

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА МИНИМАЛЬНОЙ ЗАДЕРЖКИ СРОКОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАКАЗОВ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Кокарева В.В., Терешина Ю.В.*

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева, г. Самара*

**Ключевые слова:** селективное лазерное сплавление, СЛС, аддитивное производство, сроки выполнения заказов, платформа построения.

**Аннотация.** В статье разработан алгоритм планирования аддитивного производства. С помощью него можно сформировать платформы построения с учетом минимального времени выполнения заказов путем рационального группирования деталей. А также определить достаточное и/или необходимое количество машин для выполнения заказов с назначенными сроками выполнения заказов.

## DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR MINIMAL DELAY IN ORDER FULFILLMENT FOR ADDITIVE PRODUCTION

*Kokareva V.V., Tereshina Yu.V.*

*Samara National Research University named after S.P. Korolev, Samara*

**Keywords:** selective laser melting, SLM, additive production, lead time, construction platform.

**Abstract.** The article developed an algorithm for planning additive production. You can use it to create build platforms that take into account the minimum lead time by rationally grouping parts. As well as to determine the sufficient and / or necessary number of machines for the execution of orders with the assigned deadlines for the execution of orders.

Технологии аддитивного производства позволяют изготовить несколько деталей различных геометрических параметров за один процесс печати. Однако на стоимость и время печати влияет комбинация деталей на одну печать, геометрические особенности и предъявляемые требования к деталям ограничивают возможность сочетания деталей. Процесс планирования аддитивного производства заключается в определении оптимальной комбинации деталей (группировании) различных геометрических и функциональных параметров на установках аддитивного производства [1].

Предлагается алгоритм планирования аддитивного производства, который позволяет решить задачи по оптимизации загрузки с целью уменьшения времени выполнения заказов и основывается на модифицированном генетическом алгоритме. В основе модифицированного генетического алгоритма заложен метод «адаптированный лучший подходящий», использующий перебор деталей по времени изготовления и составление расписания печати [2-3].

Алгоритм для подготовки аддитивного производства по критерию – минимальные задержки сроков выполнения заказов начинается с формирования ранжированного списка  $i$ -деталей – кандидатов на  $m$  установку на основе их  $d_i$ -сроков выполнения заказов. На каждой установке создается временная  $j$  платформа построения. Детали назначаются на временную платформу исходя из доступной площади построения на платформе. Если временная платформа свободна, то из списка деталей назначается первая деталь с ранним сроком

выполнения заказа. Далее назначается деталь, чье время выполнения заказа не превышает время выполнения заказа для первой назначенной детали, т.е. операционное время печати  $j$  платформы будет меньше, чем срок выполнения заказа  $i$  детали.

Детали, которые увеличивают операционное время печати  $T_j > \min_{i \in I} (d_i)$ , т.е. не удовлетворяют срок выполнения заказа, удаляются из списка деталей – кандидатов на  $m$  установку и переходят в список деталей – кандидатов на  $(m+1)$  установку. Алгоритм формирования платформ построения по критерию минимального времени выполнения заказа приведен на рисунке 1.

