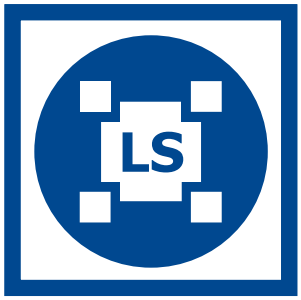
ООО «ЛИПРО Решение»

Система планирования и контроля производства



LS12

Общее описание

Москва – 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ 3
2. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ 6
3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ 14
3.1. Основные данные 15
3.2. Внешние заказы 22
3.3. Потребности и планы 26
3.4. Запасы и НЗП 36
3.5. Регистрация 41
3.6. Заказ материалов 45
3.7. Производственные участки 49
3.8. Комплектация 55
3.9. Показатели результативности 61
4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ 65
5. ИНТЕГРАЦИЯ С ДРУГИМИ СИСТЕМАМИ 66
6. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ 68

1. ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Система планирования и контроля производства LS12 (далее – система LS12) представляет собой программный комплекс автоматизации и информационной поддержки бизнес-процессов управления в операционной среде динамической сложности со следующими характеристиками:

- мелкосерийное / единичное дискретное многономенклатурное производство;
- смешанная стратегия позиционирования продукции, – изготовление / сборка под заказ и / или на склад;
- полный цикл производства (заготовительные, обрабатывающие и сборочные переделы) с ключевой точкой управления на комплектации;
- высокие уровни вариабельности производственных процессов при существенной зависимости этапов обработки;
- минимальные требования к полноте и достоверности технологических данных (например, наличие только составов изделий и «расцеховок»).

В отличие от большинства существующих информационных систем (ERP, MES, APS и т. п.) аналогичного назначения, консервирующих принципы и подходы управленческой модели Тейлора 100-летней давности, система LS12 разработана на основе парадигмы, сочетающей перечисленные ниже элементы современных концепций производственного менеджмента:

- главные компоненты логистической модели *Toyota Production System* (вытягивание на конечную сборку как на задающий ритм процесс, выравнивание и стабилизация потоков, визуальное управление на цеховом уровне), адаптированные под указанную выше область применения;
- методы синхронизированного производства, укрупнённого планирования, учёта и контроля материальных потоков, глобальные показатели результативности теории ограничений (constraints management);
- особенности динамики производственных процессов в условиях неопределённости (теория вариаций, теория очередей, factory physics).

Начиная с 2007 года перечисленные выше принципы и подходы отрабатывались и применялись на ряде российских предприятий машиностроения, металлообработки, мебельной и других отраслей промышленности в ходе выполнения конкретных проектов по совершенствованию производства; типичные результаты – рост важнейших операционных показателей в полтора-два раза всего за несколько месяцев (см. иллюстрации на рис. 1.1, подробнее – на сайте www.lipro.ru).

Система LS12 создавалась и совершенствовалась на базе действующего прототипа, – производственной системы Ковровского электромеханического завода (КЭМЗ, г. Ковров Владимирской области), – и в настоящее время охватывает все основные бизнес-процессы управления производством в рамках указанной выше области применения, позволяя организовать полный цикл информационного сопровождения материальных потоков, начиная от регистрации поступления внешних заказов до отгрузки готовой продукции (см. рис. 1.2). При этом:

- централизованно составляются и корректируются план продаж, главный план производства, графики комплектации конечной сборки, запуска ДСЕ (деталей и сборочных единиц), поставки материалов; автоматически резервируются запасы и формируются обеспечивающие производственные задания;
- движение материалов, ДСЕ и сборочных узлов между подразделениями отслеживается путём сканирования штрихкодов на сопроводительных документах (маршрутных листах, ведомостях комплектации, накладных);
- на основании актуальных планов и фактических данных регистрации по всей производственной цепочке в оперативном режиме поддерживается синхронизация потребностей, рассчитываются и уточняются приоритеты обеспечивающих заданий;
- логистика комплектации как ключевой точки управления для сложных сборочных производств поддерживается набором специальных информационных моделей и программных средств;
- разработаны оригинальные инструменты визуализации текущих потребностей и приоритетов; для цехового уровня – дополнительные средства автоматизации выписки, учёта и анализа наряд-заданий работникам.

Развёртывание системы LS12 даже на крупном предприятии может быть выполнено за 2-3 месяца, поскольку для её полнофункциональной работы в режиме замкнутого цикла управления производством достаточно минимального объёма исходных данных. В частности, применяемые подходы не требуют (по крайней мере, на первом этапе внедрения) наличия детальных маршрутов обработки с точной пооперационной привязкой используемого технологического оборудования и соответствующих нормативов времени.

