



**ПОЛИТЕХ**  
Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого

# Производственная логистика

Дуболазов В.А., профессор, д.э.н.

**Логистика** – это наука об организации и управлении **материальными** и сопутствующими им **информационными**, **финансовыми (?)**, **сервисными (?)** и **возвратными (?) потоками** в цепях поставок

специализация

прямоточность

непрерывность

параллельность

пропорциональность

ритмичность

автоматичность

специализация

гибкость

адаптивность

- **Принцип специализации заключается в** повышении производительности на основе закрепления однородных частей производственного процесса за отдельными элементами производственной системы. Принцип позволяет **снизить производственные издержки** путем повышения производительности работников (эффект кривой обучения) и концентр
- Специализация может быть организована на **предметном или технологическом принципах**

- **Пропорциональность** – принцип, выполнение которого обеспечивает **равную пропускную способность** различных операций производственного процесса.
- **Непрерывность** – принцип, обеспечивающий непрерывную (**без простоев**) работу оборудования и рабочих, и непрерывную (**без пролеживания**) обработку деталей в процессе производства.

**Параллельность** – принцип, обеспечивающий совмещение операций во времени.

Предусматривает **одновременность выполнения** всех операций по изготовлению изделия одного или нескольких наименований на различных рабочих местах.

- **Прямоточность** – принцип, предусматривающий **наикратчайшие маршруты** движения предметов труда в процессе производства (по рабочим местам, участкам, цехам).

- **Ритмичность** – принцип, характеризующий равномерность и **повторяемость** отдельных элементов производственного процесса во времени.

Различают:

- - ритмичность выпуска – выпуск **равного** (или пропорционально меняющегося) **количества** продукции через **равные промежутки времени**;
- - ритмичность работы - выполнение **равного** (или пропорционально меняющегося) объема работы в **равные промежутки времени**.
- **Гибкость** – способность производственной системы быстро и экономично переходить на производство **новой продукции**.
- **Надежность** – принцип, обеспечивающий **бесперебойную** работу производственной системы в определенный промежуток времени.

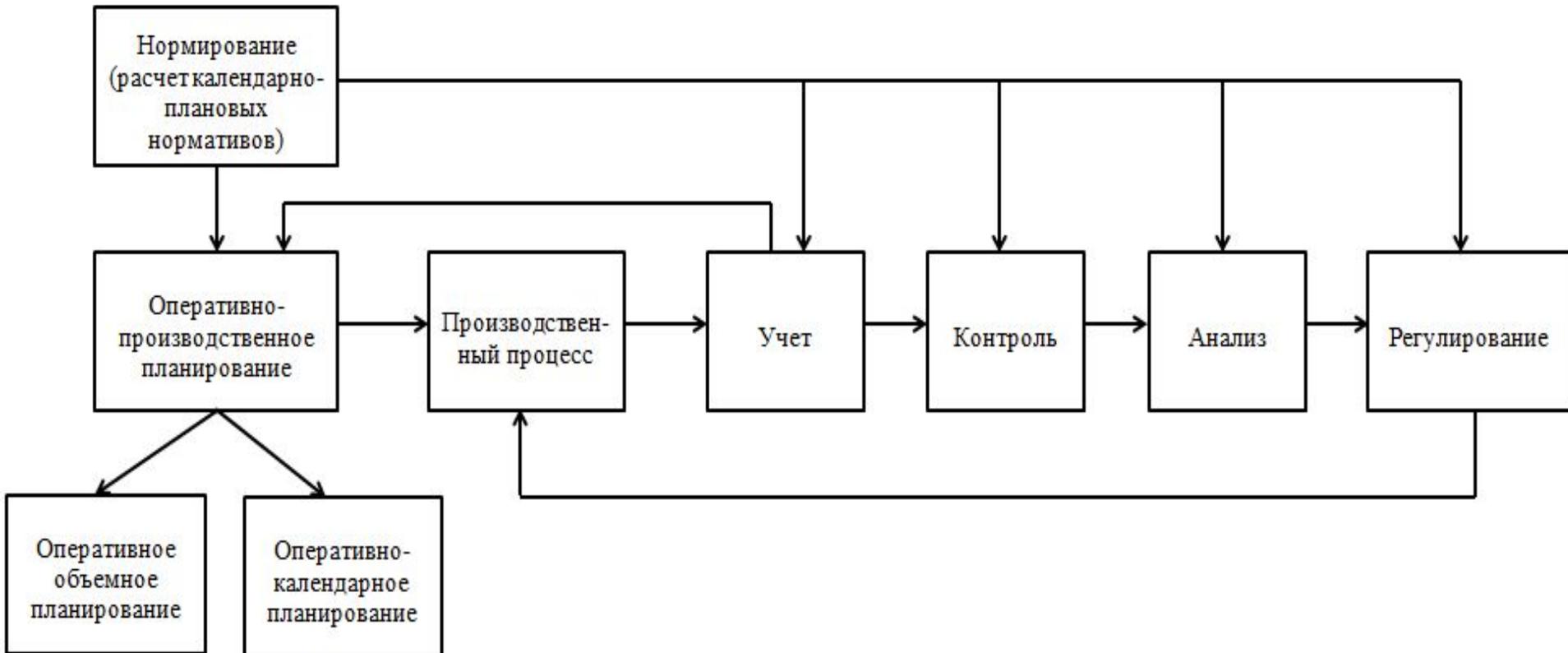
**Производственная логистика** – центральное звено в цепи поставок. На этапе производственной логистики осуществляется преобразование сырья и материалов в готовую продукцию, идущую к потребителям.

Объектом изучения в производственной логистике является **организация и управление на промышленном предприятии материальными потоками между стадиями производственного процесса** (цехами, участками, операциями) в виде **изготавливаемых предметов** (заготовок, внутрипроизводственных полуфабрикатов, деталей, сборочных единиц и изделий), **а также обеспечивающими их изготовление ресурсами** (материалами, покупными полуфабрикатами, готовыми комплектующими изделиями, инструментом и технологической оснасткой, различными видами энергии, оборудованием, рабочей силой и т.д.)

