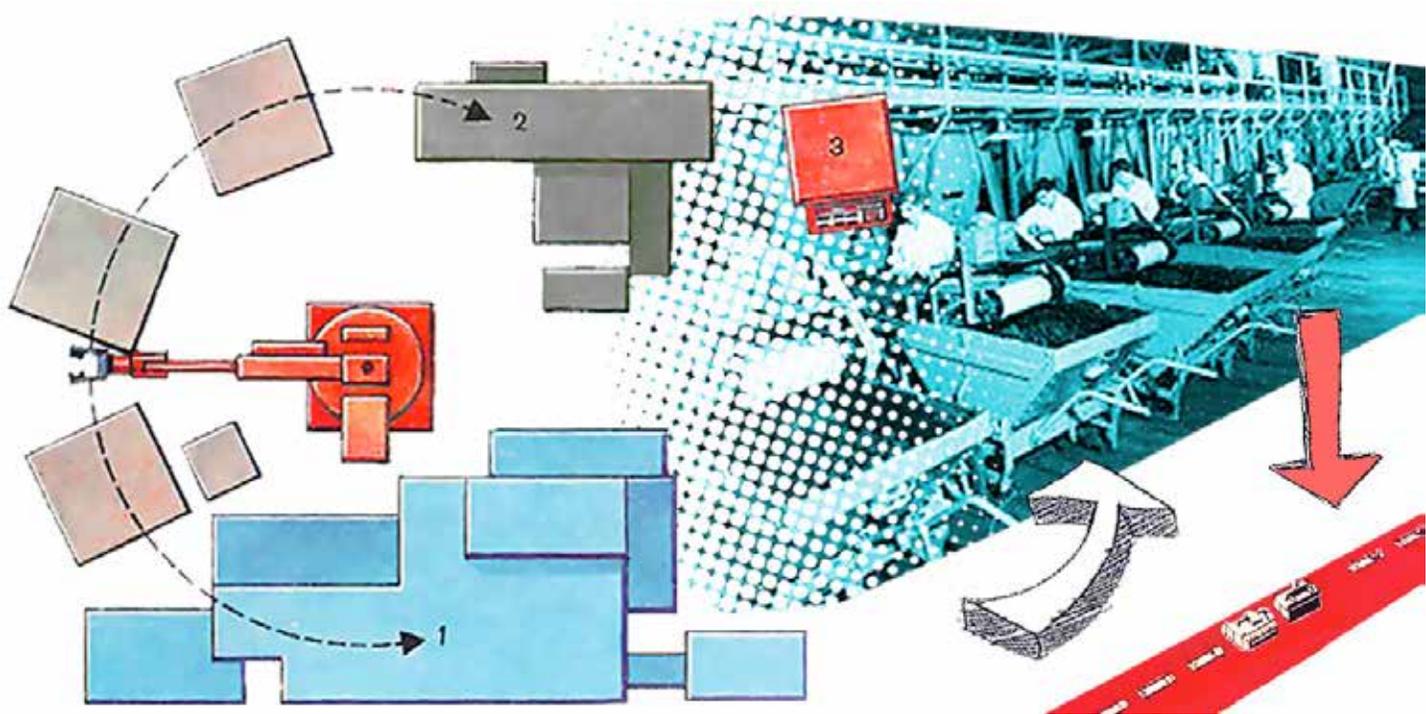




управляем
предприятием



АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Часть 2

Принципы формирования
графика производства



Александр Вепринцев

Генеральный директор компании «Институт типовых решений – Производство».

Мы продолжаем цикл статей, которые посвящены автоматизации планирования производства. В современных условиях организация планирования принципиально важна для жизнеспособности производственного предприятия. Во второй части цикла мы поговорим об общих принципах формирования графика производства как без учета производственных мощностей, так и с их учетом, а также о планировании выполнения графика производства на уровне подразделения (на уровне «локального диспетчера»).

В рамках образовательного проекта PlanFact2.ru эксперты компании «Институт типовых решений – Производство» совместно с партнерами регулярно готовят и публикуют обучающие материалы, в том числе по производственному планированию — методички, записи веби-

наров, примеры документов с проектов автоматизации, видеоуроки, полные курсы по освоению производственного планирования с использованием решений компании «1С». Часть материалов доступна для скачивания бесплатно по ссылке: [http:// planfact2.ru/fe0415](http://planfact2.ru/fe0415).



