

## Список цитируемых источников

1. Глава Volkswagen рассказал, когда начнутся продажи беспилотных машин [Электронный ресурс] —<https://motor.ru/news/volkswagen-self-driving-07-12-2020.htm>— Дата доступа: 22.04.2021.
2. Тойота инвестирует в развитие электромобилей в Индонезии 2 млрд долларов [Электронный ресурс] —<https://www.ixbt.com/news/2019/06/28/toyota-investiruet-v-razvitie-jelektromobilej-v-indonezii-2-mlrd-dollarov-.html>— Дата доступа: 23.04.2021.
3. Тойота инвестирует \$400 млн в стартап роботакси Pony.ai // [Электронный ресурс]—<https://kiosksoft.ru/news/2020/02/27/toyota-investiruet-400-mln-v-startap-robotaksi-pony-ai-97477>— Дата доступа: 21.04.2021.
4. Прототип маглев-поезда [Электронный ресурс]—<https://3dnews.ru/988062>—Дата доступа: 22.04.2021.
5. ВСМ в Китае [Электронный ресурс]—[https://ru.qaz.wiki/wiki/High-speed\\_rail\\_in\\_China\\_construction](https://ru.qaz.wiki/wiki/High-speed_rail_in_China_construction)—Дата доступа: 22.04.2021.
6. Любомудров, А.В. Прямые иностранные инвестиции в экономику Китая: учеб. пособие / А.В. Любомудров – Минск., 2020. – 8 с.

УДК 621

В. А. Козловский, Н. А. Шустол, Н. М. Федосов

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ С ПОМОЩЬЮ ТРЁХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Введение.** Литейные оснастки – это изделия, которые предназначены для изготовления форм, а также выплавки деталей из формовочных смесей. От способа литья зависит способ проектирования этой оснастки. Для создания отпечатка полости в песчано-глинистой форме используют модели. Чертёж модели по габаритам может не повторять точь-в-точь готовое изделие, необходимо учитывать литейную усадку и припуски на обработку. Обычно материалами для модели выступают пластмассы, древесина, металл, гипс. Для создания модели необходимой формы её обрабатывают на различных станках, придавая модели форму будущей детали. Упростить сам процесс создания такой модели могут современные трёхмерные технологии. С помощью САПР, например, КОМПАС 3D или AutoCAD, создаётся трёхмерная модель будущей детали, после чего её можно распечатать на 3D принтере, что упрощает процесс создания модели, уменьшает временные и материальные затраты.

**Основная часть.** Рассмотрим возможность использования современных на примере детали «Вставка». Её чертёж представлен на рисунке 1. Размеры на данном чертеже стандартно учитывают литейную усадку.