Кроме того, в производственной логистике выполняются **логистические функции по организации и управлению:**

- **транспортным обслуживанием** производственного процесса;
- **складским хозяйством** (материалов, внутрипроизводственных полуфабрикатов, готовой продукции и др.);
- **контролем качества** на различных стадиях производственного процесса;
- **возвратными материальными потоками.**

**Центральное место** в производственной логистике занимает **оперативное управление производством (ОУП)**, которое заключается в **составлении производственных заданий различным производственным подразделениям предприятия** (производственным площадкам, цехам, участкам, бригадам, рабочим местам) **на разные отрезки времени** (квартал, месяц, декаду, неделю, сутки, смену, в реальном времени), **в оперативном учете, контроле, анализе и регулировании их выполнения** с целью **своевременного выпуска готовых изделий** потребителям в требуемой номенклатуре, количестве и качестве при **наилучших технико-экономических показателях и использовании ресурсов**, в том числе загрузки оборудования.





- **Календарно-плановые нормативы** служат исходной базой для составления взаимосвязанных производственных заданий, обеспечивающих согласованную равномерную работу цехов, участков, рабочих мест и эффективное использование основных фондов, материальных и трудовых ресурсов, облегчают оперативный контроль за комплектностью заделов и регулирование хода производственного процесса.
- **Состав** календарно-плановых нормативов в первую очередь **зависит от типа производства**.

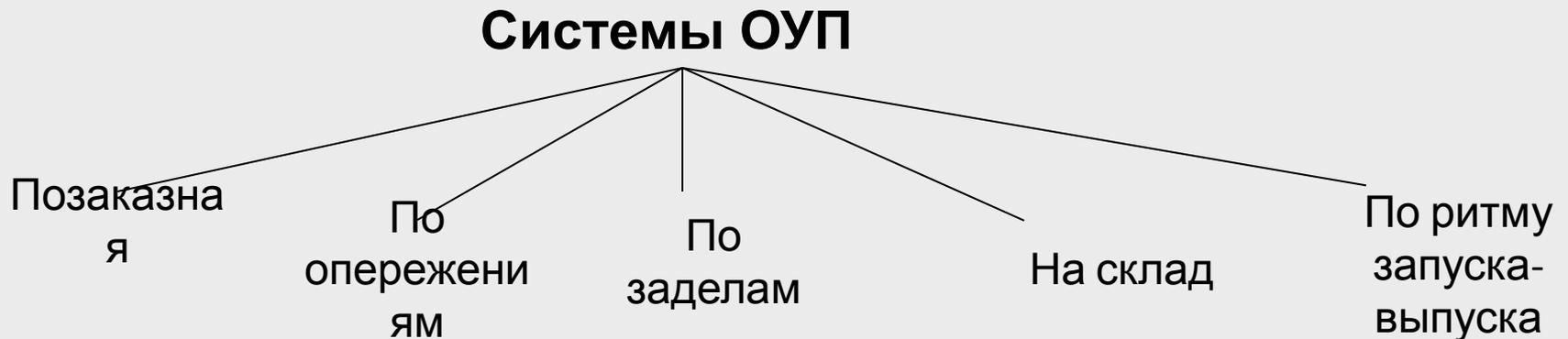
В серийном, например, производстве это – размеры и ритмы запуска и выпуска партий предметов, длительность производственного цикла обработки партий предметов, заделы (цикловые, оборотные, резервные), опережения запуска и выпуска партий предметов.

- Основной функцией ОУП является **оперативно-производственное планирование**, которое реализуется как **оперативное объемное планирование** и **оперативно-календарное планирование**.
- Отличие их в том, что при объемном оперативном планировании составляют производственные задания подразделения исходя из потребности деталей и сборочные единицы на выпуск готовых изделий, согласованных или не согласованных с ресурсами, но не учитывающие их технологический маршрут обработки и загрузку оборудования.

- **Оперативно-календарное планирование** состоит в составлении календарных планов-графиков изготовления деталей и сборочных единиц с учетом их технологического маршрута, загрузки оборудования и реального календаря.
- **Оперативный учет хода производства** заключается в получении **фактических данных** о выпуске деталей, сборочных единиц, изделий цехами, участками, рабочими местами, наличии их на складе.

- **Контроль** производится за сроками и количеством поставки материалов, заготовок, запуска и выпуска партий деталей и сборочных единиц, состоянием **заделов**, обеспеченностью производственного процесса необходимыми **ресурсами**, за **укомплектованностью** изделий и сборочных единиц перед сборкой. Осуществляется контроль хода производства путем **сравнения фактических данных с планируемыми и нормативными**. Выявляются причины и величины отклонений.
- **Анализ хода производства** заключается в **анализе** отклонений к выработке **рекомендаций** по устранению их причин в будущем. Анализируется также выпуск продукции, равномерность работы подразделений, фактический расход ресурсов.
- **Регулирование** состоит в **корректировке** оперативных производственных заданий или составлении новых с учетом фактического хода производства.

