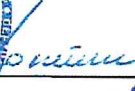


УТВЕРЖДАЮ:



Проректор по научной работе,
профессор технических наук, профессор

 Воротилин Михаил Сергеевич
«04» 09 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Тулский государственный университет» на диссертационную работу **Ле Чунг Зунг** «Разработка методики холодной объемной штамповки сложного составного изделия типа «ступица» методом комбинированного выдавливания с учетом изменения механических свойств», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением.

Актуальность диссертации. Деталь типа «ступица» представляет собой один из наиболее ответственных элементов в конструкциях ведущих узлов трансмиссий, колесных модулей и механизмов сцепления. Её основными функциями являются обеспечение жёсткого и надёжного соединения между валом, диском и фланцем, передача крутящего момента, а также восприятие радиальных и осевых нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации. От точности геометрии и качества изготовления ступицы напрямую зависят долговечность, виброустойчивость и надёжность работы агрегатов.

Современные технологии изготовления ступиц охватывают широкий спектр методов, включающих литьё, механическую обработку, процессы горячей и холодной объёмной штамповки, а также комбинированные маршруты, сочетающие получение заготовки, пластическое формоизменение и последующую механическую обработку. Технологические процессы изготовления ступиц характеризуются высокой трудоемкостью, большими припусками и значительными потерями металла. С учетом того, что в современной автомобильной и машиностроительной промышленности ступичные детали производятся в значительных объёмах, разработка научно-обоснованной технологии изготовления составной детали типа «ступица» методом комбинированного выдавливания является актуальной задачей.

Содержание диссертационной работы. Диссертация объемом 182 страницы содержит введение, 5 глав, заключение, список литературы из 63 наименований, 92 рисунка и 12 таблиц. Текст работы оформлен в

соответствии с основными требованиями, предъявляемыми к кандидатским диссертациям.

Во введении обоснована актуальность темы, цели и задачи диссертационной работы, приведены объект и предмет исследования, научная новизна, практическая значимость, методы исследования и основные положения, выносимые на защиту, краткое содержание диссертации.

В первой главе проведен анализ существующих технологических процессов изготовления деталей типа «ступица», выполнен обзор экспериментальных методов исследования напряженно-деформированного состояния в процессах обработки металлов давлением и публикаций, посвященных исследованиям процессов выдавливания.

Во второй главе с использованием метода баланса мощностей разработана математическая модель выдавливания заготовки на двух этапах деформирования первой операции штамповки, позволяющая оценить кинематику течения материала, мощность пластической деформации и силу процесса с учетом деформационного упрочнения материала. Приведены результаты теоретических исследований влияния геометрических параметров заготовки на силовые режимы выдавливания.

В третьей главе выполнено построение экспериментальных кривых упрочнения для материалов сталь 10 и сталь 20, которые аппроксимированы степенными зависимостями. Проведено моделирование процесса выдавливания заготовки детали «ступица» в программном комплексе «QForm» и сопоставление полученных результатов с расчетными данными, полученными в результате аналитического решения.

В четвёртой главе представлены результаты построения тарировочных графиков зависимости твердости и интенсивности напряжений от степени деформаций для исследуемых материалов, исследовано влияние неоднородности распределения деформации на точность построения тарировочных графиков.

В пятой главе предложены технология изготовления сложного составного изделия типа «ступица» диска сцепления автомобиля методом холодной объемной штамповки с применением комбинированного выдавливания и поэтапная методика проектирования техпроцесса. Приведены чертежи штамповой оснастки и результаты моделирования в программном комплексе «QForm» этапов деформирования с оценкой напряженно-деформированного состояния и твердости материала заготовки.

В заключении приведены основные результаты и выводы по работе.

Приложения содержат текст программ для расчета силовых режимов выдавливания и отображения твердости материала заготовки.

Научная новизна работы:

- разработаны математические модели этапов радиального и комбинированного выдавливания заготовки типа «стакан с фланцем», позволяющие оценить кинематику течения материала, мощность

пластической деформации и силу процесса с учетом деформационного упрочнения материала;

- установлены зависимости влияния геометрических параметров заготовки на силовые режимы радиального и комбинированного выдавливания заготовки типа «стакан с фланцем» с учетом деформационного упрочнения материала.