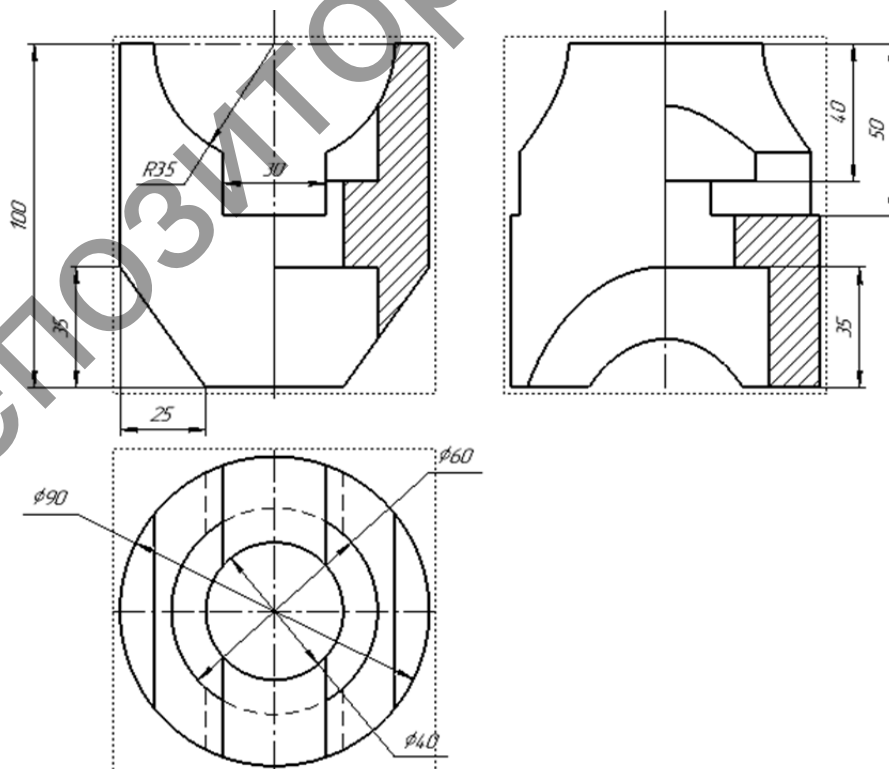


Рисунок 1 — Чертёж детали для литья

Затраты на производство детали из дерева

<p><b>Затраты на заготовку</b></p> $100 \cdot 100 \cdot 6000 = 30 \cdot 36$ $100 \cdot 100 \cdot 100 = 0,5$ <p><b>Затраты на покрытие защитного слоя</b></p> $S1 = 0,0444 \cdot x$ $S2 = 13,5$ $C = \frac{14,20 + 13,29}{2}$ $x = \frac{S1 - C}{S2} = 0,045$ <p><b>Общие подсчёты</b></p> <p>Временные <math>6 + 0,033 + 6 = 12,033</math></p> <p>Себестоимость <math>0,5 + 0,045 + 35,217 + 6,877 = 42,639</math></p>	<p><b>Затраты на работу столяра (без учёта уборки рабочего места)</b></p> <p>23 дня - 1080 бел. руб.</p> <p>1 день - 8 часов</p> <p>6 часов - x</p> $\frac{23 \cdot 8}{1080} = \frac{6}{x}$ $x = \frac{6 \cdot 1080}{23 \cdot 8} = 35,217 \text{ Br}$ <p><b>Затраты на работу маляра</b></p> <p>23 дня - 1162 бел. руб.</p> <p>1 день - 8 часов</p> <p>0,033 часов - x</p> $\frac{23 \cdot 8}{1162} = \frac{6}{x}$ $x = \frac{(0,033 \cdot 1162) \cdot 0,033}{23 \cdot 8} = 6,877 \text{ Br}$
--	---

Рисунок 1 — Расчёт затрат на изготовление деревянной модели

стоимость мы обязаны включить и износ деревообрабатывающего станка (износ зубьев деревообрабатывающего инструмента, изнашивание поверхностей деревообрабатывающего инструмента и т.д.), но замена того или иного компонента, цена очистки и т. д. будет зависеть от модели станка, поэтому критерий износ мы не будем включать в наше исследование. Финишной операцией будет нанесение защитного покрытия (лака). Согласно deal.by 1 кг лака стоит в среднем от 13,29 до 14,20 бел. руб. Расход 1 кг на однослойное покрытие – 13—14 кв. м. Площадь поверхности детали – 0,0444 кв. м. Стоимость лака для данной площади будет равняться 0,045 бел. руб. Обработкой лаком занимается специалист по лакокрасочным покрытиям. Используя ресурс by.trud.com [3] станет известно, что за 23 дня работы специалист получает 1162 бел. рубля, а за покрытие лаком данной детали – 6,877 бел. руб. (длительность операции около 2 минут). На высыхание лака требуется от 6 до 72 часов. Лак за 14,20 руб – быстросохнущий. Суммарно мы получаем: время на изготовление детали, при использовании самого быстросохнущего лака – от 12 часов, себестоимость составит – 42,639 бел. руб. Все расчёты представлены на рисунке 1.

Исследуем процесс создания детали на основании использования технологий САПР. Используя КОМПАС 3D создаём трехмерную модель необходимой детали, и её последующую печать. Откроем КОМПАС 3D и создадим новую деталь согласно чертежу. Сразу же можем рассчитать временные затраты на её проектирование, для этого был проведён эксперимент, в котором участвовало 4 человека. В среднем каждый участник, имеющий опыт использования Компас 3D, тратит на создание такой модели около 5 минут. Общий вид модели показан на рисунке 2.