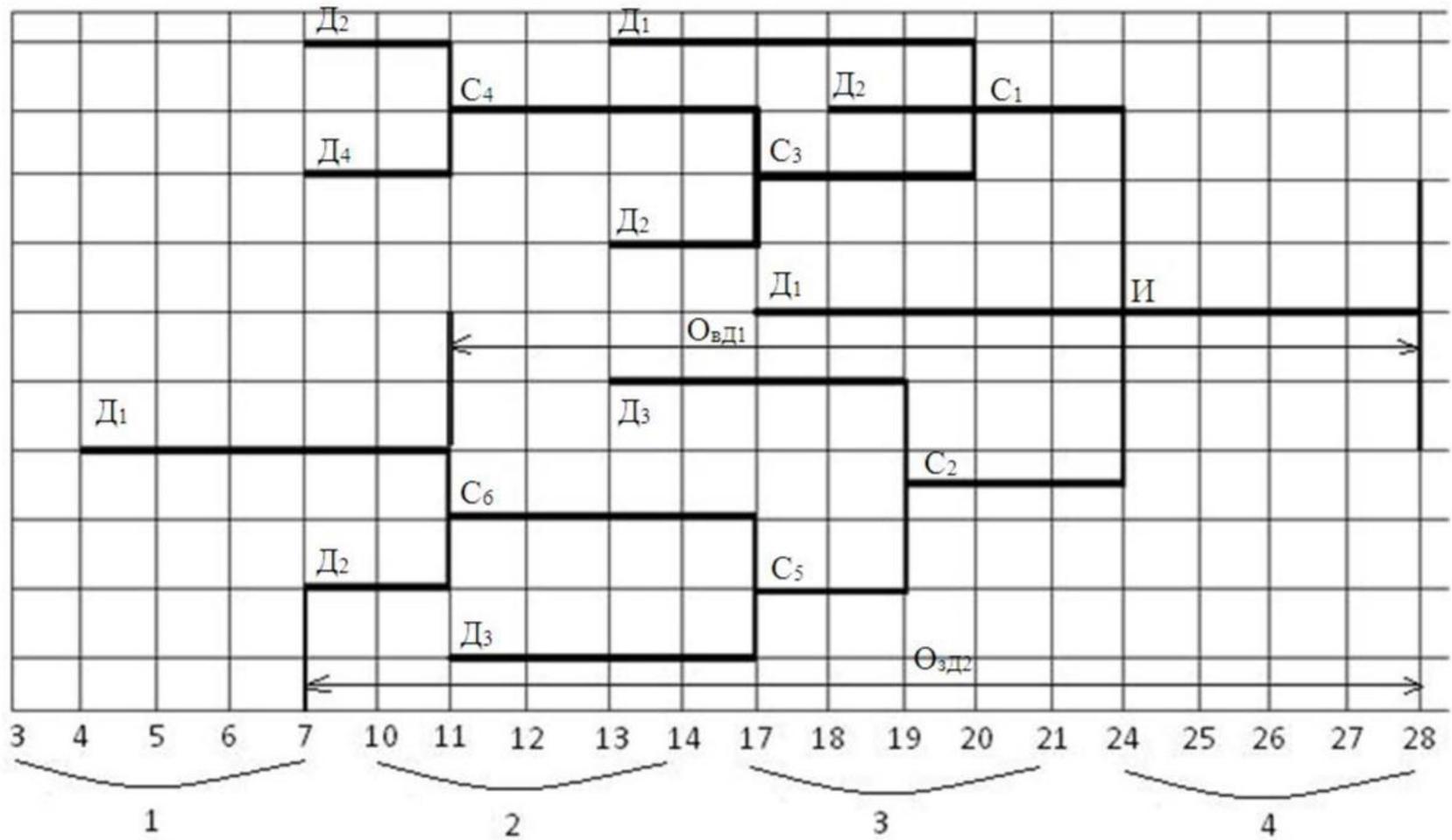
Отечественной системой ОУП выработано несколько систем



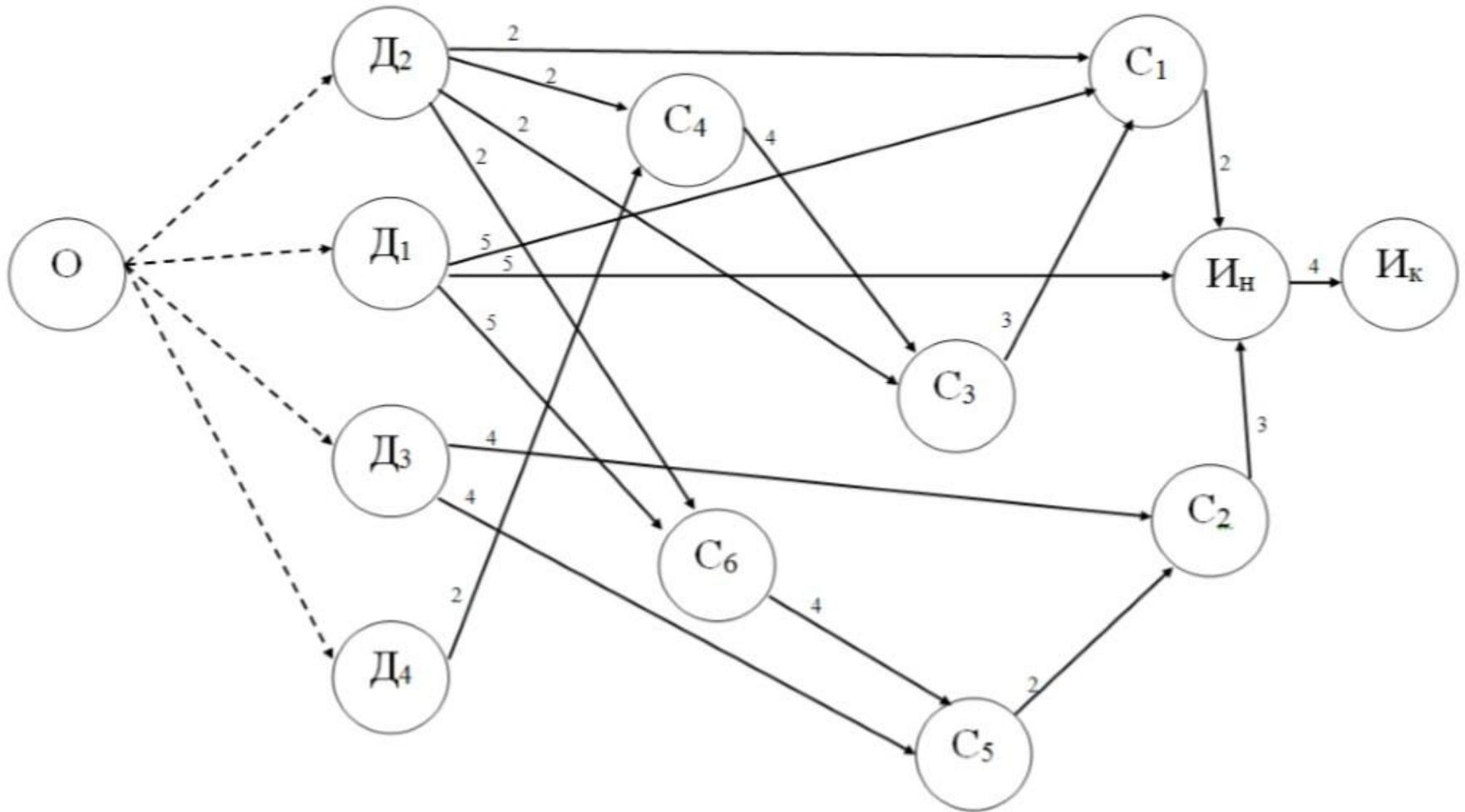
Выбор системы ОУП зависит от:

- Отрасли
- Типа производства
- Размера предприятия
- Сложности продукции и технологии ее изготовления
- От автоматизации производственного процесса
- От уровня кооперации и т.д.

- **Позаказная система ОУП**, применяемая в **единичном и мелкосерийном** производстве. Планируемое количество деталей и сборочных единиц определяется исходя из их **потребности на заказ** (одно или несколько изделий одного наименования, изготавливаемых для одного заказчика). **Сроки запуска и выпуска** деталей и сборочных единиц на различных стадиях производственного процесса устанавливаются из сроков выпуска заказа, опережений запуска и выпуска деталей и сборочных единиц, устанавливаемых **из цикловых или сетевых графиков** изготовления изделия.



Октябрь, 2016



И<sub>Н</sub> – начало сборки изделия; И<sub>К</sub> – конец сборки изделия.

- **Система ОУП по опережениям**, применяемая в **серийном производстве**, в котором запуск и выпуск партий деталей и сборочных единиц на различных стадиях производственного процесса (в цехах, на участках и рабочих местах) производится, когда **фактическое опережение достигнет минимально возможного**. Планирование и учет выпуска деталей, сборочных единиц и изделий на всех стадиях производства ведется **нарастающим итогом с начала года**.

- **Система ОУП по заделам**, применяемая в крупносерийном и массовом производстве, в котором количество выпущенных деталей и сборочных единиц соответствующее цеху должно обеспечить **запуск деталей в следующем цехе** и необходимые **межцеховые заделы**, а запуск в цехе – выпуск из цеха и необходимые внутрицеховые цикловые заделы. Расчет производственных заданий для подразделений предприятия ведется **обратно ходу производственного процесса**, начиная со сборочного цеха.

Таким образом, главная задача систем ОУП по опережениям и по заделам – обеспечить выпуск изделий со сборки и равномерную бесперебойную работу подразделений предприятия.

- **В системе ОУП на склад** поставка деталей и сборочных единиц на склад готовых деталей производится, когда фактическое количество деталей на складе достигает **точки заказа**. Применяется эта система для **недорогих унифицированных** деталей, сборочных единиц, изготавливаемых в **большом количестве** и идущих на **разные изделия** с разными сроками выпуска

- **В системе ОУП по ритму запуска и выпуска**, применяемой в **поточном производстве**, главная задача выдерживать заданный ритм работы поточных линий и необходимые резервные заделы.

**Выбор системы ОУП** зависит от **отраслей промышленности**, **размера предприятия**, **типа производства**, **сложности продукции** и **технологии** ее изготовления, от **уровня автоматизации** производственного процесса, уровня **кооперации** с другими предприятиями, в том числе с зарубежными и т.д.

## Основные направления совершенствования ОУП в современных условиях:

- разработка **универсальных систем** ОУП, позволяющих по единым моделям и алгоритмам осуществлять ОУП для предприятия с различными типами производства (**разнотипное предприятие**);
- производство должно быть организовано по прогрессивному принципу «**делай то, что надо, и когда надо**», что достигается внедрением систем **MRP, DRP, JIT, Canban** и др;
- **комплексное решение задач** ОУП с другими функциональными системами управления предприятиями (управлением ресурсами, дистрибуцией, финансами и т.д.), что достигается внедрением систем **ERP** и современных интегрированных информационных систем управления;

- повышение роли оптимизации, анализа и прогнозирования, принципа ERP «что будет, если...»;
- создание систем ОУП реального режима времени, углубление ОУП вплоть до рабочих мест;
- система ОУП должна быть гибкой, т.е. способной качественно и эффективно функционировать при изменении (динамике) номенклатуры и объемов выпускаемой продукции, переходя на выпуск новых изделий, диверсификации производства и т.д.

Последний принцип стал особенно важен с переходом к рыночной экономике, когда главным стал потребитель, который диктует вид изделий, количество, качество и сроки их изготовления. Основным элементом систем ОУП стал заказ, даже в массовом производстве, шире стала применяться позаказная система ОУП.

В связи с этим, а также глобализацией производства в РФ предприятия постепенно **внедряют зарубежные системы ОУП:**

- MRP I (material requirements planning);
- MRP II (manufacturing resource planning);
- DRP (distribution requirements planning);
- ERP (enterprise resource planning);
- JIT (just in time).
- Lean management

В настоящее время наиболее распространенной системой оперативного управления производством и дистрибуцией является MRPII, поддерживаемой американской некоммерческой организацией по контролю за производством и запасами APICS (American production and inventory control society).