График производства представляет собой сетевой график поэтапного выполнения в подразделениях. Узлы этого сетевого графика — это запланированные этапы производства¹, а стрелки — передача результатов этапов, например изделий, между подразделениями² (рис. 1). Один этап может быть запланирован только на одно подразделение. Но в одном подразделении возможно запланировать несколько (в том числе последовательных) этапов.

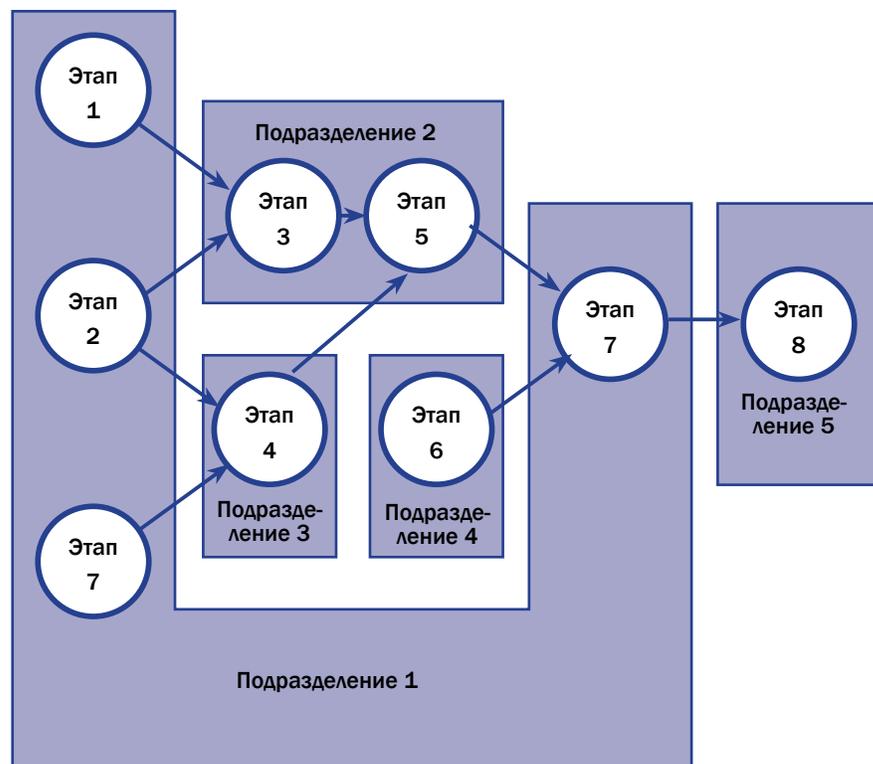
¹ Можно рассматривать сетевой график как граф, в котором этапы — это ребра, а не вершины (узлы) графа. Всё зависит от трактовки математической модели.

² Результат работ на этапе производства не обязательно должен иметь материальное выражение в виде изделий или полуфабрикатов. Например, услуги не имеют материального выражения, в таком случае между этапами планируется передача не изделий, а фактов выполнения работ. Возможен и другой вариант бесполуфабрикатного описания процесса в системе: материальный результат этапа производства есть, но он не описывается в системе.

Из одного узла (этапа) может выходить одна связь на следующий этап, а может несколько. Это значит, что:

- этап X может ограничивать запуск следующего этапа Y: пока не завершен этап X, этап Y нельзя запустить;
- этап X может ограничивать запуск нескольких следующих этапов Y, Z и т. д.;
- этап Y может быть запущен при условии, что закончено несколько предыдущих этапов X1, X2, X3...

Рис. 1.
Пример связей между этапами, определяемых ресурсной спецификацией.



В простейшем случае ресурсная спецификация может содержать линейную последовательность этапов, или так называемую «расцеховку изделия по заходам», — маршрут прохождения изделия по подразделениям в процессе обработки. Спецификация строки заказа может содержать:

- все этапы производства продукта, вплоть до этапов переработки материалов; в этом случае график производства по этапам этой строки заказа совпадает с деревом иерархической структуры изделия;
- не все этапы производства продукта, и тогда график производства этой строки заказа будет содержать только этапы, указанные в спецификации строки заказа.

На верхнем уровне управления — задача расчета графика глобальным диспетчером. Это расстановка этапов на временную ось с учетом всех сопутствующих параметров. На нижнем уровне задача локального диспетчера — назначение операций внутри подразделения, контроль их состояния, выдача управляющих воздействий так, чтобы наилучшим образом выполнить этап графика верхнего уровня.

