

Смелов Виталий Геннадиевич,
к.т.н., доцент, Самарский университет, г. Самара

Кокарева Виктория Валерьевна,
к.т.н., доцент, Самарский университет, г. Самара

Жилкин Даниил Владимирович,
студент, Самарский университет, г. Самара

Чертыковцев Павел Александрович,
аспирант, Самарский университет, г. Самара

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ МГТУ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Аннотация: В работе представлены результаты разработки имитационной модели производства деталей и узлов малоразмерной газотурбинной установки для определения показателей эффективности производственной системы на этапе планирования. В качестве основных критериев оценки эффективности производственной системы (КПЭ) использованы параметры: минимизация длительности цикла изготовления деталей и максимизация среднего коэффициента загрузки технологического оборудования (максимизация загрузки оборудования) с учетом ограничений по объему производства, срокам производства и фонду рабочего времени.

Ключевые слова: газотурбинная установка, аддитивное производство, загрузка оборудования, производственная система

Производственная система по производству деталей и узлов малоразмерной газотурбинной установки (МГТУ) – это совокупность технологического оборудования с системой обеспечения функционирования производства, предназначенной для изготовления изделий определенной номенклатуры. В общем виде задачей проектирования производства является разработка проекта цеха или участка для выпуска изделий определенной номенклатуры, требуемого качества и в заданном количестве при достижении минимальных приведенных затрат на годовой выпуск с учетом всех требований к охране труда.

Производственный процесс – совокупность трудовых и естественных процессов, в результате действия которых сырье и материалы превращаются в готовую продукцию – ДСЕ МГТУ.

Структура производственного процесса определяет состав производственных участков в зависимости от конструкции изделия, объема выпуска, трудоемкости, уровня специализации, кооперирования (рисунок 1).





Рисунок1 – Системообразующие факторы производства

Основные требования к организации производственного процесса изготовления ДСЕ МГТУ:

- строгое разделение труда между подразделениями на основе их специализации, рационального размещения и полного использования средств труда на каждом специализированном участке;
- четкое распределение рабочих, обеспечивающих всем необходимым для высокопроизводительного труда, упрощения маршрутов движения деталей;
- правильное планирование в пространстве и времени.

Требования к организации производственных участков: непрерывность, прямоточность, параллельность, пропорциональность, ритмичность, гибкость, модульность.

Основные требования к разработке планировок производственных участков при изготовлении и сборке деталей и узлов МГТУ:

- обеспечение прямоточности процесса и кратчайшего расстояния между взаимосвязанными цехами, для чего цехи и склады располагаются по схеме;
- зонное расположение цехов, однородных по характеру производства, противопожарным и санитарно-гигиеническим условиям;
- обязательное выделение зоны горячих, энергетических цехов и зоны общезаводских служб;
- обеспечение возможности дальнейшего расширения предприятия без нарушения идеи плана, без сноса ранее построенных зданий, с учетом «розы ветров»;
- разграничение материальных потоков.

Для визуализации производственных процессов изготовления деталей и узлов МГТУ применялось имитационное моделирование в программе Tecnomatix Plant Simulation. Имитационная модель производственного процесса реализуется с использованием объектно-ориентированного языка имитационного моделирования событийного типа. Она ориентирована, прежде всего, на дискретные производственные системы с единичным и мелкосерийным характером производства. Использование имитационного моделирования в процессе организации производства деталей и узлов МГТУ позволяет спрогнозировать поведение и будущее состояние производственной системы, оценить альтернативные варианты управленческих воздействий и соответствующие им ключевые показатели эффективности: загрузка оборудования, доступность и время производства.



Имитационное моделирование позволяет решить следующие задачи.

1) Оценка потребностей в ресурсах (оборудование и персонал) и их рациональное использование:

- a количество, тип и расположение станков для выполнения определенной задачи;
- b требования к погрузочно-разгрузочным устройствам и другому вспомогательному оборудованию;
- c расположение складских площадей и объем материально-производственных запасов;
- d оценка изменений в объеме продукции или ассортименте изделий;
- e оценка влияния установки нового оборудования в существующую производственную линию.

2) Оценка производительности:

- a анализ производительности;
- b анализ времени пребывания в системе и непроизводительного времени;
- c анализ недостатка ресурсов.

3) Оценка технологических операций, различных стратегий и сценариев работы:

a технологическое проектирование и производственное планирование (например, оценка предлагаемых режимов выдачи заказов цеху, определение объемов партии продукции, загрузка деталей на рабочую станцию и установление последовательности прохождения деталями рабочих станций в системе);

b стратегии синхронной работы – синхронизация материалопотоков в контуре производственной системы;

c стратегии управления запасами комплектующих деталей или сырья;

d стратегии управления транспортировкой;

e анализ надежности и ОЕЕ.