Уровни ОУП	Объекты управления	Органы управления	Плановый период	Планово-учетные единицы
1	2	3	4	5
Заводское (межцеховое)	Предприятия, цехи	ПДО предприятия	Год, квартал, месяц	Заказы, изделия, сборочные единицы, детали
Цеховое	Участки	ПДБ цехов	Месяц, декада, неделя	Сборочные единицы, детали
Участковое	Бригады, поточные линии, рабочие места	Начальные участки, мастера	Сутки, смена, час	Деталеоперации

Цели		Характеристика задач	Показатели оптимальности		Методы решения
6		7	8		9
Выполнение плана выпуска продукции по номенклатуре, количеству, срокам		Многовариативные оптимизационные	Максимум прибыли. Равномерная загрузка оборудования		Математическое программирование, сетевые методы, управление запасами, системный анализ
			Минимум максимальных отставаний от плановых сроков выпуска партий деталей по	Цехам	
Соблюдение размеров и сроков запуска и выпуска партий деталей	По цеху и участкам	Календарного расписания		Участкам	Матем. программирование, эвристические методы, имитационное моделирование
	По детали - операциям		Детале-операциям		

Уровни ОУП	Функции ОУП	
	Оперативно-производственное планирование	Оперативный учет
1	10	11
Заводское (межцеховое)	Распределение ГППЗ, составление квартальных и месячных подетальных производственных программ цехам	Учет выпуска продукции предприятием и цехами, движения деталей на складах
Цеховое	Составление месячных производственных программ участкам	Учет выпуска и передачи деталей по цехозаводам и участкам
Участковое	n-суточное и сменно-суточное планирование	Пооперационный учет производства

## Функции ОУП

Контроль	Анализ	Регулирование
12	13	14
Выпуска изделия, размеров и сроков выпуска и запуска партий деталей цехами, уровня складских запасов, наличия ресурсов	Выполнение плана по объемным показателям и номенклатуре, равномерности работы цехов, расхода ресурсов	Сроков выпуска изделий, размеров и сроков выпуска и запуска партий деталей из цехов, перераспределение работ и ресурсов между цехами
Размеров и сроков запуска и выпуска партий деталей на участках, наличие ресурсов	Выполнение плана участниками, равномерности их работы, расхода заработной платы и других ресурсов, загрузки оборудования	Размеров и сроков запуска и выпуска партий деталей по цехозаводам и участникам, перераспределение работ и ресурсов между участниками
Размеров и сроков запуска и выпуска партий деталей по операциям	Норм выработки рабочими, простоев оборудования	Размеров и сроков изготовления партий деталей по операциям и станкам

**Производственная программа** «формирует» основные затраты предприятия:

потребность в материалах, покупных полуфабрикатах и готовых комплектующих изделиях, топливе, электроэнергии, заработной плате, определяет загрузку оборудования и производственных площадей, планируемую выручку, прибыль, рентабельность.

Поэтому необходимо провести самый тщательный расчет и экономический анализ производственной программы.

- **Годовая производственная программа любого предприятия** составляется по **номенклатуре и количеству выпускаемой продукции** (выполняемых работ и оказываемых услуг).
- При этом следует учесть многие **внешние и внутренние** условия.

- **Внешние условия:** спрос потребителей (наименование и количество продукции, ее ассортимент, комплектность); ограничения на поставку материалов, полуфабрикатов, покупных готовых комплектующих изделий; рыночные цены и др.
- **Внутренние условия:** ресурсы завода (оборудование, производственные площади, рабочая сила и т.д.); дополнительные финансовые средства, которые может выделить предприятие на увеличение соответствующих ресурсов; стремление предприятия повысить серийность (количество) выпускаемой продукции соответствующего наименования; жизненный цикл продукции и т.д.

**Составление годовой производственной программы завода (ГППЗ)** - сложная многовариантная задача. Необходимо найти оптимальную ГППЗ. Для этого надо установить **критерии оптимальности и ограничения**, **составить экономико-математическую модель** и найти ее решение, затем **произвести послеоптимизационный** анализ и улучшение ГППЗ, принять окончательный ее вариант, рассчитать технико-экономические показатели и загрузку оборудования для принятой ГППЗ.

## В качестве критериев оптимальности ГППЗ

МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ СЛЕДУЮЩИЕ:

- **максимум выпуска продукции в натуральном выражении** при выпуске продукции одного наименования (в однопродуктовой модели) или однородных изделий, которые можно выразить через одно изделие или в одних физических единицах (тоннах, лошадиных силах, кВт и т. п.);
- **максимум выпуска продукции в стоимостном выражении** (по рыночным ценам);
- **максимум прибыли**, которую можно получить от продажи продукции;
- **максимум суммарной трудоемкости изготовления ГППЗ;**
- **максимум прибыли от ГППЗ с учетом потерь от неиспользования** (простоев) оборудования и другие

**В качестве ограничений в модели ГППЗ** обычно учитывают следующие:

- фонды времени оборудования;
- размеры производственных площадей;
- численность основных производственных рабочих;
- лимиты на поставку дефицитных материалов, покупных полуфабрикатов и готовых комплектующих изделий;
- спрос на отдельные виды продукции;
- выпуск продукции в определенном ассортименте и комплекте и другие.

При установлении ограничений необходимо стремиться к сокращению их числа, выбирая основные, имеющие наибольшее значение в конкретных производственно – технических условиях завода, агрегируя их, чтобы сократить размер задачи.