Средняя зарплата инженера-конструктора в Республике Беларусь составляет 30 руб. за смену (8 рабочих часов). На проектирование тратится около 5 минут. Соответственно, за данную модель инженер получит оплату в размере 31 копейки (1 минута работы стоит 6,25 копеек). Для печати модели используем программу “UltimakerCura”. Для уменьшения себестоимости детали установим 10% наполнение, толщину стенки 0,2 мм и профиль «LowQuality». Далее нам нужно выбрать материал, из которого будет печататься наша деталь. Для уменьшения себестоимости нужно выбрать самый дешёвый вариант. Самыми популярными [4] пластика для печати являются ABS (акрилонитрилбутадиенстирол), PLA (полилактид) и PETG (полиэтилентерефталат-гликоль). Стоимость и краткая характеристика указаны в таблице 1:

Т а б л и ц а 1 — Перечень возможных материалов для печати

Материал	Производитель	Стоимость 1кг, бел. р.	Краткие характеристики
ABS	CACTUS	112	Ударопрочный, широкий диапазон используемых температур, плохо переносит ультрафиолет, не любит сквозняков при печати, склонен к деламации
ABS	U3Print	106	
ABS	Bestfilament	47 [5]	
PLA	CACTUS	122	Биоразлагаемый, нетоксичен, не даёт усадки при печати, не требует подогреваемого стола, твёрдый, прочный, скользкий, под действием воздуха или ультрафиолета становится со временем более хрупким
PLA	Bestfilament	64 [6]	
PETG	U3Print	41	Достаточно ударопрочный, при нагрузке ломается против слоёв, а не вдоль, отсутствует запах при печати и усадка, стойкость к ультрафиолету, широкий температурный диапазон эксплуатации
PETG	gReg	35 [7]	
PETG	ABS Maker	39	

Сразу стоит подчеркнуть, что важными критериями будут временные и материальные затраты. Налоги мы учитывать не будем.

Рассмотрим процесс изготовления «Вставки» из древесины. Для этого приобретают пиломатериал. Самым дешёвым материалом для её будет являться отрезок бруса. Наша деталь имеет габариты 100\*90\*90. Согласно онлайн-каталогу e-lesok.by, брус обрезной сечением 100x100x6000 стоит от 30 до 36 бел. руб. На заготовку 100x100x100 мы потратим 0,5 бел. руб. Обработкой заготовки под требуемые размеры модели будет заниматься столяр. Согласно by.trud.com [2] средняя зарплата столяра в Беларуси составляет около 1080 бел. руб. Исходя из слов бывшего начальника литейного цеха филиала Минского Моторного Завода (г. Столбцы) Нагорного Евгения на обработку такой детали у столяра уйдёт около 6 часов работы. Длительность рабочей смены 8 часов, рабочих дней в месяце в среднем 23, то за 6-часовую обработку детали столяр получит 35,217 бел. руб., в себе-

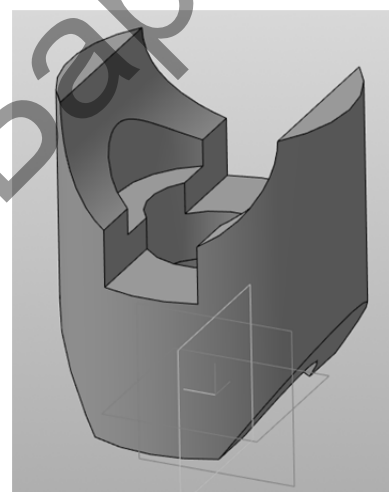


Рисунок 2 — Модель втулки в КОМПАС 3D

Данные для составления таблицы брались согласно онлайн-магазинам deal.by и onliner.

Исходя из вышеперечисленных данных, наиболее рациональным решением будет выбор gRegPETG пластика. Во избежание плохого качества печати следует предусмотреть проектирование поддержек, так как печать идёт по слоям, они не могут висеть в воздухе. Программа Cura имеет встроенную функцию проектирования необходимых поддержек, параметры которых можно настраивать. После выбора материала программа высчитала, что деталь будет весить около 90 грамм и на её печать уйдёт 6 часов 10 минут. Окно “UltimakerCura” показано на рисунке 3.

