

УДК 338.984

Обоснование внедрения инновационных машиностроительных технологий на основе расчета материально обеспечения для оборудования

Пекшеев И.С., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана,
кафедра «Промышленная логистика»*

*Научный руководитель: Бром А.Е., д.т.н, профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана
кафедра «Промышленная логистика»*

ibm3@bmstu.ru

В послании Федеральному Собранию на 2015 год Президент России В.В. Путин предложил реализовать национальную технологическую инициативу, призванную обеспечить выполнение перспективных крупных государственных проектов, национальную безопасность, высокое качество жизни, развитие отраслей нового технологического уклада и в короткие сроки снять критическую зависимость от технологий и промышленной продукции стран Евросоюза, США, Японии [6].

Доминантой национальной технологической инициативы должны стать аддитивные технологии (AF – Additive Manufacturing), или технологии послойного синтеза, сегодня одно из наиболее динамично развивающихся за рубежом направлений «цифрового» производства. Построение детали происходит путем добавления материала (от англ. add – "добавлять"), в отличие от традиционных технологий, где создание детали происходит путем удаления "лишнего" материала.

К основным преимуществам использования данной технологии можно отнести:

- Развитие на платформе центральной и самой наукоемкой технологией среди всех технологий, обеспечивающих конкурентоспособность продукции нового поколения, которой является компьютерный инжиниринг (Computer-Aided Engineering) [4].
- Практически неограниченная сложность деталей. Возможность создания комплексных, интегрированных деталей.
- Малое время создания прототипа или опытного образца, а также мелкосерийной партии деталей.
- Отсутствие дополнительной оснастки.

- Значительное сокращение срока изготовления первых опытных деталей на этапах НИР и ОКР.
- Использование новых материалов (композитные, био- и другие).
- Возможность внесения изменений в деталь в любой момент.

Однако наравне с высокими характеристиками данной технологии, стоит также вопрос о целесообразности их применения в машиностроительной отрасли России, так как стоимость одного промышленного 3D-принтера превышает стоимость станка ЧПУ, например, в 20-30 раз, и материал, необходимый для производства, не всегда соответствует требованиям техническим заданиям для деталей, на наших заводах.

Но есть и другой важнейший системный фактор. Применение аддитивного производства оправданно лишь тогда, когда четко и эффективно налажено управление всем жизненным циклом продукции — то, что в российской промышленности практически отсутствует. Иными словами, нужна развитая, хорошо скоординированная промышленность — от добывающей к перерабатывающей и производящей.[2]

В нашей стране практикой использования аддитивных технологий может похвастаться небольшое количество предприятий. На основе аналитических данных можно сделать вывод, что основные центры использования аддитивных технологий находятся в Москве и Санкт-Петербурге, а также Воронеже, Ставрополе, Казани и Самаре. В основном фирмы занимаются продажей западного оборудования, или в лучшем случае занимаются прототипированием [2]; одно из них НПО «Сатурн», которое с помощью аддитивных технологий создала с нуля детали авиа- двигателя и успешно внедрила в производство.

И все же это не полный цикл производства, а только создание модели и ее выращивание – что относится ко второму уровню реализации аддитивных технологий (рисунок 1). Из-за отсутствия полного жизненного цикла, в котором основой является неразрывность принципа «материал-технология-конструкция», мы не можем перейти на третий уровень производства деталей с помощью аддитивных технологий на территории России. (рисунок 2) Единственная созданная на сегодняшний день опытная линия полного жизненного цикла (полного производства аддитивных технологий) продукции находится в «ВИАМЕ» (специалисты впервые в России изготовили по аддитивной технологии с применением отечественной металлопорошковой композиции деталь перспективного авиационного двигателя ПД-14.) [9].

