) и системного подхода (QFD) в единый регламент позволило существенно сократить сроки, стоимость КТПП и гарантировать достижение требуемого качества изделий с первых итераций серийного производства.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке комплексной методики подготовки производства изделий, изготовленных методом инжекционного литья, и состоит в создании:

Методики оценки качества изделий при инжекционном литье, отличающейся от известных решений использованием метода QFD для получения ранжированной матрицы соответствия между потребительскими свойствами изделия и техническими характеристиками инжекционного литья, которые являются целевыми параметрами при оптимизации при цифровом моделировании этого процесса (п. 9 паспорта специальности).

Методики получения новых характеристик качества изделий по цифровой модели процесса инжекционного литья, отличающейся тем, что для учета специфики потребительских свойств литых изделий - одноразовой тары (ключевая характеристика - малая масса) и шестерни насоса (ключевая характеристика - высокая точность) - введены интегральные характеристики процесса формообразования. Они позволяют перейти от физических параметров процесса в каждой точке отливки (температура, усадка, напряжения и т. п.) к общей агрегированной оценке качества отливки, обеспечивая оптимизацию процесса литья на цифровой модели с учетом этих особенностей (п. 5 паспорта специальности).

Инструментария многокритериальной оптимизации параметров инжекционного литья по цифровой модели, основанного на робастном планировании экспериментов Тагучи и сером реляционном анализе, отличающемся тем, что в качестве критериев целевой функции использованы формализованные интегральные характеристики процесса, учитывающие специфичные ключевые параметры качества изделий - одноразовой тары и шестерни насоса (п. 9 паспорта специальности).

Модернизированной методики конструкторско-технологической подготовки производства изделий из полимерных материалов методом инжекционного литья, отличающейся введением в регламент процесса этапов оптимизации конструкции оснащения (пресс-форм) и технологических режимов на основе цифрового моделирования литья с использованием интегральных характеристик, а также мониторинга показателей качества отливок на цифровых моделях с учетом специфики потребительских свойств изделий (п. 13 паспорта специальности).

Теоретическая значимость заключается в разработке инструментария предиктивной оценки потребительских свойств изделий при инжекционном литье с использованием метода QFD, который позволяет получать ранжированные матрицы соответствия между характеристиками процесса формообразования и требованиями потребителей, определять на этой основе характеристики качества для имитационного моделирования инжекционного литья и далее проводить оптимизацию проектных решений с использованием полученных характеристик.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке регламента подготовки производства изделий, полученных методом литья под давлением, включающего этап цифрового моделирования процесса литья и мониторинг показателей качества отливок на цифровых моделях, полученных на основе анализа потребительских требований к изделиям.

Разработана и апробирована принципиально новая методика

сравнительного количественного анализа эффективности системы охлаждения пресс-форм, влияющая на качество отливки и эффективность инжекционного литья.

Разработана цифровая модель процесса инжекционного литья шестерни из полимерных композиционных материалов, отличающиеся тем, что обеспечивается повышенная точность отливок за счет использования закладных армирующих элементов, препятствующих объемной усадке.

По теме диссертационной работы опубликовано 4 научные работы, из них 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

Результаты диссертационной работы в виде модернизированной методики конструкторско-технологической подготовки производства изделий из полимерных материалов методом инжекционного литья, отличающаяся введением в регламент процесса этапов оптимизации конструкции оснащения (пресс-форм) и технологических режимов на основе цифрового моделирования литья с использованием интегральных характеристик *внедрены* на ООО «Внедренческая фирма «Пладеп», что подтверждается актом внедрения от 16.03.2026 г., актом внедрения результатов диссертации на АО «Криогенмаш» от 19.03.2026 г. и актом внедрения результатов диссертации на ООО «ЮМЗ» от 19.03.2026 г.

Кроме того, следует отметить, что материалы диссертационной работы нашли применение в учебном процессе Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева (акт внедрения от 17.03.2026 г.), а также использованы при выполнении государственного задания по проекту №FSSS-2024-0017 (акт внедрения от 16.03.2026 г.).

В качестве замечаний можно привести следующее:

1. В автореферате не представлены в пошаговой или алгоритмической форме разработанные автором: методика применения метода QFD для построения ранжированной матрицы соответствия между потребительскими показателями качества и характеристиками процесса формообразования, методика получения новых характеристик качества изделий по цифровой модели процесса инжекционного литья при имитационном моделировании процесса и методика конструкторско-технологической подготовки производства изделий из полимерных материалов методом инжекционного литья, что затрудняет проведение оценки заявленных результатов исследования.

2. В автореферате не приведена матрица робастного планирования экспериментов Тагучи, что затрудняет определение интегральной оценки для выбранного автором целевого набора технологических параметров отливки. Кроме того, нелинейность процессов и их взаимозависимость при отливке позволяет предположить целесообразность использования технологий искусственного интеллекта (например, нейросетевых методов) для более точного определения близких к оптимальным значениям параметров на основе решения полиномиальных уравнений.

3. В заявленных результатах не учтены важные этапы для изготовления отливок из термокомпозитов сложной формы, например,

термобработка для снятия внутренних напряжений и стабилизации размеров, горячих трещин при отливке массивных и тонких частей изделия и т.п. Кроме того, не в полной мере учтены особенности состава термокомпозита (различных материалов матрицы и наполнителя), существенно влияющих на характеристики изделия.

Сделанные замечания не влияют на положительную оценку работы и не снижают ее научной и практической ценности.

Результаты работы могут найти применение на этапе проектирования и производства конструктивных элементов летательных аппаратов, авиационных и ракетных двигателей, различных укупорок для боеприпасов на предприятиях Государственной корпорации «Ростех» (ПАО «ОАК», АО «Вертолеты России», АО «ОДК», АО «Высокоточные комплексы», АО «Технодинамика» и др.).

На основании вышеизложенного считаю, что представленная диссертация и автореферат соответствуют всем установленным требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, соответствуют специальности 2.5.22. «Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства». Автор диссертации Галкина Наталья Викторовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Руководитель проектов первой категории
Научно-технического совета (Департамента)
Государственной корпорации «Ростех»
кандидат технических наук, доцент



А.Г. Волков

20.05.2026

Подпись Волкова Андрея Геннадьевича удостоверяю
эксперт-аналитик
Департамента управления персоналом

О.Ф. Лазовская

Телефон рабочий: +7 (495) 287-25-00, доб. 28-10
Адрес электронной почты: A.G.Volkov@rostec.ru
Почтовый адрес: 125424, Российская Федерация,
г. Москва, Волоколамское шоссе д.75А