

Оптимизация управления производством на операционном уровне – от учета к алгоритмам MES



**Голуб Денис,
Генеральный директор
ООО «КТ-Сегмент»
ХОЛДИНГ «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ»**



Описание функционала



1С:ERP Управление предприятием 2.2 Планирование производства



Производство

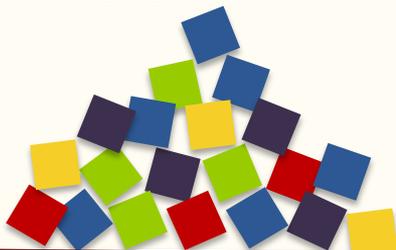


Планирование производства

План
выпуска
продукции
по срокам и
объемам

ERP

Портфель заказов



Результаты
выполнения
операций.
Готовой
продукции

Выпуск полуфабрикатов
и изменение
потребностей

APS

Межцеховое планирование



MES

Внутрицеховое
планирование

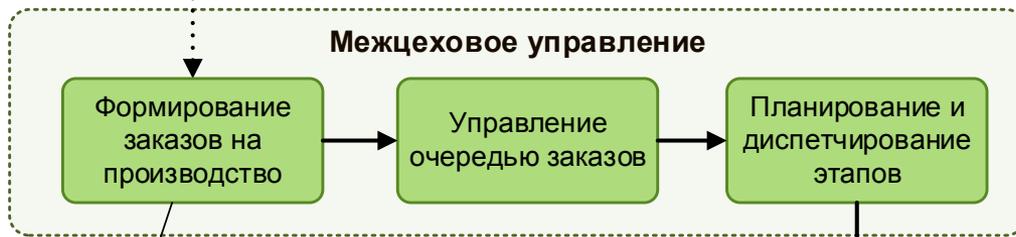


Расписание для
производства в
целом



Планирование производства

Ресурсные спецификации [Ресурсные спецификации - необходимая и достаточная часть нормативно-справочной информации для формирования графика производства

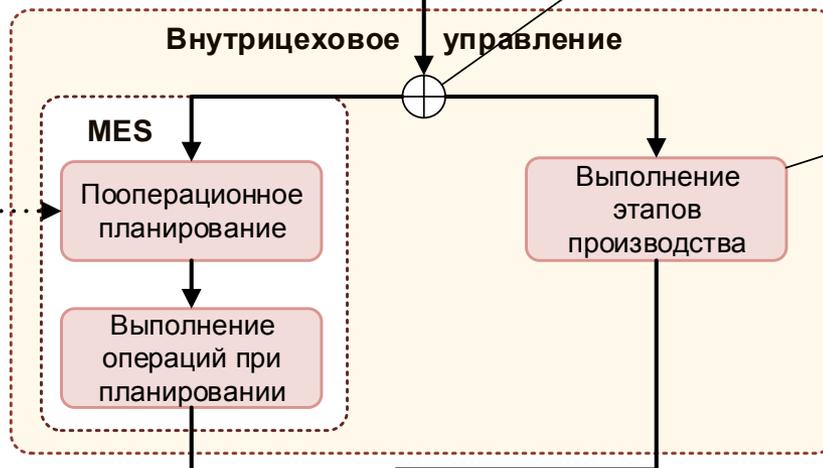


Варианты формирования заказов на производство:

- **Новый** – формируется вручную;
- **По плану** – на основании потребности, сформированной документами План производства;
- **По потребностям** – на основании потребности, заявленной заказами;
- на основании заказов клиентов, заказов на ремонт и т. п.

Для каждого подразделения можно выбрать свой вариант внутрицехового управления

Маршрутные карты



Если при межцеховом планировании учитывалась маршрутная карта, то можно использовать пооперационное выполнение

Оформление выпуска



Параметры пооперационного планирования. НСИ

Размер передаточной партии, указываемый в маршрутной карте.