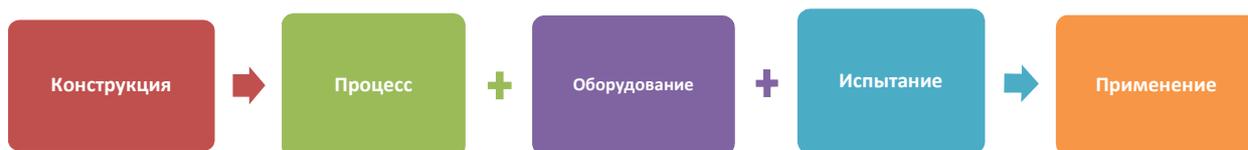


Рис. 1. Структура производства АТ на предприятиях России



Рис. 2. Структура аддитивного производства

Расчет стоимости простоя оборудования

Исходя из данных, представленных в СМИ, отчетах НИИ, а также оценок экспертов, можно с уверенностью сказать о том, что сегодня на территории России простаивает порядка 50% металлических 3D-принтеров, из-за того что материалы не подходят под технические задания производства или из-за того, что некоторый из них запретили продавать на территории России.

Попробуем выделить основные риски для компаний, которые уже сегодня выполняют заказы на установках послойного синтеза:

- Закупка материалов за границей
- Отсутствие квалифицированного персонала для проведения ТО
- Санкции

Что влечет за собой такие последствия для предприятия, как

- Запрет на покупку материалов
- Неподходящие по своим свойствам материалы
- Поломка оборудования и долгое время простоя
- Поломка оборудования из-за неквалифицированного персонала

Произведем расчет для случая, когда на предприятии перебои с поставкой материалов для производства и простой оборудования оставляет больше половины рабочего времени цеха, тогда получаем: $P_1=0,7$ – вероятность простоя оборудования.

Определение структуры предполагаемого ущерба

Рассчитаем распределение стоимости оборудования на выпускаемую продукцию на период ее эксплуатации сроком 10 лет, на основе линейной амортизации оборудования [5]. Расчет произведем на примере установки EOS P760 , чтобы определить структуру и величину риска.

При применении линейного метода норма амортизации по каждому объекту амортизируемого имущества определяется по формуле:

$$K = [1/n] \times 100\%, \quad (1)$$

где K - норма амортизации в процентах к первоначальной (восстановительной) стоимости объекта амортизируемого имущества; n - срок полезного использования данного объекта амортизируемого имущества, выраженный в месяцах.

$$K = (1/120) * 100\%$$

$$K=0,83.$$

В день простой оборудования стоит: 19949 руб. (стоимость оборудования для расчета: 71 816 000 руб.).

Сделаем расчет простоя оборудования из-за различных обстоятельств и оценим возможный ущерб.

Задержки с поставкой материалов и комплектующих:

Простой оборудования из-за увеличения потребления или нехватки материала для работы – простой от двух до шести недель:

1. Оплата штрафов по срыву поставки продукции по договору
2. Остановка производственной линии из-за нехватки деталей, изготавливаемых послойным синтезом – остановка всего сборочного процесса.
3. Санкции на закупку порошка – издержки простоя.

Оценка издержек:

$$[2*7*19949 - 6*7*19949 \text{ руб.}]$$

Диапазон издержек в рублях:

$$[279 286 - 837 858 \text{ руб.}]$$

Посчитаем риски, для этого воспользуемся следующей формулой:

$$R = Z * P, \quad (2)$$

где Z – величина ожидаемого ущерба, P – вероятность его наступления [7].

$$R_1 = 0,7 * [837\ 858 - 279\ 286] / 2 = 391\ 000 \text{ руб.}$$

Для решения поставленной задачи и минимизации рисков необходимо:

1. Иметь достаточный резервный запас на складе компании, чтобы была возможность в ходе работы переключиться на другой вид производства и тем самым снизить издержки или обезопасить себя от задержек поставок сырья