В работе в качестве основных критериев, по которым можно оценить эффективность производственной системы (КПЭ), использованы параметры:

1. Минимизация длительности цикла изготовления деталей:

$$T_{\text{опт}} = T \rightarrow \min$$

где T – общее время производственного цикла.

$$T = \sum_{k=1}^n \left(\sum_{j=1}^n T_{ij} + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \right)$$

где T_{ij} – длительность цикла технологической операции i -ой партии деталей, α_{ij} – длительность простоя перед началом выполнения j -ой технологической операции над i -ой партией деталей.

2. Максимизация среднего коэффициента загрузки технологического оборудования (максимизация загрузки оборудования)

$$K_{\text{опт з}} = \frac{1}{m} * \sum K_3 \rightarrow \max, \text{ или } K_{\text{опт з}} = \frac{1}{m} * \sum K_3 \rightarrow \min$$

где m – количество оборудования, K_3 -коэффициент загрузки i -го оборудования.

Коэффициент загрузки i -го оборудования определяется отношением времени производительной работы к общему времени по формуле:

$$K_3 = \frac{\sum_{j=1}^n T_{ij}}{\sum_{j=1}^n T_{ij} + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}$$



При этом были учтены следующие ограничения:

1. Ограничения по объемам изготовления:

$$N_{\text{пл}} = N_{\text{ф}},$$

где $N_{\text{ф}}$ – фактическое изготовленное количество деталей i -го типа ($i=1... K$), $N_{\text{пл}}$ – заданное в производственной программе количество деталей i -го типа, K – номенклатура изготавливаемых деталей.

2. Ограничения по срокам изготовления:

$$T_{\text{пл}} \geq T_{\text{ф}},$$

где $T_{\text{ф}}$ – фактический срок изготовления i -ой детали ($i=1... K$), $T_{\text{пл}}$ – директивный срок изготовления i -ой детали.

3. Ограничение по фонду времени работы технологического оборудования:

$$\sum_{i=1}^n N_{\text{пл}} \sum_{j=1}^m T_{ij} \leq R_i$$

где T_{ij} – длительность выполнения технологической операции, R_j – ресурс i -ой группы оборудования.

Для организации производства деталей и узлов МГТУ была построена имитационная модель на основе технологических процессов их изготовления. Были внесены в имитационную модель следующие входные данные: штучно-калькуляционное время каждой технологической операции, мин.; количество и тип оборудования; производственная программа.

В качестве основных объектов производственной системы в имитационной модели были выбраны Source, Station (производственное оборудование), Drain. В качестве объектов производства в имитационной модели применяются MU – Part: Part 1 – корпус, Part 2 – завихритель, Part 3 – форсунка, Part 4 – втулка форсунки. Общий вид имитационной модели представлен на рисунке 2

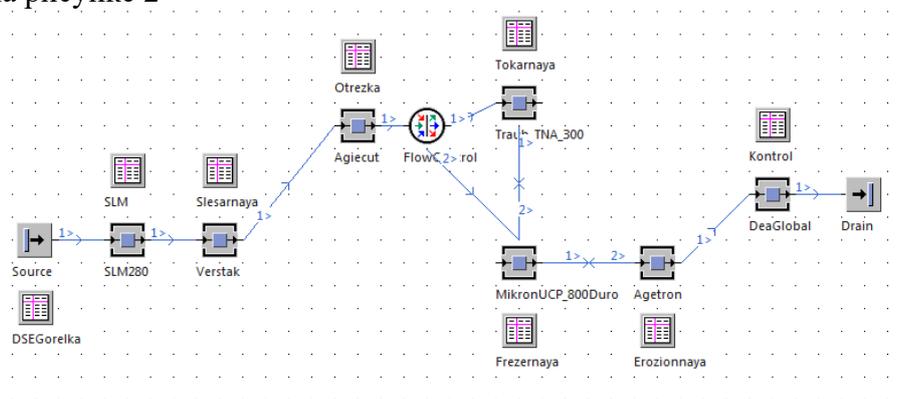


Рисунок 2 – Общий вид имитационной модели «как есть»

В производственной системе используется следующее оборудование (Station): 3D принтер SLM 280, слесарный верстак, электроэрозионный станок AGE Agiecut, токарный станок Traub TNA300, фрезерный станок Mikron UCP 800 DURO, электроэрозионный станок AGE Agetron, координатно-измерительная машина DEA Global.

Для анализа КПЭ производственной системы использовались элементы «Статистика ресурсов» (Chart, статистический отчет), результаты работы производственного оборудования представлены на рисунке 3.