№	Порядок	Вид операции	Изготовить (выполнить)	Вид рабочего центра	Время штучное	Время ПЗ	Загрузка	Размер передаточной партии
	1	2	Операция	Слесарная	Рабочее место слесаря (цех 12)	60,0, сек	300,0, сек	10
	2	3	Операция	Точильно-шлифовальная	Точило (цех 3)	60,0, сек		
	3	4	Операция	Слесарная	Рабочее место слесаря (цех 3)	60,0, сек	300,0, сек	
	4	5	Операция	Токарная с ЧПУ	Токарный многоцелевой с ЧПУ серии G...	60,0, сек	7 200,0, сек	20
	5	6	Операция	Слесарная	Настольно-сверильный одношпинд На...	60,0, сек	600,0, сек	10
	6	7	Операция	Слесарная	Рабочее место слесаря (цех 3)	60,0, сек	300,0, сек	
	8		Операция	Слесарная	Рабочее место слесаря (цех 3)	60,0, сек	300,0, сек	

Размер передаточной партии – размер партии, передаваемый на следующую операцию этапа производства. Если размер передаточной партии не заполнен, на следующую операцию передается вся партия этапа.

Входит в маршрут: [ДЦ8.934.000 Гайка](#)

N операции: N след. опер.:

Изготовить (выполнить): Слесарная

Рабочий центр: Настольно-сверильный одношпинд Наиб.ф.6 (цех 3)

Вариант наладки:

Основное Описание

Количество: операций

Время штучное: сек

Время ПЗ: сек

Размер передаточной партии: ?



Параметры пооперационного планирования. НСИ.

Параметры задаваемые перед планированием:

Прокатный стан (Вид рабочего центра) (1С:Предприятие)

Основное Рабочие центры Варианты наладки Мои заметки

Варианты наладки

Варианты наладки

Создать Поиск (Ctrl+F) Еще ?

Наименование	Описание
Исходная	
Наладка 1	
Наладка 2	

Длительность переналадки (в часах)

С варианта наладки	На вариант наладки			
	Любой вариант наладки	Исходная	Наладка 1	Наладка 2
Любой вариант наладки				
Исходная			3	
Наладка 1		2		
Наладка 2		2	3	

Длительность определяется по индивидуальной настройке.

Длительность переналадки с режима на режим. Задается для ВРЦ

Коэффициент времени работы - коэффициент изменения времени выполнения операции на заданном РЦ относительно нормативного времени.

1С:Предприятие

ПС-1 (Рабочий центр) (1С:Предприятие)

Основное Ремонты рабочих центров Мои заметки

Записать и закрыть Записать Еще ?

Подразделение: участок заготовки

Наименование: ПС-1 Вид: Прокатный стан

Описание: Входит в группу: Производство пров

График работы: Коэффициент времени работы: 1,00

Расценка (работа): 1 500,00

Расценка (переналадка): 3 000,00

Нормативная почасовая стоимость работы или переналадки оборудования



Параметры пооперационного планирования

Параметры задаваемые непосредственно перед планированием:

Параметры расчета (1С:Предприятие)

Параметры расчета

▶ Рассчитать расписание производства продукции... [Еще ▾] [?] [?]

Сроки

Момент планирования: Текущее время | Произвольная дата 20.10.2017 19:04:27

Горизонт планирования: 60 дн. Нормативное время на регистрацию выполнения: 1 дн

Настройки

Подразделение: Цех заготовки ЭК

Модели планирования: минимизация стоимости - равномерная загрузка (без резерва) ... x

Отбор

Распоряжения: <без отбора> ...

Этапы производства: <без отбора> ...

Точка отсчета для размещения операций. Два варианта: текущая дата и произвольная

Максимальное время регистрации начала операции

Интервал на котором размещаются операции. Начинается от момента планирования

Подразделение, для которого строится расписание

Модели и сценарии планирования на основании которых и будет построено расписание



Модели планирования. Критерии оптимизации.

Параметры модели, задаваемые перед планированием:

минимизация стоимости - равномерная загрузка (Модель п...

Записать и закрыть Записать Еще ?

Наименование: минимизация стоимости - равномерная загрузка

Критерии оптимизации

Минимизировать срок выпуска — Минимизировать стоимость расписания

Текущая оценка: учитывается единственный критерий - сокращение стоимости расписания.

Способ загрузки: **Загружать оборудование равномерно**

Максимизировать загрузку единицы оборудования

Загружать оборудование равномерно

Критерии оптимизации оказывают влияние на модель согласно своему весу.

При планировании критерии применяются при выборе рабочего центра и выборе варианта расписания.

Система загружает максимальное количество рабочих центров данного вида, распределяя загрузку на весь парка оборудования.

Система загружает минимальное количество рабочих центров данного вида максимизируя загрузку отдельно взятой единицы оборудования



Модели планирования. Критерии оптимизации.