Следуя данным рекомендациям можно сократить вероятность возникновения дефицита или отказа оборудования по оценкам экспертов примерно до 10-15 %, иначе говоря:

$$P_1' = 0,15.$$

Используя новые данные, подставим их в формулу расчета возможных рисков, с учетом реализации программы предотвращения простоя:

$$R_1' = 0,15 * [837\ 858 - 279\ 286] / 2 = 83\ 786 \text{ руб.}$$

Рассчитаем эффективность внедрения против рисков мер*:

$$R_1 - R_1' = 391\ 000 - 83\ 786 = 307\ 214 \text{ руб.}$$

*с учетом того, что мы рассчитываем средний риск возникновения простоя.

Для реализации программы по минимизации рисков на предприятии, применяющем аддитивные технологии, предложим и просчитаем логистическую поддержку инновационной технологии производства для ее успешного использования в производственном процессе предприятия.

Посчитав риски использования аддитивных технологий, на основе расчетов, представленных в статье, может быть принято решение о внедрении на предприятие логистико - ориентированной системы снабжения материалами и комплектующими для исключения простоя оборудования, и, следовательно, работы всей технологической цепочки, так как данная технология относится к «цифровому» производству, и человек не участвует в самом формообразовании детали.

В нашей конкретной задаче ставится вопрос о недопустимости возникновения дефицита материала, для установки послойного синтеза.

Так как сейчас против России направлены санкции, то материала должно быть всегда с запасом на месяц работы, чтобы была возможность в случае изменения курса переключиться на другой тип производства

Материал нужно постоянно менять, чтобы он долго не хранился на складе, а постоянно был в производстве, так как он обладает свойством гигроскопичности, и после долгого хранения его придется утилизировать из-за потери свойств.

Расчет системы управления запасами

Исходя из условий, нам для решения поставленной задачи подходит модель управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня и пополнения в случае остатка на складе минимально-допустимого уровня материала [1].

Основная идея. Данная система управления запасами является комбинацией двух систем: в ней заказы осуществляются как в плановые моменты времени, так и при прохождении критического (порогового) уровня. Объем заказа определяется по принципу восполнения запаса до *максимального желательного* уровня соответственно от *текущего* или от *порогового* уровня запаса (с учетом потребления за время поставки).

Заказы делятся на две категории:

- 1) *плановые* Q_p , которые подаются через заданные интервалы времени t ;
- 2) *дополнительные* Q_d , при снижении запасов на складе до порогового уровня. Необходимость дополнительных заказов может появиться при отклонении темпов потребления от запланированных [8].

Данные для расчета:

$C_1 = 10000$, стоимость выполнения одного заказа, руб.;

$Q = 450$, потребность в товарно-материальных ценностях за определенный период времени (год), шт.;

$P = 5500$ – стоимость единицы товара, руб.;

Затраты на содержание единицы запаса рассчитаем по формуле:

$$C_2 = P \cdot 0,2 \quad (3)$$

$$C_2 = 1100$$

$N = 226$, количество рабочих дней в году

Время поставки – 30 дней

Возможная задержка поставки – 15 дней.

Расчет оптимального размера заказа:

Оптимальный размер заказа рассчитывается по формуле (4), формула Вильсона:

$$q_0 = \sqrt{\frac{2C_1Q}{C_2}}, \quad (4)$$

где q_0 – оптимальный размер заказа, шт.;

$$q_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 10000 \cdot 450}{1100}} = 90.45 \text{ шт.}$$

Ожидаемое дневное потребление (5), шт./день

$$Q' = \frac{Q}{N} \quad (5)$$

$$Q' = \frac{450}{226} = 2 \text{ шт./день}$$

Срок расходования заказа (6), дни

$$t_{\text{расх}} = \frac{q_0}{Q'} \quad (6)$$

$$t_{\text{расх}} = \frac{90}{2} = 45 \text{ дней}$$

Ожидаемое потребление за время поставки (7), шт.