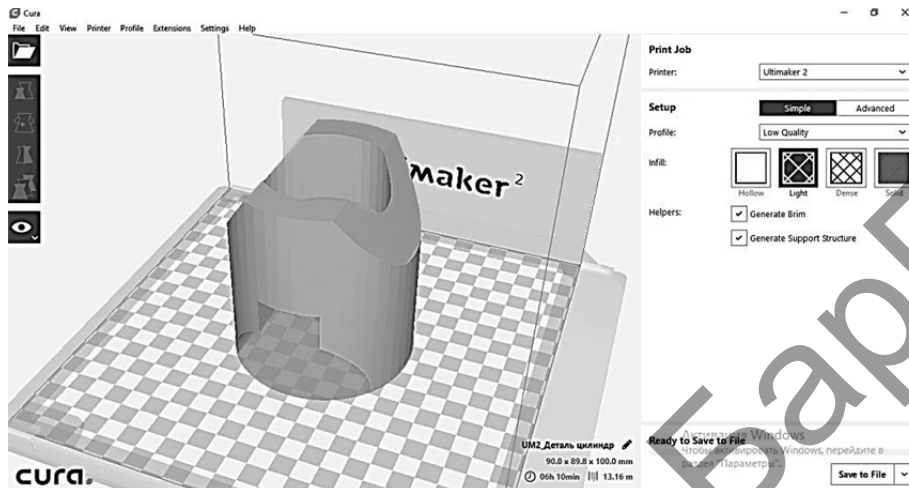


Рисунок 3 — Окно Curas параметрами печати

Стоимость пластика для печати этой детали составит 37,62 бел. руб.

Так как принтер работает от сети, то стоит учесть затраты на потребление электроэнергии. Стоимость 1 киловатта в РБ составляет около 0,230 бел. руб. Но затраты на электроэнергию зависят как от модели принтера, материала так и от окружающей среды. Поэтому мы такие затраты в расчёт не возьмём. Также стоит учесть износ принтера. Необходимо очищать нагревательный стол от налипшей грязи, проводить диагностику и очистку (или замену) фильтра печатающего блока, проводить диагностику состояния направляющей механики и приводных ремней со снятием верхней крышки устройства. Это может сделать либо сам работник, занимающийся печатью детали, либо специализированный мастер. Время и стоимость таких услуг у каждой модели принтера свои. Рассчитаем стоимость труда оператора ЭВМ за его работу. Средняя заработная плата такого сотрудника составляет 818 бел. руб. За 6 часов печати работник получит 27,415 бел. руб., итого получаем: временные затраты — 6 часов 25 минут, себестоимость — 65.345 бел. руб. Расчёты представлены на рисунке 4.

Сравнив возможные методы получения литейной модели, установим, что, применяя САПР мы сократим затраченное время минимум в 2 раза, в основном зависит от выбора лака, также уменьшим влияние человеческого фактора, но повысим себестоимость детали.

Заключительным этапом является проектирование литейной формы, так как наша модель, как деревянная, так и пластиковая, имеет отверстие, то при проектировании литейной формы нужно предусмотреть использование стержней, изготовление стержней осуществляется в ящиках вручную или на специальных стержневых машинах из стержневых смесей. В основном используются пескоструйный и пескострельный методы, реже встряхивание. Выбор положения отливки в форме определяет поверхность разёма модели и формы, зависит от материала отливки, в данном исследовании предусмотрен чугун СЧ20. Они влияют на весь дальнейший технологический процесс изготовления отливки. Как правило, рассматривают несколько вариантов положения отливки в форме и выбирают наиболее приемлемый. Схема литейной формы представлена на рисунке 5. Оценим оба метода получения модели, внося данные в таблицу 2.

Временные затраты на моделирование	Стоимость пластика для печати
$A := 3 \cdot 60 + 11$	$M1 := 1000 \quad C := 35$
$B := 5 \cdot 60 + 15$	$M2 := 90 \quad x$
$C := 6 \cdot 60 + 38$	$x := \frac{M2 \cdot C}{M1} = 37.62$
$D := 5 \cdot 60 + 45$	<b>Зарплата специалиста по 3д печати</b>
$t := \frac{A + B + C + D}{4}$	$M := 818 \quad D := 25 \cdot 8 \cdot 60$
$t = 2.991 \times 10^3$	$x \quad D1 := 6 \cdot 60 + 10$
$T_{\text{мод}} := \frac{t}{60} = 49.85$	$x := \frac{D1 \cdot M}{D} = 27.415$
Оплата за моделирование	<b>Затраты</b>
$6.25 \cdot 5 = 31.25$	<b>времени</b> $5 + 6 \cdot 60 + 10 = 375$
	$\frac{375}{60} = 6.25$
	<b>себестоимость</b>
	$0.31 + 37.62 + 27.415 = 65.345$

Рисунок 4 — Расчёт затрат на изготовление пластмассовой модели

Т а б л и ц а 2 – Сравнение методов получения модели

Тип процесса	Временные затраты	Себестоимость
Обработка на станках (древесина)	От 12 часов	42.639 бел. руб.
Печать на 3Dпринтере (полиэтилентерефталат-гликоль)	6 часов 25 минут	65.35 бел. руб.