Параметры сценариев, задаваемые перед планированием:

- **Изменение парка оборудования:**

N	Вид рабочего центра	Количество	Аналог
1	Ванны химического травления	2	Ванны химического травления В

N	Вид рабочего центра	Рабочий центр
---	---------------------	---------------

Дополнительные рабочие центры, которые будут загружены в процессе расчета расписания производства.

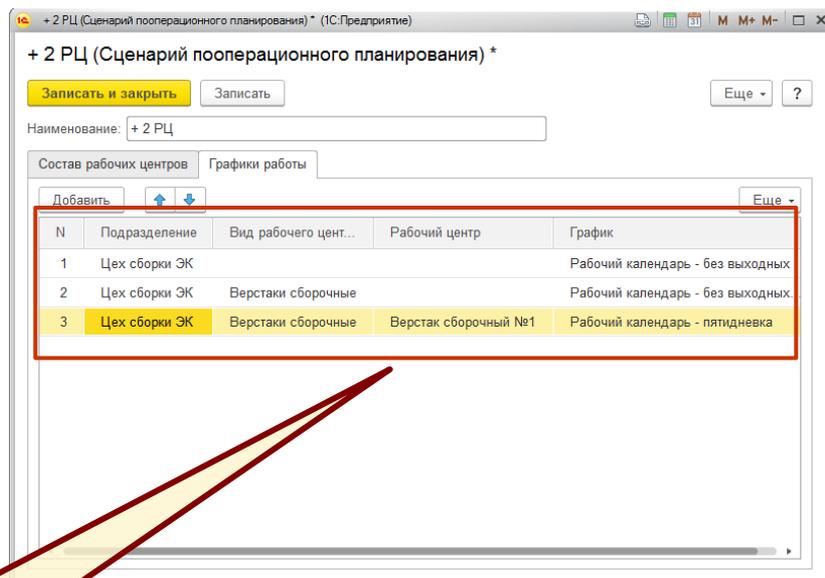
Перечень рабочих центров, которые не будут загружаться при пооперационном планировании расписания производства.



Модели планирования. Критерии оптимизации.

Параметры сценариев, задаваемые перед планированием:

- **Изменение графика работы:**

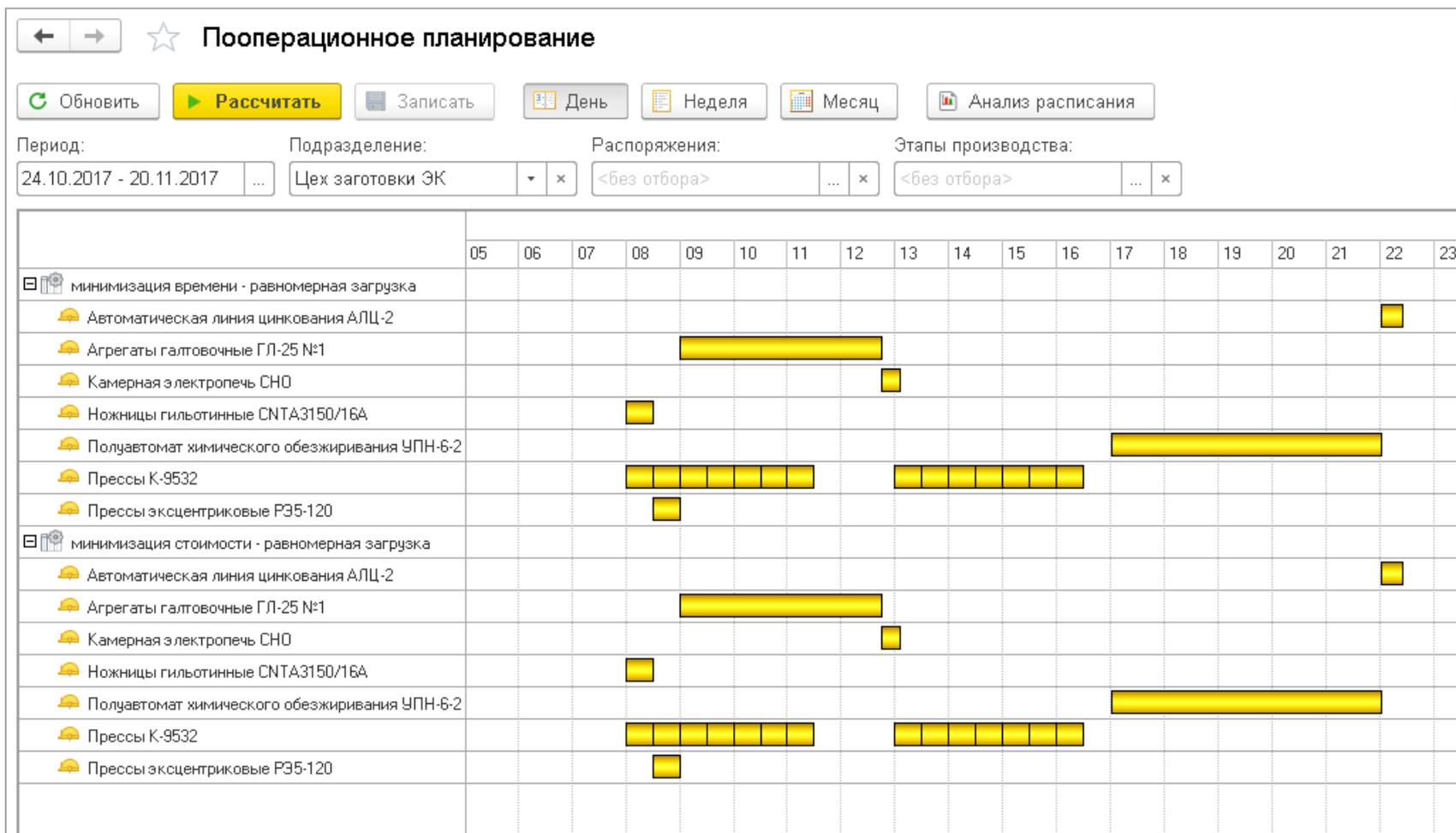


Изменения графика задаются с детализацией до РЦ, ВРЦ или всех РЦ подразделения.



Результаты пооперационного планирования

Сравнение нескольких вариантов графика отличающихся критериями





Результаты пооперационного планирования

Утвержденный вариант плана:



Пооперационное планирование



Период:

24.10.2017 - 20.11.2017

Подразделение:

Цех заготовки ЭК

Распоряжения:

<без отбора>

Этапы производства:

<без отбора>

	24 октября 2017 вторник														
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1	
Автоматическая линия оловянирования АЛ-1	[Yellow]							[Yellow]							
Автоматическая линия оловянирования АЛ-2															
Автоматическая линия оловянирования АЛ-3			[Yellow]												
Автоматическая линия оловянирования АЛ-4						[Yellow]									
Автоматическая линия цинкования АЛЦ-2				[Yellow]										[Yellow]	
Агрегаты галтовочные ГЛ-25 №1	[Yellow]							[Yellow]							
Агрегаты галтовочные ГЛ-25 №2	[Yellow]														
Ванны химического травления ВХТ-1						[Yellow]									
Ванны химического травления ВХТ-2	[Yellow]		[Purple]	[Yellow]	[Yellow]	[Yellow]	[Purple]	[Yellow]	[Yellow]	[Yellow]	[Yellow]	[Yellow]	[Purple]	[Yellow]	
Вертикально-сверлильный станок 2С132 №1															
Камерная электропечь СНО	[Yellow]			[Yellow]		[Yellow]	[Yellow]		[Yellow]					[Yellow]	
Ножницы гильотинные СНА3150/16А									[Yellow]						
Полуавтомат химического обезжиривания УПН-6-1															
Полуавтомат химического обезжиривания УПН-6-2	[Yellow]									[Yellow]					
Прессы К-9532										[Yellow]				[Yellow]	
Прессы эксцентриковые РЭ5-120									[Yellow]						

Обозначения

- рабочий центр
 - вспомогательный рабочий центр
 - дополнительный рабочий центр
 - модель планирования

Операции обработки и сборки

Выполнение не начато
 Параллельная загрузка
 Выполнение начато

Прочие операции

Переналадка
 Ремонт

Диспетчеризация и частичное выполнение операции



Для операции возможно частичное выполнение.
Часть операции не принятая в работу или выполненная не правильно доступна для перепланирования.