$$Q_{\text{потр}} = t_{\text{пост}} * Q' \quad (7)$$

$$Q_{\text{потр}} = 30 * 2 = 60 \text{ шт.}$$

Максимальное потребление за время поставки (8), шт.

$$Q_{\text{потр макс}} = (t_{\text{пост}} + t_3) * Q' \quad (8)$$

$$Q_{\text{потр макс}} = (30 + 15) * 2 = 90 \text{ шт.}$$

Гарантийный запас (9), шт.

$$Q_{\text{гарант}} = Q_{\text{потр макс}} - Q_{\text{потр}} \quad (9)$$

$$Q_{\text{гарант}} = 90 - 60 = 30 \text{ шт.}$$

Пороговый уровень запаса – точка заказа плановой поставки (10), шт.

$$Q_{\text{порог}} = Q_{\text{гарант}} + Q_{\text{потр}} \quad (10)$$

$$Q_{\text{порог}} = 60 + 30 = 90 \text{ шт.}$$

Максимальный желательный запас (11), шт.

$$Q_{\text{мах запас}} = Q_{\text{гарант}} + q_0 \quad (11)$$

$$Q_{\text{мах запас}} = 30 + 90 = 120 \text{ шт.}$$

Срок расходования запаса до порогового уровня (12), дни

$$t_{\text{порог уровень}} = \frac{(Q_{\text{мах запас}} - Q_{\text{порог}})}{Q'} \quad (12)$$

$$t_{\text{порог уровень}} = \frac{(120 - 90)}{2} = 15 \text{ дней.}$$

Объем заказа, подаваемый в дополнительные моменты времени (13) ,шт.

$$Q' = MЖЗ - q', \quad (13)$$

где Q' – размер заказа, МЖЗ – максимально желательный запас,

q' – прогнозируемая величина запаса к моменту поставки.

Общегодовые издержки по складу за год, рассчитаны по формуле (14) составят:

$$TCU = \frac{C_1}{T_{\text{опт}}} + C_2 * q_{\text{опт}}; \quad (14)$$

$$TCU = \frac{C_1}{T_{\text{опт}}} + C_2 * q_{\text{опт}} = \frac{10000}{0.2} + 1100 * 60 = 116000 \text{ руб,}$$

где $T_{\text{опт}}$ - оптимальная периодичность пополнения запасов рассчитана по формуле:

$$T_{\text{опт}} = \frac{q_0}{Q} = \frac{90.45}{450} = 0.2 \text{ (год)} \quad (15)$$

$q_{\text{опт}}$ - среднегодовой запас материала (шт.) на складе, рассчитана по формуле № 16:

$$q_{\text{опт}} = \frac{Q_{\text{макс запас}}}{2}; \quad (16)$$

$$q_{\text{опт}} = \frac{Q_{\text{макс запас}}}{2} = \frac{120}{6} = 60 \text{ шт.}$$

Общие издержки, указаны в формуле:

$$TC = p \cdot Q + TCU; \quad (17)$$

$$TC = p \cdot Q + TCU = 5500 \cdot 450 + 116000 = 2\,591\,000 \text{ руб.},$$

где P - закупочная цена, рублей за 1 ед.

Общий вид системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня и пополнения в случае остатка на складе минимально-допустимого уровня материала представлен на рисунке 3 .