Например, модель ГППЗ с критерием оптимальности - максимум прибыли, ограничениями по фондам времени оборудования и спросу может быть записана следующим образом:

целевая функция:

$$f(x) = \sum_{m=1}^M \Pi_m X_m \rightarrow \max;$$

ограничения:

по фондам времени оборудования

$$\sum_{m=1}^M t_{msl} X_m \leq \Phi_{эфсл}, \quad s = \overline{1, S}, \quad l = \overline{1, L};$$

по спросу на выпускаемую продукцию

$$N_{m1} \leq X_m \leq N_{m2}, \quad m = \overline{1, M^*};$$

$$X_m \geq 0, \quad m = \overline{1, 1 - M^*},$$

где  $m$  – индекс наименования изделия;  $M$  – общее число наименований изделий;  $s$  – индекс группы взаимозаменяемого оборудования;  $S$  – общее число групп взаимозаменяемого оборудования;  $l$  – индекс цеха,  $L$  – общее число цехов на заводе;  $\Pi_m$  – прибыль от единицы изделия  $m$ -го наименования, руб./шт.;  $X_m$  – искомое число изделий  $m$ -го наименования, шт.;  $t_{msl}$  – норма штучно-калькуляционного времени изготовления  $m$ -го изделия на  $s$ -й группе взаимозаменяемого оборудования в  $l$ -м цехе с учетом выполнения норм времени и плановых заданий по снижению трудоемкости, ч/шт.;  $\Phi_{эфсл}$  – эффективный фонд времени  $s$ -й группы взаимозаменяемого оборудования в  $l$ -м цехе в планируемом году, ч/год;  $N_{m1}$  и  $N_{m2}$  – соответственно нижний и верхний пределы выпуска изделия  $m$ -го наименования, шт./год;  $M^*$  – число наименований изделий, по которым указаны границы выпуска с учетом спроса.

Variable -->	X1	X2	X3	X4	X5	Direction	R. H. S.
Maximize	19390	5960	4921.85	4663.43	9285.50		
C1	0.8	1.5	1	1	0.5	<=	7312
C2	1.46	2.09	0.55	2.18	1.09	<=	10491
C3	1.78	5.44	3.11	6.76	3	<=	23923
C4	4.31	3.15	2.39	4.54	2.39	<=	21696
C5	5.33	2.33	2.83	3.92	2.33	<=	21936
C6	8	3.6	3	2.4	5.1	<=	20983
C7	2.22	2.22	4.44	3.78	3.44	<=	17885
C8	6	1.8	3	2.8	3.7	<=	20268
LowerBound	1133	444	0	2500	846		
UpperBound	M	M	3000	2500	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

	12:26:22		Friday	March	13	2015		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	1 133,7500	19 390,0000	21 983 410,0000	0	basic	34 934,7700	M
2	X2	444,0000	5 960,0000	2 646 240,0000	-2 765,5000	at bound	-M	8 725,5000
3	X3	0	4 921,8500	0	-2 349,4000	at bound	-M	7 271,2500
4	X4	2 500,0000	4 663,4300	11 658 580,0000	4 663,4300	at bound	-M	M
5	X5	846,0000	9 285,5000	7 855 533,0000	-3 075,6250	at bound	-M	12 361,1300
	Objective	Function	(Max.) =	44 143 760,0000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	4 496,0000	<=	7 312,0000	2 816,0000	0	4 496,0000	M
2	C2	8 955,3750	<=	10 491,0000	1 535,6250	0	8 955,3750	M
3	C3	23 871,4400	<=	23 923,0000	51,5650	0	23 871,4400	M
4	C4	19 657,0000	<=	21 696,0000	2 038,9980	0	19 657,0000	M
5	C5	18 848,5900	<=	21 936,0000	3 087,4140	0	18 848,5900	M
6	C6	20 983,0000	<=	20 983,0000	0	2 423,7500	20 977,0000	21 214,7500
7	C7	15 862,8400	<=	17 885,0000	2 022,1560	0	15 862,8400	M
8	C8	17 731,9000	<=	20 268,0000	2 536,1000	0	17 731,9000	M

При учете потерь от простоев оборудования модель определения оптимальной ГППЗ можно записать следующим образом:

целевая функция

$$f(x) = \sum_{m=1}^M \Pi_m X_m - \sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S Y_{sl} C_{sl} \rightarrow \max ;$$

ограничения:

$$\sum_{m=1}^M t_{msl} X_m + Y_{sl} = \Phi_{\exists \phi sl}, \quad s = \overline{1, S}, \quad l = \overline{1, L};$$

$$N_{m1} \leq X_m \leq N_{m2}, \quad m = \overline{1, M^*};$$

$$X_m \geq 0, \quad m = \overline{1, 1 - M^*},$$

где  $C_{sl}$  – удельные потери от одного часа простоя  $s$ -й группы взаимозаменяемого оборудования в  $l$ -м цехе в планируемом году, руб./ч;  $Y_{sl}$  – простой  $s$ -й группы взаимозаменяемого оборудования в  $l$ -м цехе в планируемом году, ч/год.

На практике иногда трудно определиться с одним критерием оптимальности ГППЗ, тогда используются **многокритериальные модели**. Целевая функция такой многокритериальной модели будет иметь вид

$$f(x) = \sum_{\varphi=1}^{\Phi} \alpha_{\varphi} \sum_{m=1}^M Z_{\varphi m} X_m ,$$

где  $\varphi$  – индекс критерия оптимальности;  $\Phi$  – число критериев оптимальности;  $\alpha_{\varphi}$  – весовой коэффициент  $\varphi$ -го критерия;  $Z_{\varphi m}$  – приведенный к нормированной шкале коэффициент  $\varphi$ -го критерия по  $m$ -му изделию.

Величина  $Z_{\varphi m}$ , например по прибыли, определяется по формуле

$$Z_m = \frac{\Pi_m}{\sum_{m=1}^M \Pi_m}.$$

По весовым коэффициентам должно соблюдаться условие

$$\sum_{\varphi=1}^{\Phi} \alpha_{\varphi} = 1.$$

Следует дать анализ полученных результатов расчета ГППЗ по разным критериям и выбрать вариант ГППЗ по одному из критериев, в том числе для послеоптимизационного анализа и улучшения.