Выполнение операций (MES)

Выполнение операций | Операции

Подразделение: Вид рабочего центра Рабочий центр Состояние:

Цех заготовки ЭК | <без отбора> | Незавершенные

Создать | Принять в работу | Отметить выполнение

Поиск (Ctrl+F)

Этап производства	Операция	Номер парт...	Начало	Окончание						
МС00-9.134.1, Производство	Рубка	1	19.10.2017 13:29:39	19.10.2017 13:59:39	5,000	5,000			5,000	
МС00-9.161.1, Производство	Литье	1	19.10.2017 13:29:39	19.10.2017 13:59:39	5,000	5,000			5,000	
МС00-9.227.1, Производство	Резка	1	19.10.2017 13:29:39	19.10.2017 13:59:39	5,000	5,000			5,000	
МС00-9.221.1, Производство	Автоматно-токарная	1	19.10.2017 13:29:39	19.10.2017 15:19:39	5,000	5,000			5,000	
МС00-9.71.1, Производство	Штамповка	1	19.10.2017 13:29:39	20.10.2017 5:30:39	160,000	20,000			20,000	140,000
МС00-9.135.1, Производство	Рубка	1	19.10.2017 13:59:39	19.10.2017 14:29:39	5,000	5,000			5,000	
МС00-9.226.1, Производство	Резка									
МС00-9.270.1, Производство	Литье									
МС00-9.136.1, Производство	Рубка									
МС00-9.224.1, Производство	Резка									
МС00-9.269.1, Производство	Литье									
МС00-9.137.1, Производство	Рубка									
МС00-9.160.1, Производство	Литье									

Выполнение операций | Операции

Подразделение: Вид рабочего центра Рабочий центр Исполнитель: Статус:

Цех заготовки ЭК | <без отбора> | <без отбора> | <без отбора>

Поиск (Ctrl+F)

Номер	Дата	Статус	Операция	Количество	Вид рабочего центра	Рабочий центр
МС00-9.71.1.1	20.10.2017 19:52:22	Выполняется	Штамповка	140,000	Прессы эксцентрик	Прессы эксцентрик
МС00-9.71.1.2	20.10.2017 19:53:44	Не выполнена	Штамповка	20,000	Прессы эксцентрик	Прессы эксцентрик

Легенда

- 📅 - запланировано
- ⚙️ - ожидает предшествующие
- ▶️ - можно выполнять
- ✔️ - выполнены
- ⚙️ - ожидает создания
- ⏪ - начаты предшествующие
- ▶️ - выполняются

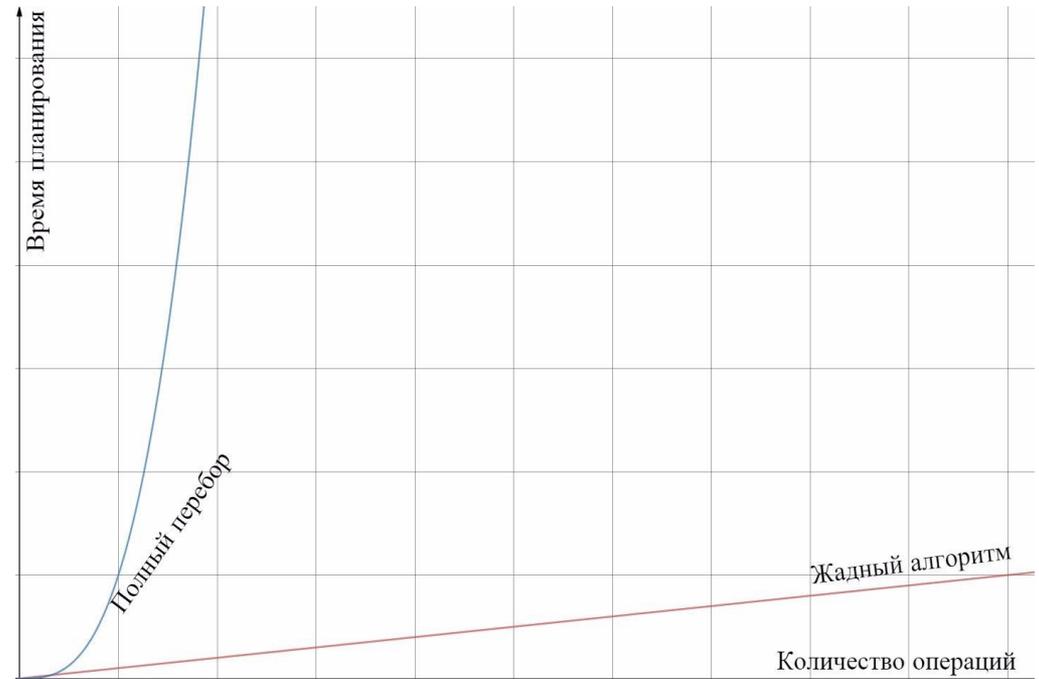


Описание алгоритма



Почему планирование – это так сложно?