Терминология

³ Это понимание заказа на производство по большей части относится к контексту системы «1С:ERP Управление предприятием 2.0».

⁴ Это понимание спецификации строки заказа на производство по большей части относится к контексту системы «1С:ERP Управление предприятием 2.0».

Заказ на производство — документ, который формирует потребность в выпуске готовой продукции или полуфабриката как потребность независимого спроса³. Может содержать несколько строк, соответствующих различным изделиям. В строке заказа на производство фиксируется номенклатура, характеристика, количество, допустимая дата начала производства и дата потребности в выпуске, а также спецификация изготовления изделия.

Ресурсная спецификация содержит сетевой график этапов производства для изготовления того или иного изделия. Как правило, фиксируется в нормативно-справочной информации.

Этап ресурсной спецификации — это множество взаимосвязанных операций (без детализации до конкретных операций), выполняемых в производственном подразделении, в результате которого получается некоторый результат работ или изделие. Этот результат передается подразделению-потребителю для выполнения следующего этапа. Для этапа ресурсной спецификации указывается перечень требуемых

исходных компонент, их нормативное количество для производства одной единицы выходного изделия, а также перечень нормативных трудозатрат.

Спецификация строки заказа на производство является копией ресурсной спецификации, где могут уточняться используемые компоненты (номенклатура, характеристика) в соответствии с индивидуальными требованиями к продукции по данному заказу⁴.

График производства рассчитывается для каждой строки заказа на производство на основании спецификации строки заказа. В графике фиксируются временные точки начала и окончания выполнения этапов производства, а также необходимый объем работ или количество выпускаемых изделий на каждом этапе. Совокупность графиков всех строк всех заказов образует график производства. В результате расчета каждое производственное подразделение получает обязательный к выполнению график выполнения работ и выпуска изделий (полуфабрикатов) на всех этапах производства.



Интервалы планирования

Существуют два подхода к определению времени этапов и операций в графике производства: посекундное и интервальное планирование. При посекундном планировании время этапов и операций в графике производства задается с точностью до секунды или долей секунды.

При интервальном планировании временные точки начала и окончания временного отрезка для выполнения этапа назначаются с точностью до некоторого интервала⁵. Суть интервального метода в следующем. Временная ось для каждого подразделения делится на равные интервалы, например месяц, неделя, день, час⁶.

Начало и завершение этапов в графике назначается на интервалы в целом, без детализации конкретных моментов времени. График предписывает, что работы по этапу должны начаться не раньше, чем в некотором интервале (неважно, в какой момент времени внутри интервала – это решает уже локальный диспетчер), и закончиться не позже, чем в некотором (другом или этом же) интервале. Кроме того, при интервальном планировании доступность видов рабочих центров, учитываемых при построении графика, также определяется в рамках интервалов.

Таким образом, на выполнение этапа в графике отводится некоторое целое количество интервалов планирования. Если этап по времени занимает время значительно меньшее, чем интервал, то он занимает интервал целиком, и локальный диспетчер может выполнять операции этого этапа в любое время внутри интервала. На рис. 2 показано, как в графике формируются временные отрезки выполнения этапов работ при использовании интервального метода (интервал — один день):

⁵ Интервальный метод планирования используется в системе «1С:ERP Управление предприятием 2.0», а также в других системах, но далеко не во всех.

⁶ Наиболее типичные интервалы — день, неделя. Крайние случаи — месяц и час — рекомендуются только при необходимости, когда их использование адекватно задаче.

Интервальный метод

Внутри этих 3-х интервалов локальный диспетчер может самостоятельно планировать на любое время операции по этапу 2