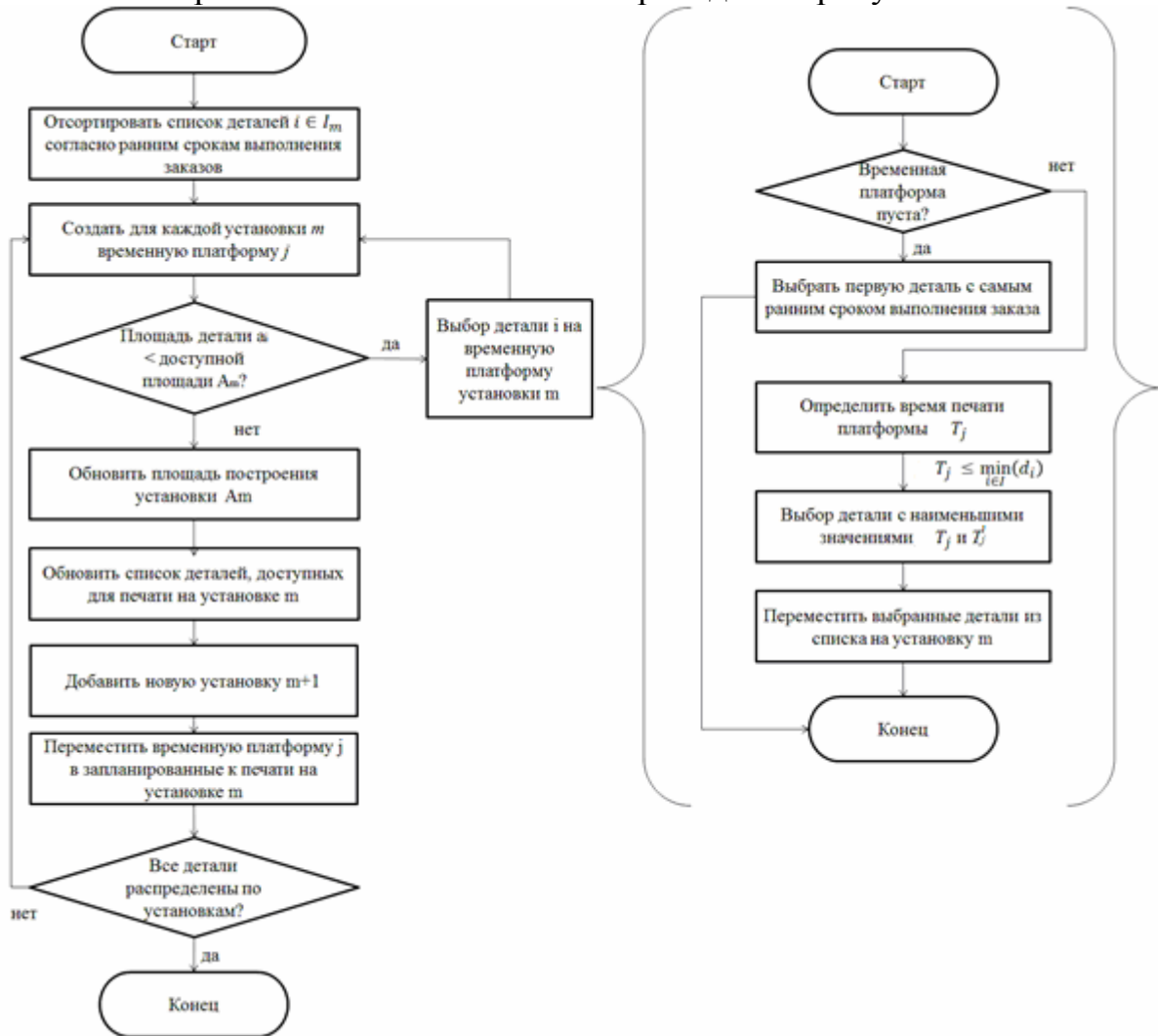


Рис. 1. Модифицированный алгоритм для перегруппировки и планирования запуска печати при минимальном сроке выполнения заказов

Определение времени печати  $j$  платформы является ключевым этапом и критерием подготовки аддитивного производства. Оценка проводится по сравнению оперативного времени печати платформы  $T_{mj}$  с минимальным сроком выполнения заказа  $\min_{i \in I} (d_i)$  и определению значения запаздывания  $T'_j$ :

$$T_j = VT_m \sum_{i \in I_{mj}} v_i + HT_m \cdot \max_{i \in I_{mj}} \{h_i\} + ST_m,$$

где  $VT_m$  – время построения установкой  $m$  единицы объема материала, мин/мм<sup>3</sup>;  $HT_m$  – время (интервал времени) построения установкой  $m$  единицы высоты,

мин/мм;  $ST_m$  – время загрузки (подготовки) установки  $m$ , мин. Данные коэффициенты определяются техническими данными установок аддитивного производства (скорость сканирования, шаг сканирования, толщина слоя и др.).

$$\sum_{j=1}^J T'_j \rightarrow \min ,$$

$$T'_j = T_j - d_j ,$$

где  $T_j$  – время печати  $j$  платформы –  $JPT_{mj}$ ,  $d_j$  – срок печати (время выполнения заказа) на  $j$  платформе.

Ограничения модели:

- 1)  $\sum_{j=1}^{j_n} X_{ji} = 1; \forall i \in I;$
- 2)  $\sum_{m=1}^{m_n} Y_{mj} - Z_j = 0; \forall j \in J;$
- 3)  $\sum_{i \in I} a_i \cdot X_{ji} \cdot Y_{mj} \leq A_m; \forall m \in M; \forall j \in J;$
- 4)  $T_{mj} \leq \min_{i \in I}(d_i); \forall j \in J;$
- 5)  $d_{mj} \leq \min_{i \in I}(d_i); \forall j \in J;$
- 6)  $\max_{i \in I}\{h_i \cdot X_{ji} \cdot Y_{mj}\} \leq H_m; \forall m \in M; \forall j \in J.$

С помощью разработанного алгоритма можно осуществлять планирование и подготовку аддитивного производства по критерию времени выполнения заказов  $T_{mj}$  за счет оптимального группирования  $i$ -деталей на  $j$ -платформах построения на установках  $m$ .

Применяя разработанный алгоритм можно не только распределить детали по платформам построения для печати на имеющихся установках с учетом времени выполнения заказов и минимального времени запаздывания, но и определить достаточное и/или необходимое количество машин для выполнения заказов с назначенными сроками выполнения заказов.

#### Список литературы

1. Засканов В.Г. Система планирования и подготовки аддитивного производства / В.Г. Засканов, Г.М. Гришанов, И.Н. Хаймович, В.В. Кокарева и др. // Известия СамНЦ РАН. – 2018. – Т. 20, № 6. – С. 14-23.
2. Подчасова Т.П. Эвристические методы календарного планирования – К.: Техника, 1980. – С. 20-25.
3. Степанов П.Л. Метод и эвристический алгоритм оперативно-календарного планирования производства / П.Л. Степанов, А.М. Ревин, В.З. Ямпольский // Известия Томского ордена трудового Красного Знамени Политехнического института им. С.М. Кирова. – 1970. – Т.211. – С. 75-80.

#### Сведения об авторах:

*Кокарева Виктория Валерьевна* – старший преподаватель кафедры ТПД, Самарский университет, г.Самара;  
*Терешина Юлия Владимировна* – магистрант Самарского университета, г.Самара.