

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИИ (Russia) = 0.179  
ESJI (KZ) = 1.042  
SJIF (Morocco) = 2.031

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

## International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2016 Issue: 1 Volume: 33

Published: 30.01.2016 <http://T-Science.org>



**Denis Alexandrovich Chemezov**  
Master of Engineering and Technology,  
Corresponding member of International  
Academy of Theoretical and  
Applied Sciences, Lecturer of  
Vladimir Industrial College,  
Russian Federation  
[chemezov-da@yandex.ru](mailto:chemezov-da@yandex.ru)



**Nikita Andreevich Palev**  
Student of  
Vladimir Industrial College,  
Russian Federation  
[nik-palev@yandex.ru](mailto:nik-palev@yandex.ru)

SECTION 7. Mechanics and machine construction.

## INJECTION MOLDING OF A PLASTIC GEAR WHEEL DURING THE CHANGE OF THE TECHNOLOGICAL MODES OF PROCESS

**Abstract:** The article presents the analysis of time of the molten material is filled in the mold for production of cylindrical gear wheel when changing temperature modes of the technological process.

**Key words:** injection molding, molding time, a gear wheel, a plastic, temperature.

**Language:** Russian

**Citation:** Chemezov DA, Palev NA (2016) INJECTION MOLDING OF A PLASTIC GEAR WHEEL DURING THE CHANGE OF THE TECHNOLOGICAL MODES OF PROCESS. ISJ Theoretical & Applied Science, 01 (33): 31-34.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-01-33-7> **Doi:**  <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.01.33.7>

УДК 621.74.043.2

### ИНЖЕКЦИОННОЕ ЛИТЬЕ ПЛАСТИКОВОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА

**Аннотация:** В статье представлен анализ времени заполнения расплавленным материалом литейной формы для изготовления цилиндрического зубчатого колеса при изменении температурных режимов технологического процесса.

**Ключевые слова:** инжекционное литье, время литья, зубчатое колесо, пластик, температура.

Зубчатые колеса, находящиеся в зацеплении и имеющие различное по скорости вращательное движение для преобразования (увеличение или уменьшение) крутящего момента и числа оборотов валов на входе и выходе, называются зубчатой передачей [1].

Выбор материалов зубчатых колес зависит от условий эксплуатации механической передачи. В качестве материалов могут применяться металлические сплавы для средне- и тяжелонагруженных зубчатых колес и неметаллические материалы – для малонагруженных зубчатых колес [2]. Ограниченное применение пластмассовых зубчатых колес компенсируется быстроходностью и бесшумностью работы передачи, высокой износостойкостью зубьев при отсутствии смазки между контактными поверхностями, а также устойчивостью в агрессивных средах.

Все способы изготовления зубчатых колес можно разделить на механическую обработку заготовки лезвийными и абразивными режущими инструментами, обработку давлением заготовки в холодном и горячем состоянии и литье под давлением (инжекционное литье) [3]. Инжекционное литье является высокопроизводительным способом получения зубчатого колеса из пластмассы (пластика). На качество отливки будет влиять равномерность заполнения материалом литейной формы (месторасположение инъекции, скорость впрыска и температура материала, конфигурация и степень точности изготовления формы и др.). Так как наиболее нагруженными и точными элементами детали являются зубья, то исследование процесса инжекционного литья при различных температурах расплавленного материала позволит определить время и полноту заполнения формы на более ответственных участках.



## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Для расчета были приняты следующие параметры цилиндрического прямозубчатого колеса [4]: количество зубьев  $z = 17$ ; модуль  $m = 5.5$  мм; диаметр делительной окружности  $d = 93.5$  мм; диаметр окружности вершин  $d_a = 104.5$  мм; диаметр окружности впадин  $d_f = 79.75$  мм; высота головки зуба  $h_a = 5.5$  мм; высота ножки зуба  $h_f = 6.875$  мм; полная высота зуба  $h = 12.375$  мм; шаг зацепления колеса  $P_t = 17.27$  мм; толщина зуба  $S_t = 8.635$  мм; ширина зуба  $b_s = 12$  мм; ширина впадины  $E_t = 8.635$  мм;

толщина зуба по окружности вершин  $S_a = 4.7$  мм; радиус сопряжения во впадине зуба  $r_c = 0.3$  мм; фаска на зубьях и в посадочном отверстии  $1.2 \times 45^\circ$ ; диаметр посадочного отверстия  $d_e = 32.8$  мм; ширина шпоночного паза  $b_w = 9$  мм; глубина шпоночного паза  $t_l = 4.5$  мм; радиус закругления шпоночного паза  $r = 0.5$  мм.

Общий вид объемной твердотельной модели цилиндрического зубчатого колеса представлен на рис. 1.

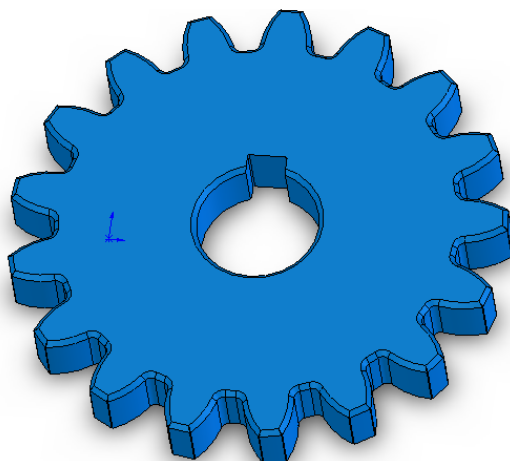


Рисунок 1 – Объемная твердотельная модель цилиндрического зубчатого колеса.

Зубчатое колесо изготавливалось методом инжекционного литья. Моделирование процесса литья зубчатого колеса выполнялось в модуле MoldflowXpress программной среды SolidWorks [5, 6]. Модуль позволяет выполнять моделирование потока пластика начального уровня с одной точкой литья. По результатам расчета можно определять заполнение детали на основе параметров геометрии, применяемого материала и выбранной точки инжекционного литья.

В модуле MoldflowXpress выполнялись следующие действия по установке начальных условий процесса литья:

1. На модели цилиндрического зубчатого колеса задавалась точка (рис. 2, а) определяющая местоположение инъекции (во вкладке «Отлив» отображение координат точки по трем координатным осям). Точка выбрана на торцевой поверхности зубчатого колеса в области наиболее нагруженных элементов детали.

2. Выбор материала в одноименной вкладке. Материалом отливки принимался полиоксиметилен (ПОМ) – полуфабрикат, относящийся к группе технических термопластов. Выбор материала обуславливался высокой способностью сохранения формы,

упругостью и незначительным впитыванием влаги. ПОМ обладает следующими физико-механическими свойствами [7]: твердость – 82 SHORE D [8]; плотность – 1,4 г/см<sup>3</sup>; жесткость при шаровом давлении – 135 Н/мм<sup>2</sup>; натяжение при вытягивании – 62 Н/мм<sup>2</sup>; растяжение при вытягивании – 8...10%; прочность на растяжение – 40%; ударная вязкость при +23°C – 70 кДж/м<sup>2</sup>; ударная вязкость при -30°C – 40 кДж/м<sup>2</sup>; коэффициент трения (на сухую против стали, динамический) – 0,17 – 0,43; минимальная температура применения – -50°C; максимальная температура применения – +100°C.

3. Выбор условий процесса инжекционного литья. Для 7 компьютерных экспериментов по определению времени литья зубчатого колеса температура литейной формы оставалась постоянной и составляла 90°C. Температура расплавленного материала изменялась в диапазоне 180...240°C с шагом 10°C.

4. Сохранение данных и запуск анализа течения пластического материала в литейной форме. Время литья определяется после расчета.