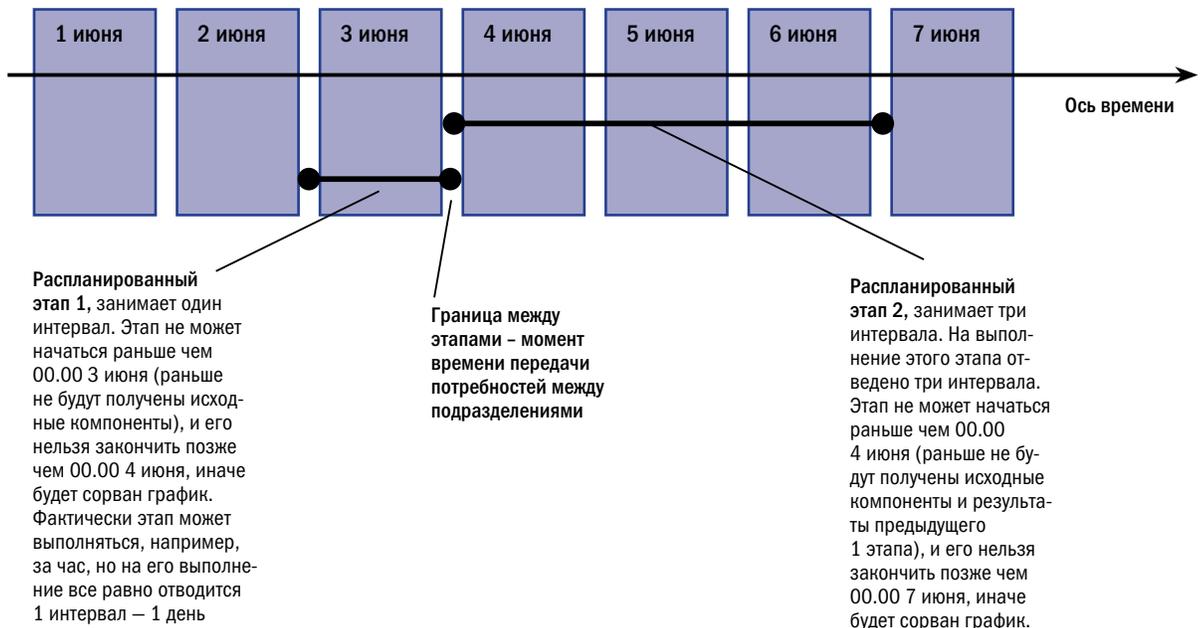


Рис. 2. Временные отрезки выполнения этапов работ при использовании интервального метода.

Нужно понимать, что интервальный метод приводит к некоторому увеличению запланированного производственного цикла, по сравнению с безинтервальным методом. Например, если длительность этапа составляет 25 часов согласно спецификации, то при интервале «день» выполнение этапа по графику займет два дня, хотя в действительности этап можно сделать гораздо быстрее.

Расчет графика производства на верхнем уровне

С точки зрения производственных мощностей существует два различных подхода к расчету графика производства:

- **не учитывать мощности подразделения:** мощности достаточно (по сравнению с другими «узкими местами» в других подразделениях), чтобы выполнить этап в любом объеме работ за фиксированное время, заданное в этапе;
- **учитывать мощности подразделения:** мощности ограничены и учитывается доступный фонд рабочего времени производственных мощностей. Этап планируется с учетом мощностей, отобранных другими, уже распланированными заказами и строками заказа, то есть на оставшиеся мощности.

В спецификации заказа для каждого этапа можно задать способ учета мощностей производства. Далее рассмотрим более детально процедуру расчета графика производства по этапам.

Расчет графика производства без учета производственных мощностей

Если мощности подразделения не учитываются, планирование этапа достаточно просто. Выполнение этапа назначается в графике на подразделение. Независимо от объема этапа (количества изделий, объема работ) подразделение должно выполнить этап за один и тот же фиксированный временной отрезок, который задан в ресурсной спецификации. Соответственно:

- к началу этого отрезка подразделение должно получить все исходные компоненты от подразделений-поставщиков;
- к концу назначенного временного отрезка подразделение должно передать результат выполнения этапа подразделению, выполняющему следующий этап.

Разумеется, из графика вовсе не следует, что начать этап надо строго в точке начала временного отрезка, на который он запланирован, а в конечной точке отрезка – завершить последнюю операцию. Наоборот, внутри временного отрезка локальному диспетчеру подразделения обычно предоставляется излишек времени, чтобы выполнить все операции этого этапа. Иными словами, длительность временного отрезка задается с «запасом», превышая суммарную длительность операций этапа. Но раньше точки начала временного отрезка начать этап невозможно — исходные компоненты и результаты предыдущих этапов еще не будут получены. Позже конца отрезка сдавать результаты этапа нельзя — в этом случае локальный диспетчер нарушит график.

⁷ Это возможность системы «1С:ERP Управление предприятием 2.0», а также некоторых других, но не всех.