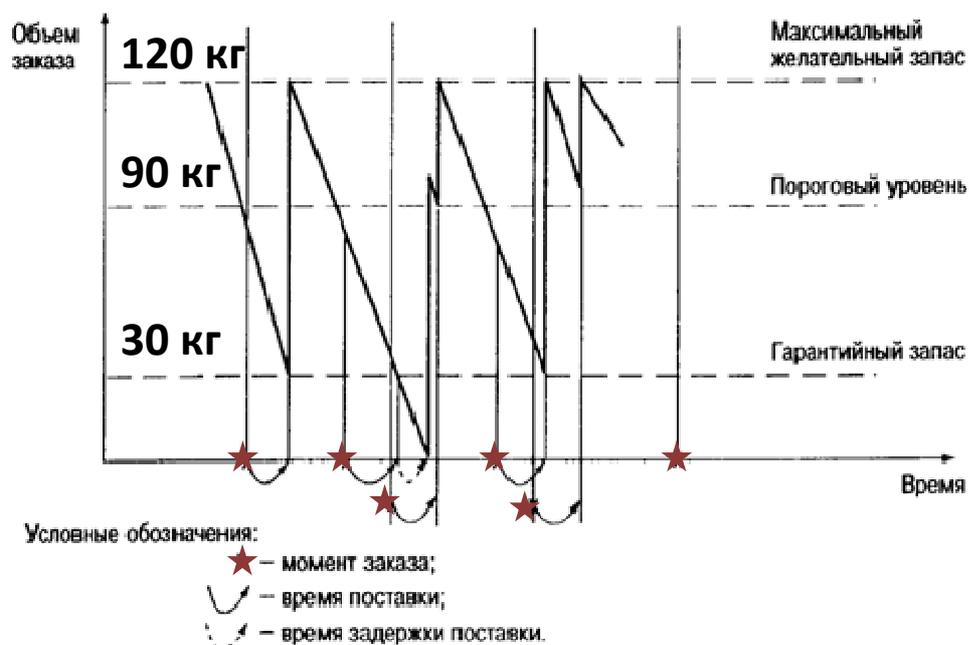


Рис. 3. Система управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня и пополнения в случае остатка на складе минимально-допустимого уровня материала.

Проанализировав расчетные данные, можно сделать заключение о том, что если сравнивать стоимость годовой эксплуатации склада со стоимостью простоя оборудования в день, то она ничтожно мала и равна примерно шести дням простоя. Эта сумма пренебрежительно мала и полностью оправдывает внедрение системы управления запасами, так как возможная задержка поставки в 2,5 раза выше и принесет предприятию больше убытков.

Таким образом, предложенные в работе подходы по планированию и разработке модели управления запасами смогут обеспечить минимизацию времени простоя дорогостоящего высокотехнологичного оборудования, что подтверждает обоснование внедрение аддитивных технологий в производство только при создании на предприятии и использовании системы управления жизненным циклом продукции.

Список литературы

1. Алесинская Т.В. Основы логистики. Функциональные области логистического управления. Режим доступа: http://www.aup.ru/books/m192/3_3.htm (дата обращения 18.04.2015).

2. Безотходное производство, на котором можно выполнять прежде невероятные задачи, — скорое будущее российских аддитивных технологий Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/doc/2678720> (дата обращения 02.05.2015).
3. Бром А.Е., Колобов А.А., Омельченко И.Н. Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла наукоемкой продукции: учебник / под ред. А.А. Колобова. М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2008. 296 с.
4. Боровков А.И. Компьютерный инжиниринг: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2012. 93 с.
5. Линейный метод начисления амортизации. Примеры. Режим доступа: <http://prednalog.ru/lineyniy-metod-nachisleniya-amortizatsii-primeryi/> (дата обращения 01.04.2015).
6. Положение о департаменте металлургии, станкостроения и тяжелого машиностроения (утв. Приказом Минпромторга России от 04.06.2014N1078). Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/47173> (дата обращения 15.05.2015).
7. Потери от простоя. Метод оценки Режим доступа: <http://aestimator.ru/archives/1676> (дата обращения 11.06.2015).
8. Система управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня. Режим доступа: <http://www.irbis.vegu.ru/repos/6639/HTML/185> (дата обращения 01.04.2015).
9. Каблов Е.Н., Мубояджян С.А. Жаростойкие и теплозащитные покрытия для лопаток турбины высокого давления перспективных ГТД // Авиационные материалы и технологии. 2012. № 5. С. 60–70.