*Составление ГППЗ – итерационный процесс, включающий ее анализ и поэтапное улучшение. Причем последнее имеет решающее значение для разработки мероприятий по улучшению ГППЗ и для получения ее окончательного значения с наилучшими технико-экономическими показателями.*

## **Могут быть следующие направления послеоптимизационного анализа и улучшения ГППЗ:**

- 1. *Корректировка нижних и верхних границ (спроса) выпуска изделий, приносящих убытки.***  
*В практической деятельности уменьшать границу выпуска по убыточным изделиям не всегда обязательно, так как убыточны, как правило, новые изделия, которые дороже и только выводятся на рынок, но имеют хорошие перспективы. Может быть, эти изделия выпускаются с целью «удержать» выгодного потребителя по другим изделиям и т.д..  
 Изменение верхних границ выпуска на практике может быть ограничено спросом на рынке или производственной мощностью завода по данному изделию.*

## Экономико-математический анализ решения задачи определения оптимальной ГППЗ

Вариантный анализ  
модели

Анализ внутренней структуры  
решения  
задачи линейного  
программирования

Вариантный анализ модели

Изменение ограничений

Коэффициентов при переменных в ограничениях

Значений ограничений

Состава ограничений

Изменение метода решения задачи

Решение задачи в динамике

Решение с учетом вероятностных характеристик

Учет нелинейности и дроболинейности

Учет целочисленных переменных

Решение задачи линейного программирования

Расчеты по разным критериям

Расчет многокритериальной задачи

Расчет по нескольким критериям с последующим поиском компромиссного решения

Расчет по отдельным критериям и анализ результатов

Анализ внутренней структуры решения задачи  
линейного программирования

Анализ на  
чувствительнос  
ть

Анализ  
переменных

Коэффициентов целевой  
функции

Ограничений по ресурсам

Коэффициентов при  
Переменных в ограничениях

Граничных условий

Основных переменных

Дополнительных  
переменных

Двойственных оценок основных  
переменных

Двойственных оценок  
дополнительных переменных

Экономико-математический анализ решения задачи оптимального распределения ГППЗ

Вариантный анализ модели

Анализ внутренней структуры решения задачи ЛП

Расчеты по разным критериям

Изменение ограничений

Изменение метода решения задачи

Анализ чувствительности

Анализ переменных

Расчет по отдельным критериям и анализ результатов

Расчет по нескольким критериям с последующим поиском компромиссного решения

Решение многокритериальной задачи

Коэффициентов при переменных в ограничениях

Значение ограничений

Состава ограничений

Решение ЗЛП

Учет целочисленности переменных

Учет нелинейности и дробно-линейности

Решение с учетом вероятностных характеристик

Решение задачи в динамике

Коэффициентов целевой функции

Ограничений ресурсов

Коэффициентов при переменных в ограничениях

Граничных условий

Основных переменных

Дополнительных переменных

Двойственных оценок основных переменных

Двойственных оценок дополнительных переменных

**2. Изменение коэффициентов целевой функции:** прибыли, цены путем поиска новых выгодных потребителей.

**3. Снижение трудоемкости изготовления изделий** путем изменения технологии, повышение производительности труда за счет модернизации оборудования, совершенствования организации производства, применения новых приспособлений и инструментов и т.д.).

**4. Увеличение эффективного фонда времени дефицитных групп оборудования,** увеличив сменность их работы или ввести сверхурочные работы, или работу в субботу. Но при этом увеличивается заработная плата рабочих, появляются дополнительные затраты на охрану, коммунальные расходы и т.п.

- 5. Улучшение ГППЗ путем ликвидации диспропорций в структуре производственной мощности завода,** которая со временем появляется на заводе в связи с постоянным изменением номенклатуры выпускаемой продукции и спроса на нее, обновлением технологии производства, установкой нового оборудования и т.д. Эту диспропорцию можно ликвидировать путем продажи неиспользуемого оборудования и приобретения на эти средства дефицитного оборудования и таким образом улучшить ГППЗ. **Это производится в несколько шагов.**

## • Шаг 1. Расчет лишнего оборудования.

$$\Delta Q_{sl} = \left[ \frac{\Phi_{\text{эф.}sl} - \sum_{m=1}^M t_{msl} X_m}{\Phi'_{\text{эф.}sl}} \right] \geq 1,$$

где  $\Phi'_{\text{эф.}sl}$  – эффективный фонд времени единицы оборудования  $s$ -й группы в  $l$ -м цехе в планируемом году, ч/год;  $X_m$  – количество  $m$ -х изделий в ГППЗ, полученной после ее расчета и улучшения на предыдущем этапе, шт. Скобки внутрь обозначают округление до ближайшего меньшего целого числа.

- **Шаг 2. Принятие решения о реализации неиспользуемого оборудования** с учетом стратегии развития завода: некоторое оборудование понадобится в будущем, поэтому его лучше временно законсервировать; другое лучше сдать в аренду и т.д., поэтому может лучше оставить часть неиспользованного оборудования.

- **Шаг 3. Определяется новый эффективный фонд времени групп оборудования  $\Phi^*_{эфсл}$  с учетом реализованного оборудования**

$$\Phi^*_{эфсл} = \Phi'_{эфсл} (Q_{sl} - Q^-_{sl}),$$

где  $Q_{sl}$  – количество оборудования  $s$ -й группы в  $l$ -м цехе, ед.;  $Q^-_{sl}$  – количество реализованного оборудования  $s$ -й группы оборудования в  $l$ -м цехе, ед.

- **Шаг 4. Производится продажа лишнего оборудования по остаточной**, а чаще по более низкой цене. Определяется сумма денежных средств, полученных от реализации оборудования:

$$K = \sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S \bar{C}_{sl} Q_{sl}^{-},$$

где  $Q_{sl}^{-}$  – количество неиспользованного оборудования  $s$ -й группы в  $l$ -м цехе, которое реализуется, ед.;  $\bar{C}_{sl}$  – средняя цена продажи единицы оборудования  $s$ -й группы в  $l$ -м цехе, руб.

- **Шаг 5. Определяется улучшенная ГППЗ** с учетом реализации неиспользуемого оборудования и приобретения дефицитного оборудования по экономико-математической модели.