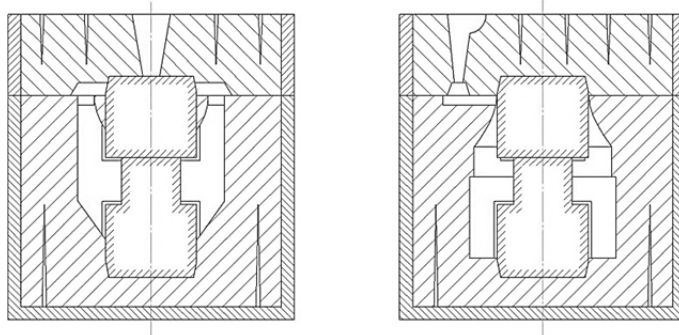


Рисунок 5 — Литейная форма для детали «Вставка»

**Заключение.** Таким образом, в результате исследования мы пришли к выводу, что использование САПР и 3D печати, уменьшат время на изготовление, но увеличат и себестоимость будущей детали. По сравнению с обработкой на станках, сам процесс проектирования и печати является более простым. Исходя из этого рационально более широко внедрять трёхмерное проектирование в производстве литейных моделей на различных предприятиях Республики Беларусь, что повысит их производительность, уменьшит порог знаний рабочих и операторов станков, которые необходимы для производства моделей, взамен повышения стоимости изготовленной модели.

#### Список цитируемых источников

1. Белорусский маркетплейсDeal[Электронный ресурс] — Режим доступа:<https://deal.by>— Дата доступа: 24.04.2021
2. Обзор статистики зарплат профессии "Столяр в Беларуси"[Электронный ресурс] — Режим доступа:[https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fby.trud.com%2Fsalary%2F304581%2F4926.html&cc\\_key=](https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fby.trud.com%2Fsalary%2F304581%2F4926.html&cc_key=) — Дата доступа: 24.04.2021
3. Обзор статистики зарплат профессии "Маляр в Беларуси"[Электронный ресурс] — Режим доступа:[https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fby.trud.com%2Fminsk%2Fsalary%2F324181%2F4835.html&cc\\_key=](https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fby.trud.com%2Fminsk%2Fsalary%2F324181%2F4835.html&cc_key=) — Дата доступа: 24.04.2021
4. Подробный гид по выбору пластика для 3D-печати[Электронный ресурс] — Режим доступа:<https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Ftop3dshop.ru%2Fblog%2Fpodrobnyj-gid-po-vyboru-plastika-dlja-3d-pechati.html>— Дата доступа: 24.04.2021
5. Пластик для 3D-принтеров Bestfilament ABS 1.75 мм 1000 г (зеленый) [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fbaranovichi.deal.by%2Fp137138542-plastik-dlya-printerov.html>— Дата доступа: 24.04.2021
6. Пластик для 3D-принтеров Bestfilament PLA 1.75 мм 500 г (зеленый)[Электронный ресурс] — Режим доступа:[https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fdeal.by%2Fp137299242-plastik-dlya-printerov.html%3Futm\\_campaign%3Dshare\\_button%26utm\\_medium%3Dreferral\\_link%26utm\\_source%3Db2c\\_app\\_android](https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fdeal.by%2Fp137299242-plastik-dlya-printerov.html%3Futm_campaign%3Dshare_button%26utm_medium%3Dreferral_link%26utm_source%3Db2c_app_android) — Дата доступа: 24.04.2021
7. gReg PET-G 1.75 мм 300 м (черный) [Электронный ресурс] — Режим доступа:[https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fcatalog.onliner.by%2F3d\\_filament%2Fgreg%2Fpetg175300bl](https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fcatalog.onliner.by%2F3d_filament%2Fgreg%2Fpetg175300bl) — Дата доступа: 24.04.2021

УДК 630.36

Д. Г. Конанов, В. Н. Шиловский

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Российская Федерация*

## ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ФАКТОРОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

**Введение.** Для осуществления оценки и обеспечения необходимой конкурентоспособной эксплуатационной технологичности (ЭТ) лесозаготовительных машин (ЛЗМ) необходима систематизация факторов, обуславливающих ЭТ, разработка методик оценки их степени влияния на ЭТ с целью обеспечения её конкурентоспособного уровня и повышения технико-экономических показателей использования машин и оборудо-