Расчет графика производства с учетом производственных мощностей

При расчете графика производства с учетом производственных мощностей распределение выполнения этапов графика по интервалам производится таким образом, чтобы время работы загружаемых видов рабочих центров в интервалах не превышало доступный фонд рабочего времени.

Для этого в ресурсной спецификации и далее в спецификации строки заказа указывается, какие загружаемые виды рабочих центров будут задействованы на описываемом этапе. Пропускная способность подразделения при выполнении этапа будет определяться доступными мощностями именно этих загружаемых видов рабочих центров. Время работы загружаемого вида рабочих центров указывается для обработки заданного на этапе одновременно обрабатываемого количества изделий (объема работ). В этапе можно указать несколько загружаемых видов рабочих центров, время которых потребляется одновременно в процессе выполнения этапа⁸.

⁸ Например, можно задать требуемое время работы оборудования и время работы оператора, которые могут различаться.

Поскольку этап в подразделении может состоять не только из операции, выполняемой на загружаемом виде рабочих центров, в этапе для выполнения остальных операций выделяются два буферных интервала:

- **предварительный буфер** до загружаемого вида рабочих центров;
- **завершающий буфер** после загружаемого вида рабочих центров.

Эти буферы имеют фиксированную длительность (то есть не зависящую от объема выпуска), которая указывается в рамках этапа производства отдельно для каждого буфера. При этом принимается допущение, что все остальные операции этапа должны уместиться в длительность буферов.

Терминология

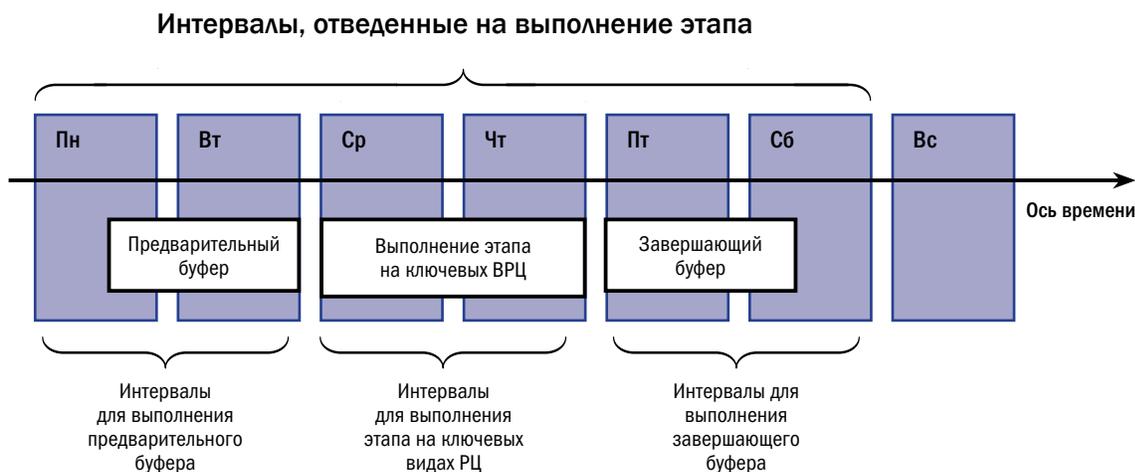
Рабочий центр — это часть производственного пространства, в которой организованы производственные ресурсы и труд, рассматриваемая системой планирования как единый объект и звено технологической цепочки и объект управления при выполнении графика производства. Примеры рабочих центров — единица оборудования, рабочее место, сотрудник, бригада.

Вид рабочих центров описывает несколько взаимозаменяемых рабочих центров; другое название — «Группа взаимозаменяемых рабочих центров».

Загружаемый вид рабочих центров — это вид рабочих центров, фонд рабочего времени которых учитывается при формировании графика производства.

Каков алгоритм работы с буферными интервалами? На выполнение этапа на загружаемых видах рабочих центров будет отведен один или несколько интервалов. Далее необходимо прибавить предварительный буфер к началу выполнения этапа на загружаемых видах рабочих центров и завершающий буфер к моменту окончания выполнения этапа на загружаемых видах рабочих центров. Для буферов необходимо выделить отдельные временные интервалы. Таким образом, добавляются один (как минимум) или несколько интервалов до и после времени работы загружаемых видов рабочих центров соответственно (рис. 3). Получится временной отрезок выполнения этапа в подразделении, концы которого будут совпадать с границами интервалов планирования для подразделения.

Рис. 3
Добавление предварительного и завершающего буфер к загружаемому виду рабочих центров.