Результаты моделирования инжекционного литья цилиндрического зубчатого колеса при температуре материала 210°C представлены в виде интерактивных эпюр на рис. 2, б – з.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

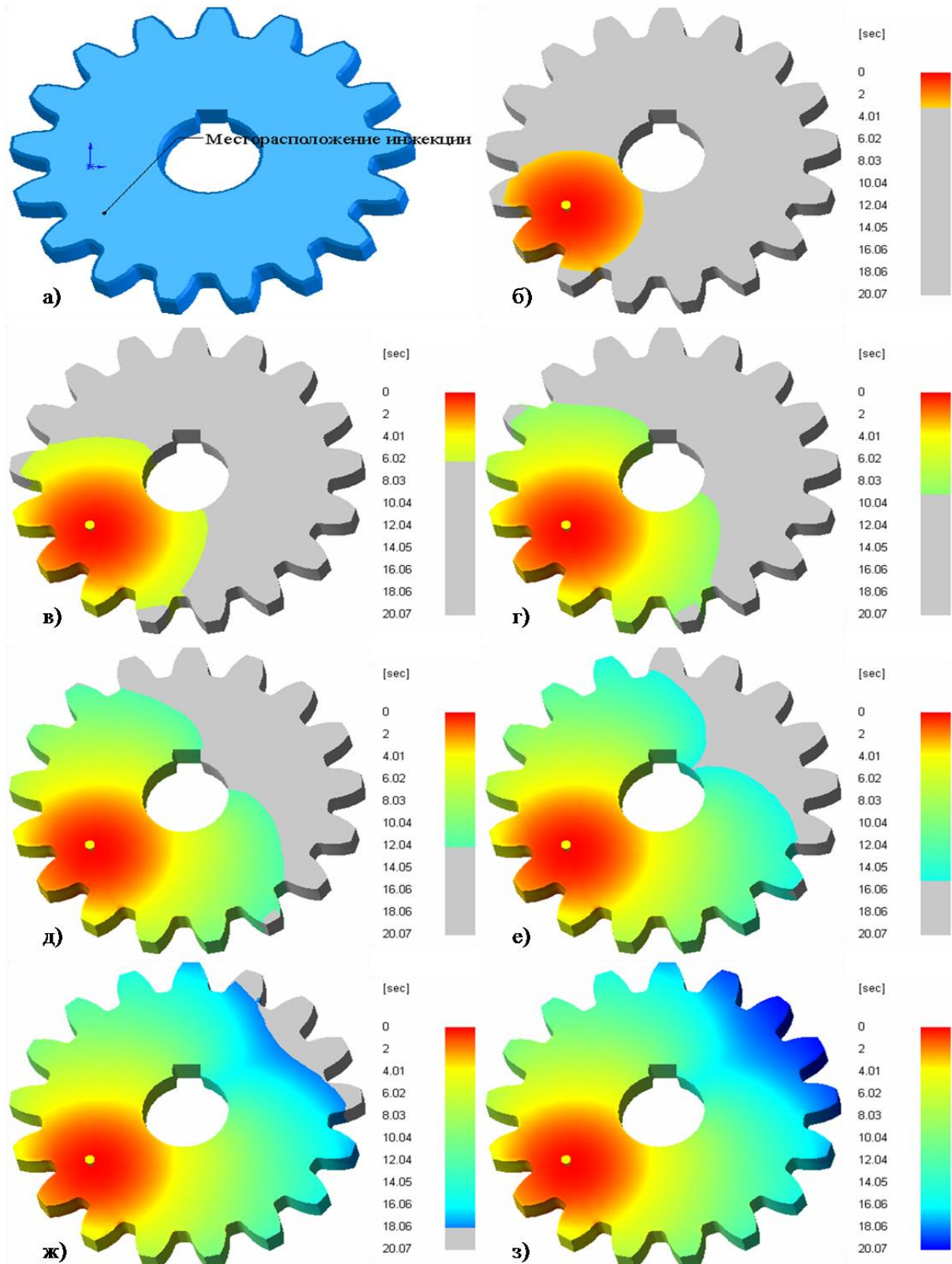


Рисунок 2 – Результаты компьютерного моделирования процесса литья цилиндрического зубчатого колеса при температуре материала 210°C: а – месторасположение инъекции расплавленного пластика; б – заполнение литейной формы материалом на 15%; в – заполнение литейной формы материалом на 30%; г – заполнение литейной формы материалом на 45%; д – заполнение литейной формы материалом на 60%; е – заполнение литейной формы материалом на 75%; ж – заполнение литейной формы материалом на 90%; з – заполнение литейной формы материалом на 100%.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Процесс литья визуально отображается на модели детали цветовыми контурами. Цвет контура показывает последовательность заполнения литейной формы и характер течения пластика через деталь: красный указывает первую область заполнения, синий – последнюю область заполнения.

Зубья колеса заливаются пластиком в полном объеме. Однако, температура пластика в

симметрично выливаемых зубьях колеса будет меньше, чем в зубьях, расположенных в области впрыска материала.

В целом деталь легко и полностью заливается, качество приемлемое при текущей точке инъекционного литья.

Расчетное время литья зубчатого колеса при различных температурных режимах представлено в табл. 1.

Таблица 1

Время литья зубчатого колеса при изменении температуры расплавленного материала.

Температура материала, °С	Температура литейной формы, °С	Время литья, с
180	90	30.1
190		25.07
200		25.08
210		20.07
220		20.06
230		19.06
240		18.06