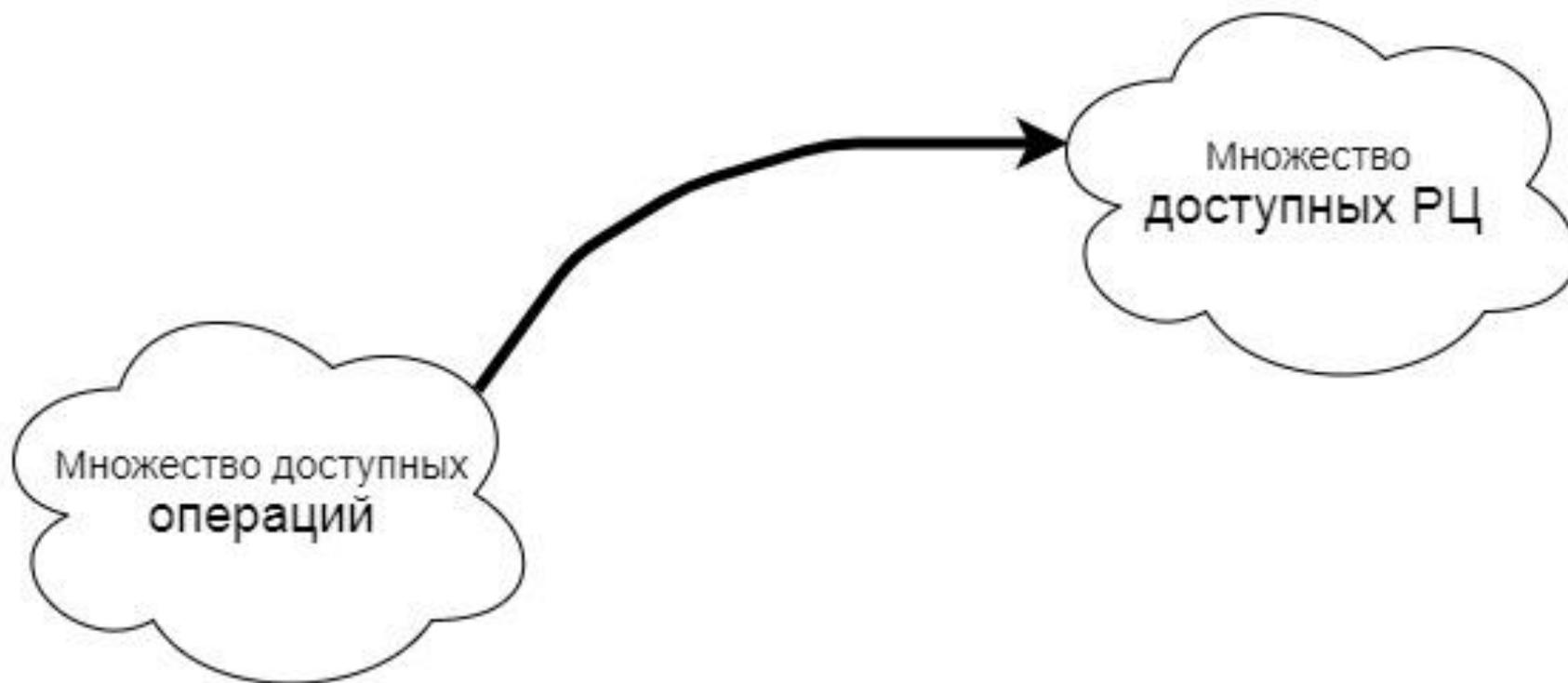
- Планирование – NP-полная задача, то есть поиск оптимального решения займёт столетия
- Планирование 15 операций на двух станках займёт 54 миллиона лет
- Чем быстрее приближённые алгоритмы, тем больше в них сложной математики