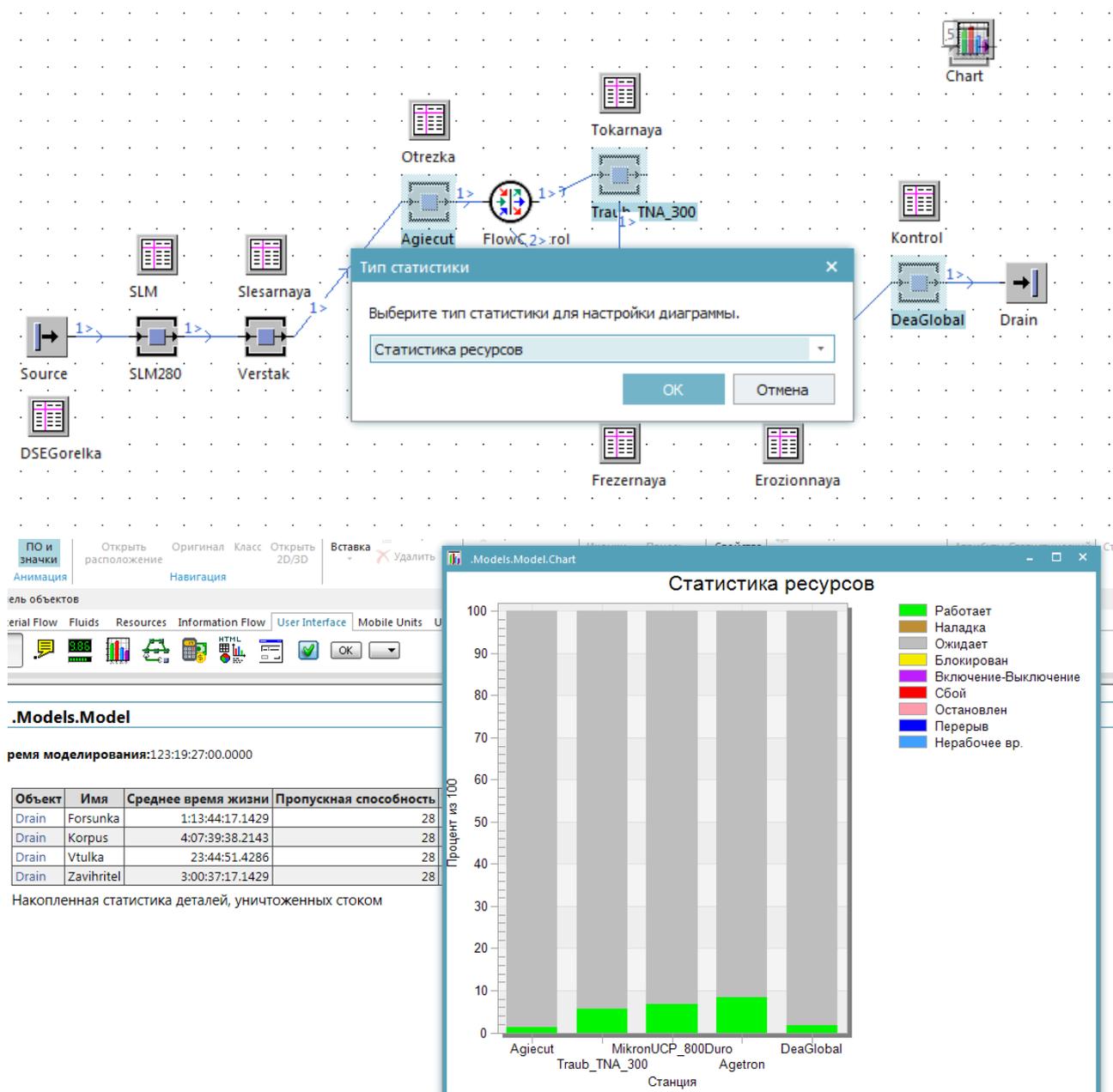


Рисунок 3 – Определение статистики ресурсов

Анализируя статистику ресурсов имитационной модели «как есть», можно сделать следующие выводы:

- коэффициент загрузки оборудования: Traub_TNA_300 – 6%; MikronUCP_800Duro – 7%; Agetron – 9%; Agiecut – 2 % – определяет показатель A [доступность].
- производительность: Traub_TNA_300 – 278 шт.; MikronUCP_800Duro – 445 шт.; Agetron – 223 шт.; Agiecut – 112 шт. – определяет показатель P [производительность].

Работа выполнена при поддержке программы развития Самарского университета до 2030 года в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» по Соглашению от 21.02.2023г. №075-15-2023-374.