С увеличением температуры пластика уменьшается время литья зубчатого колеса. Это связано с уменьшением вязкости и увеличением скорости течения материала в литейной форме. На температурных интервалах 180-190°С и 200-210°С наблюдается сокращение времени литья детали на 5 с. Производительность процесса инъекционного литья не изменяется на интервалах 190-200°С и 210-220°С. При температуре материала более 220°С время литья сокращается на 1 с.

Таким образом, наиболее рациональный температурный режим инъекционного литья зубчатого колеса будет составлять 210-220°С для материала и 90°С для литейной формы. Увеличение или уменьшение температуры материала не рекомендуется для технологического процесса инъекционного литья, так как это может привести к изменению химического состава и механических свойств, требуемых для данной детали.

## References:

- (2016) Zubchatye peredachi. Available: [http://cherch.ru/mechanicheskie\\_peredachi/zubchatie\\_peredachi.html](http://cherch.ru/mechanicheskie_peredachi/zubchatie_peredachi.html) (Accessed: 10.01.2016).
- (2016) Materialy i termoobrabotka zubchatykh koles. Available: <http://www.webrarium.ru/transmission-material.html> (Accessed: 10.01.2016).
- (2016) Tehnologichesky protsess izgotovleniya detaley iz termoplastov lit'em pod davleniem Available: <http://tehproplast.ru/technology%20injection%20molding.html> (Accessed: 10.01.2016).
- GOST 16531-83. Cylindrical gears. Terms, definitions and symbols.
- Timur M, Demir C (2012) The mold design and analysis of cremaer body used in milking machines with solid works–moldflow x press program. Erciyes University journal of the Institute of Science and Technology 28(2): 122 – 129.
- (2016) Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya SolidWorks. Available: <http://seniga.ru/index.php/sapr/ssapr/62-solidworks.html> (Accessed: 10.01.2016).
- (2016) POM. Available: <http://www.dpva.info/Guide/GuideMatherials/ResinesElastomersPlasticsPolimers/DiscriptionOfElastomers/POM/> (Accessed: 10.01.2016).
- (2016) Shore (Durometer) Hardness Testing of Plastics. Available: <http://www.matweb.com/reference/shore-hardness.aspx> (Accessed: 10.01.2016).