Выход: жадный алгоритм

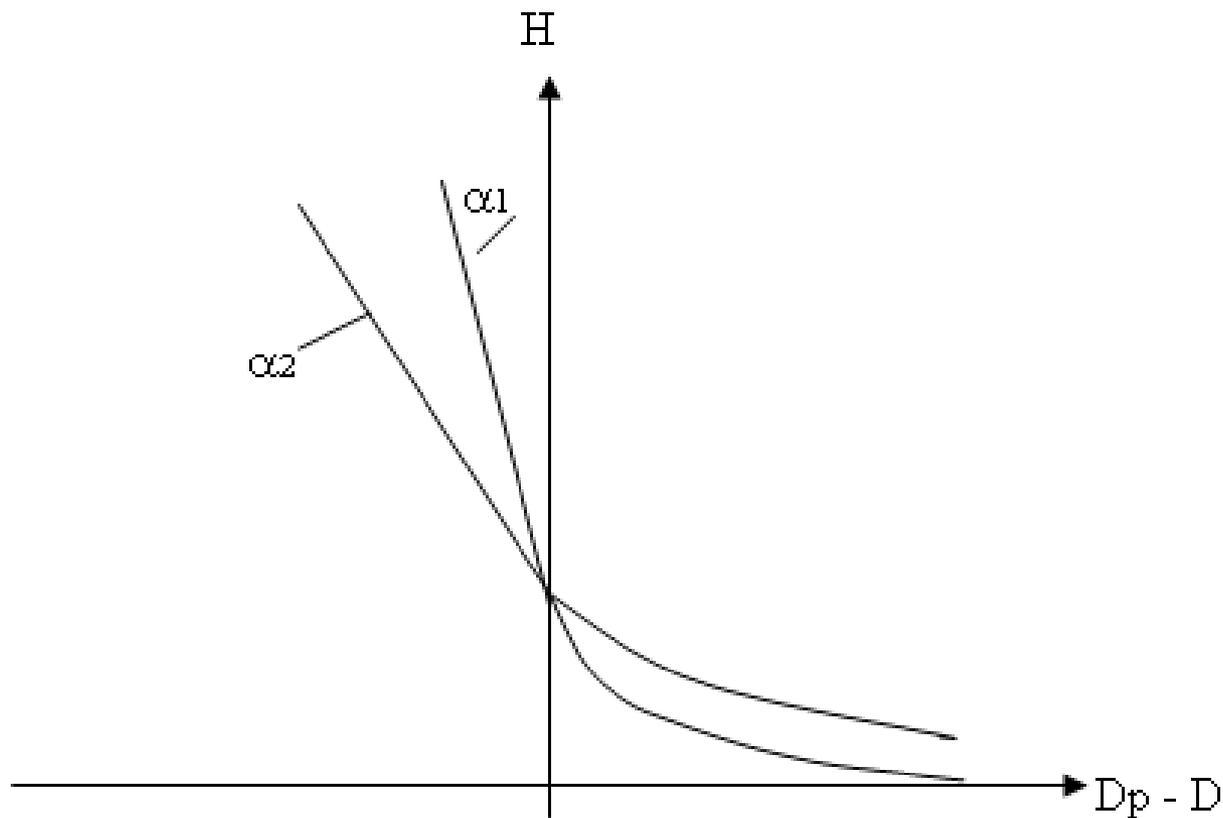
- На каждом шаге доступная операция выбирает наиболее подходящий рабочий центр





Как выбрать нужную операцию из доступных?

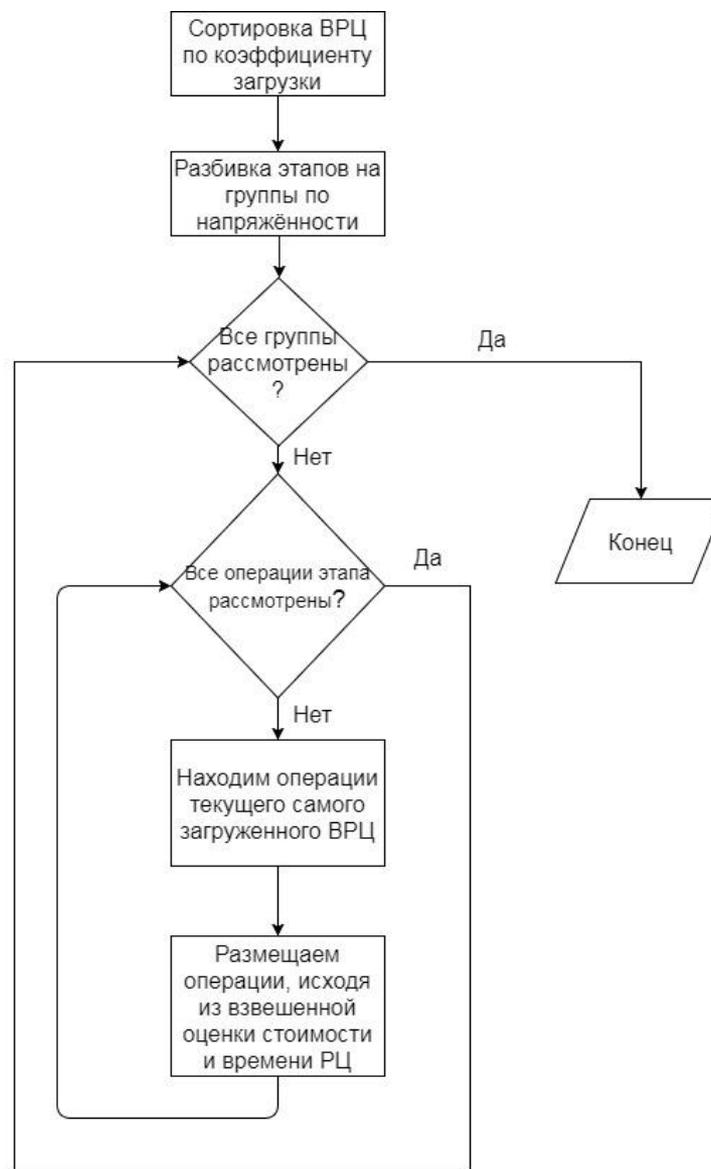
- В качестве критерия используется напряжённость