Выполнение графика производства подразделением (нижний уровень)

График производства верхнего уровня по этапам производства является основанием для организации локальным диспетчером работ в цехе по его выполнению. Для выполнения каждого этапа графика локальный диспетчер создает так называемые маршрутные листы.

Маршрутный лист создается в подразделении только на один этап и закрывается, когда все операции этапа будут выполнены. Он не может быть сделан без привязки к этапу. После «закрытия» маршрутный лист является основанием для заполнения документа «Выпуск продукции» на количество изделий, заданное в маршрутном листе. Нельзя создать один маршрутный лист для выполнения нескольких этапов, даже если номенклатура изделия в этапах совпадает. На один этап графика может быть создан один или несколько маршрутных листов. В маршрутном листе указывается количество обрабатываемых изделий или объем работ. Для выполнения этапа в полном объеме сумма количества изделий по маршрутным листам этапа должна быть равна запланированному количеству изделий, которые нужно произвести в рамках этапа.



Маршрутный лист содержит необходимые данные для выполнения этапа: список требуемых материалов и трудовых ресурсов согласно нормативу. По факту потребления материалов и трудовых ресурсов в маршрутном листе указывается фактическое потребление материалов и трудовых ресурсов и отклонения от норматива.

В любой момент времени локальный диспетчер видит множество активных в подразделении маршрутных листов, отслеживает их состояние, выдает управляющие воздействия в случае, если выполнение операций отстает от расписания, определенного в маршрутном листе.

Существует три варианта планирования выполнения маршрутных листов, которые определяются настройкой подразделения.

1. **По методике ББВ.** Планирование выполнения маршрутного листа делается с учетом ключевого рабочего центра. Маршрутный лист включает расписание работы одного из ключевых рабочих центров. Ведется контроль прохождения изделиями зон предварительного и завершающего буфера по методике ББВ, контроль выполнения расписания обработки на ключевом рабочем центре. Пооперационный контроль выполнения маршрутного листа при методике ББВ не ведется.
2. **По методике УББВ.** Планирование выполнения маршрутного листа сводится к фиксации временной точки начала и окончания выполнения операций этого маршрутного листа. Буфером является вся длительность выполнения маршрутного листа, определяемая графиком производства.
3. **Пооперационное планирование.** Автоматически рассчитывается пооперационное расписание обработки маршрутного листа на всех рабочих центрах по методике «вперед» (как можно раньше) или «назад» (как можно позже). При этом операции вставляются на свободное время работы рабочего центра, еще не занятое другими, более приоритетными, заказами. Ведется пооперационный контроль выполнения расписания.

Терминология

Маршрутный лист — это детализация запланированного этапа в графике производства⁹. Маршрутный лист отражает выполняемый производственный процесс; в случае пооперационного планирования — как множество операций. Маршрутный лист соответствует одной партии запуска-выпуска с заданным количеством изделий или определенному объему работ. На запланированный этап формируется один или несколько маршрутных

листов. Маршрутный лист является основным объектом управления производственным процессом на уровне подразделения.

Маршрутная карта детализирует этап до операций (сетевое графика операций этапа внутри подразделения), а также определяет длительности предварительного и завершающего буферов маршрутного листа при использовании методики «ББВ».

⁹ Это понимание маршрутного листа по большей части относится к контексту системы «1С:ERP Управление предприятием 2.0».

Важно отметить, что настройки для расчета графика производства на верхнем уровне и настройки методики управления выполнением маршрутного листа относительно независимы:

- назначение этапа на интервалы в графике производства может вестись либо с учетом доступного времени работы загружаемых видов РЦ и длительности буферов, либо с использованием фиксированной длительности этапа. На этом уровне стоит задача сформировать выполнимый график производства этапов по подразделениям, и не имеет значения, по какой методике будет организован контроль выполнения маршрутных листов в подразделениях;
- методика планирования выполнения маршрутных листов (ББВ, УББВ или пооперационное планирование) определяется настройкой подразделения. Буферы для маршрутных листов задаются маршрутной картой, которая устанавливается для этапа в нормативной системе. Настройка длительности буферов маршрутных листов производится в маршрутной карте и никак не связана с настройкой длительности буферов в этапе.

В следующей статье цикла мы перейдем к конкретному примеру реализации производственного планирования в системе «1С:ERP Управление предприятием 2.0» и поговорим о настройке НСИ для расчета графика производства.