- *целевая функция*  $f(x) = \sum_{m=1}^M \Pi_m X_m \rightarrow \max;$

- *ограничения*

$$\sum_{m=1}^M t_{msl} X_m \leq \Phi_{\text{э}\phi sl}^* + \Delta Q_{sl}^+ \Phi'_{\text{э}\phi sl}, \quad s = \overline{1, S}, \quad l = \overline{1, L};$$

$$N_{m1} \leq X_m \leq N_{m2}, \quad m = \overline{1, M^*};$$

$$\sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S Q_{sl}^+ C_s \leq K,$$

где  $Q_{sl}^+$  – приобретаемое количество оборудования  $s$ -й группы в  $l$ -м цехе, ед.;  $C_s$  – первоначальная стоимость единицы приобретаемого оборудования  $s$ -й группы, руб./ед.;  $K$  – сумма денежных средств, полученной при реализации неиспользованного оборудования, руб.

По окончательно принятой ГППЗ (скорее всего на пятом этапе ее послеоптимизационного анализа и улучшения) необходимо рассчитать следующие экономические показатели ГППЗ: планируемую выручку, себестоимость, прибыль, фонд основной заработной платы производственных рабочих, требуемый для изготовления ГППЗ, путем умножения количества изделий в ГППЗ на соответствующие нормативы.

- Коэффициенты загрузки оборудования принятой годовой производственной программы определяется по формуле

$$\alpha_{sl} = \frac{\sum_{m=1}^M t_{msl} N_m}{\Phi'_{эфсл} (Q_{sl} - Q_{sl}^- + Q_{sl}^+)},$$

где  $N_m$  – количество изделий  $m$ -го наименования в ГППЗ, шт.;  $Q_{sl}$  – количество установленного оборудования до расчета, ед.;  $Q_{sl}^-$  и  $Q_{sl}^+$  – количество соответственно реализованного и приобретенного оборудования при ликвидации диспропорций в структуре производственной мощности завода, ед.

Большие возможности для решения задач составления, анализа и улучшения ГПЗЗ дают методы линейного программирования, в частности, пакет прикладных программ WinQSB (раздел Linear and Integer Programming) и POM-QM.

- Система JIT в производстве строится на следующих принципах:
- производство деталей ведется **потоком, маленькими партиями**, часто в количестве, потребном **на заказ** и даже на одно изделие;
- отказ от выборочного контроля; **контроль качества самими рабочими** (при обработке маленькими партиями брак быстро обнаруживается на последующих операциях и его исправление, устранение причин производится быстро), что исключает возможность брака готовой продукции;
- **отказ от оборотных заделов** (по всем операциям детали проходят обработку **одной маленькой партией**) и резервных заделов за счет построения качественных поддетально-пооперационных календарных планов-графиков, выявления неравномерности производства и устранения ее причин;
- **большая ответственность** по оперативному управлению производством лежит **на мастерах и бригадирах** в цехах, а **не на линейных руководителях** (начальниках участков и цехов) и специалистах функциональных служб.

- **Внедрение системы JT предполагает:**
- **минимизацию затрат на наладку оборудования за счет широкого использования станков с ЧПУ, роботов и манипуляторов и т.п.,;**
- использование **групповой технологии обработки** деталей со сходной конструкцией и технологией обработки
- широкое использование **станков-агрегатов**, на которых сразу выполняется **несколько операций**, в результате исключаются межоперационные заделы, сокращается длительность производственного цикла
- **предметную специализацию цехов** организацию
- создание **многопредметных поточных линий**

- применение концепции **распределенного производства**, предусматривающей одновременную обработку партий деталей **на нескольких рабочих местах**
- **отказ от жестких транспортных конвейеров** с целью исключения (уменьшения) резервных заделов, **повышения гибкости** в поставке деталей на сборку;
- **близкое расположение рабочих мест**, U-образные или параллельные поточные линии с целью сокращения производственных площадей и длительности производственного цикла обработки партий деталей;
- **подвижность рабочей силы**: переброска рабочих на «узкие места» и на участки с избыточной загрузкой, **многостаночное обслуживание**, что достигается обучением и тренингами, в основном на производстве, с целью овладения смежными специальностями;
- жесткую интенсивную систему **профилактического обслуживания** оборудования во избежание поломки оборудования, чтобы не создавать резервных заделов;
- автоматизированный контроль качества;
- составление **только сменно-суточных** подетально-пооперационных КПГ, отказ от многих других документов (заказ - нарядов, маршрутных листов и т.п.).

- По системе JIT работают наиболее развитые формы производства: **ГПС** (гибкие производственные системы); **ИПК** (интегрированные производственные комплексы), включающие **САПР** - системы автоматизированного проектирования, **АСУП** – автоматизированные системы управления производством и **АСУТП** – автоматизированные системы управления технологическими процессами.
- Система JIT в производстве предполагает **поставку материалов и комплектующих**, также по системе JIT: маленькими партиями от **небольшого числа поставщиков** на основе **долгосрочных контрактов**.

- **Эффективность системы JIT**
- 1. **Устранение производственных** (в первую очередь оборотных и резервных) **заделов**. **Уменьшается потребность в производственных и складских площадях**, **потребность в контроле за заделами**, в инвентаризации и бухгалтерском учете незавершенного производства.
- **Возрастает с ознательное отношение рабочих** к перебоям в производстве, что **дает толчок к выработке ими идей по совершению процесса производства**
- **Повышение качества продукции**, сразу выявляется **брак, его причина и виновник**.
- При системе JIT любой сбой на одном рабочем месте может приостановить весь производственный процесс. Поэтому у рабочих развивается **взаимовыручка**, они объединяются в **группы качества** (группы борьбы за улучшение работы).
- Сокращается длительность **всего логистического цикла** от закупки материалов до поставки готовой продукции потребителю. Это позволяет **оперативно учитывать требования рынка**, менять ассортимент и количество изготавливаемых изделий, точнее прогнозировать изменения спроса на рынке.
- Очевидно, что **для внедрения JIT** требуются **значительные проектные работы, немалое время и денежные средства**. Компании «Тойота», на JIT и логистической системы управления качеством, потребовалось свыше **100**





**ПОЛИТЕХ**

Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого

**Спасибо за внимание!**