Практическая ценность работы:

- разработана методика проектирования техпроцесса изготовления сложного составного изделия типа «ступица» методом холодной объемной штамповки;

- предложена технология изготовления сложного составного изделия типа «ступица» диска сцепления автомобиля методом холодной объемной штамповки с применением комбинированного выдавливания, позволяющая снизить коэффициент использования материала за счет сокращения доли механической обработки.

Реализация работы: разработанный технологический процесс изготовления ступицы диска сцепления автомобиля обеспечивает повышение коэффициента использования материала заготовки, снижение трудоёмкости изготовления и принят к внедрению в производство на предприятии ООО «Триал-Диск».

Подтверждение опубликованных основных результатов в научной печати и соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации. Основное содержание работы изложено в 9 научных публикациях, в том числе: 5 статей в изданиях из Перечня ВАК РФ, 4 статьи в сборниках конференций.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. Требования к форме и объему автореферата выполнены.

Обоснованность и достоверность научных результатов и выводов обеспечена корректным использованием положений теории пластичности, использованием современного испытательного оборудования, согласованием результатов численного моделирования в программном комплексе QForm с результатами аналитического решения.

Замечания по диссертации:

1. Разработанная математическая модель радиального и комбинированного выдавливания описывает лишь первый этап деформирования, заключающийся в формообразовании заготовки типа «стакан с фланцем» (бобышка). Второй этап деформирования, состоящий в штамповке составного изделия с затеканием металла в пазы зубчатого профиля фланца, в работе не рассмотрен.

2. Автором проводились экспериментальные работы по построению кривых упрочнения стали 10 и стали 20. Необходимость проведения указанных исследований не обоснована, т.к. требуемые данные имеются в справочной литературе.

3. При построении кривых упрочнения из опытов на сжатие образцов логарифмическая деформация определялась через изменение диаметра заготовки (стр. 79), при этом ГОСТ 25.503-97 предполагает расчет деформации через изменение высоты образца.

4. На рисунках 5.34-5.36, иллюстрирующих результаты моделирования штамповки ступицы, видно, что на последней операции происходит искажение формы как фланца, так и основной части заготовки (бобышки), что вызывает сомнения в годности получаемого изделия. В работе следовало бы привести натурные фотографии изделия и продемонстрировать полноту заполнения зубчатой внутренней поверхности фланца.

5. Автором высказывается предположение о возможности замены материала ступицы на менее прочный на основе замера твердости после пластической деформации с учетом упрочнения (вывод 4, стр. 149). Считаем такое предположение не обоснованным, т.к. помимо твердости необходимо учитывать ряд требований в зависимости от условий эксплуатации изделия.

6. Акты об использовании результатов работы в учебном процессе и на предприятии ООО «Триал-Диск» в тексте диссертации не представлены.

Сделанные замечания не ставят под сомнение научную новизну работы, ее практическую значимость и существенно не снижают высокий уровень диссертации.

Заключение по диссертации. Диссертационная работа Ле Чунг Зунг является самостоятельно выполненной, завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей пунктам 9-11, 13-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 с учетом последующих редакций, в которой решена актуальная задача научного обоснования технологии изготовления методом холодной объемной штамповки составной ступицы диска сцепления автомобиля, обеспечивающей снижение трудоемкости и повышение коэффициента использования материала.

Представленная диссертационная работа по актуальности, достоверности, научной новизне и практической значимости результатов удовлетворяет требованиям ВАК РФ, а ее автор **Ле Чунг Зунг** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением.

Настоящий отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры «Механика и процессы пластического формоизменения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» (протокол № 1 от «31» августа 2026 г.), на котором присутствовало 20 научно-педагогических работников, проголосовавших единогласно за утверждение данного отзыва.

Лица, подписавшие отзыв, выражают согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело соискателя Ле Чунг Зунг и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры «Механика и процессы
пластического формоизменения»
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,

д.т.н., профессор

 Кухарь Владимир Денисович

Профессор кафедры «Механика и процессы
пластического формоизменения»
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,

д.т.н., доцент

 Черняев Алексей Владимирович

31 августа 2026 г.

Адрес организации: 300012, г. Тула, проспект Ленина, 92

Наименование организации: ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Телефон: +7 (4872) 734-444

Электронный адрес: info@tsu.tula.ru

*Подписи Кухаря В. Д. и Черняева А. В.
заверены.
Свидетельствует по
кадровой работе*



Черняева С. Ю.