Принципиальная блок-схема

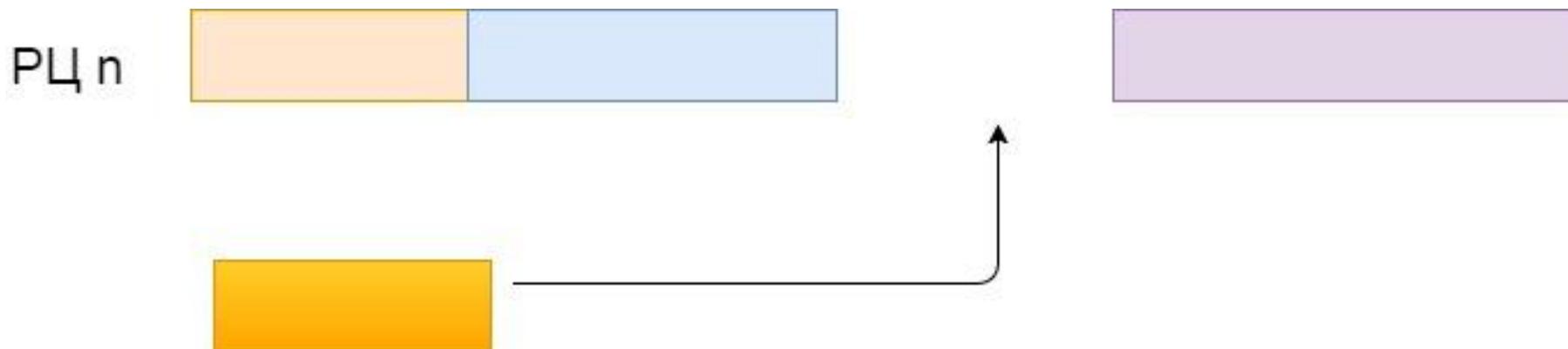
- Акцент на наиболее загруженных ВРЦ делает расписание гибче и более приспособленным к меняющимся условиям
- Взвешенная оценка учитывает и стоимость, и время





Загруженные РЦ в приоритете

- Первым делом загружаем РЦ с большой занятостью
- Рекурсивно заполняем прошлые операции так, чтобы попасть в свободный интервал





Планы развития функционала



Планы развития функционала управления производством

По функциональным блокам

НСИ и Планирование

- Альтернативные РЦ и альтернативные маршруты производства
- Планирование по трудовым ресурсам
- Учет переналадок и транспортировки (расширенная и простая схемы)
- Учет инструмента и оснастки

Диспетчеризация и перепланирование

- Анализ состояния производства: план-факт, срез на момент времени
- Корректировка сроков APS уровня и потребностей в материалах и полуфабрикатах на основании данных MES систем.
- Контроль выполнения операций. Контрольные операции. Корректировка планов на основе данных о брак.



Спасибо за внимание!

Голуб Денис,
Генеральный директор
ООО «КТ-Сегмент»
ХОЛДИНГ «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ»
dvg@kt-segment.ru
(812) 670-89-63