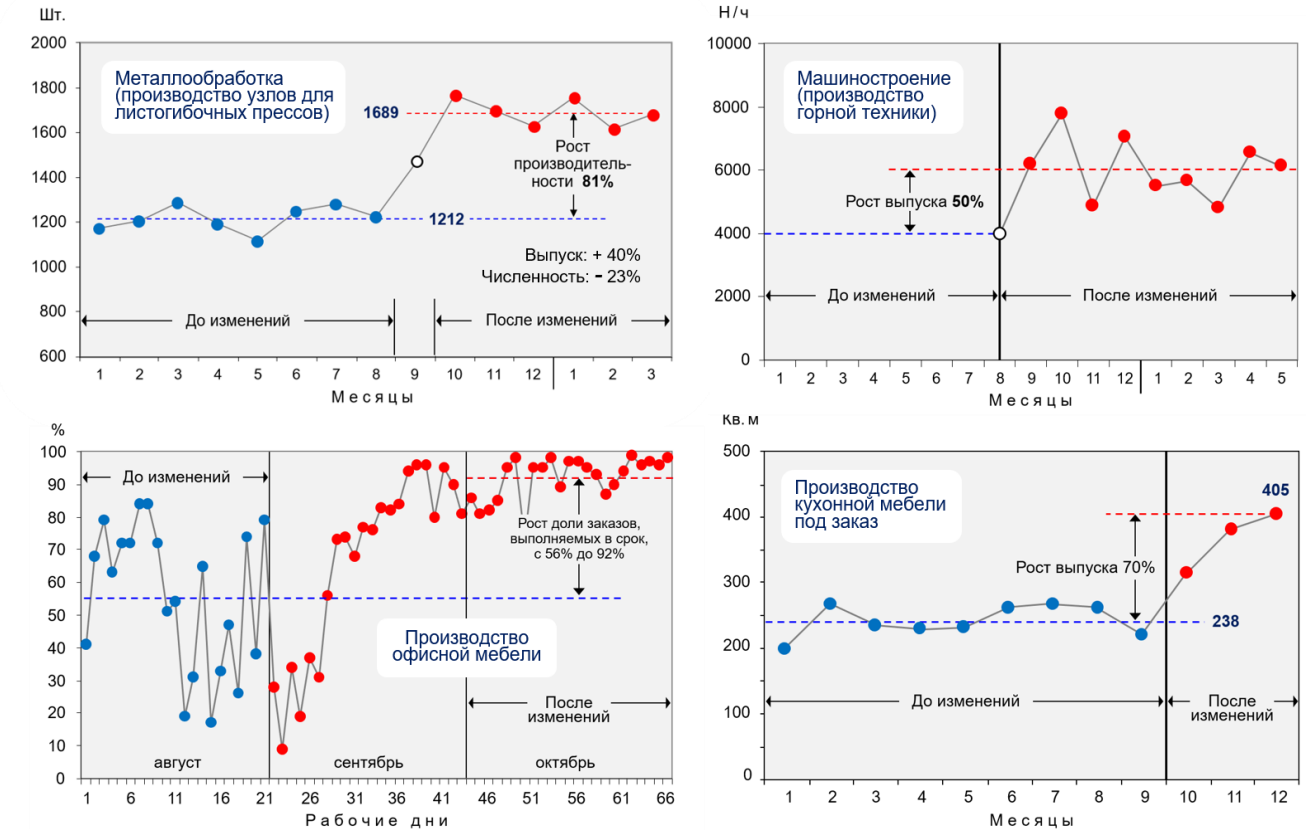


Рис. 1.1. Примеры реализации предлагаемых управленческих подходов.

Описание модели управления производством, под которую создавалась и которую поддерживает система LS12, приводится ниже в разделе 2 настоящего документа, характеристика отдельных модулей системы – в разделе 3. Набор реализуемых функций и количество автоматизированных рабочих мест (АРМов) в каждом конкретном случае определяется логистической схемой производства и необходимой степенью детализации управленческой информации. Небольшие предприятия могут начинать с нескольких АРМов, более крупные – с нескольких десятков, постепенно наращивая функционал в процессе эксплуатации. (Например, в 22-х подразделениях КЭМЗ в настоящее время установлено более 200 АРМов; при этом объём выпуска в денежном выражении за последние годы вырос почти в десять раз.)

Рис. 1.2. Автоматизируемые бизнес-процессы управления производством.

Система LS12 зарегистрирована в Роспатенте (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017610344 от 10.01.2017), реестре российского ПО (№ 4769 от 19.09.2018) и поставляется на условиях приобретения серверной лицензии либо аренды права пользования. В первом случае всё программное обеспечение может разворачиваться «локально», во втором предоставляется доступ к СУБД и серверу приложений в облачной инфраструктуре, а клиентское приложение размещается на локальных рабочих станциях с доступом в Интернет. Технические характеристики системы указаны в разделе 4 настоящего документа; возможности интеграции с корпоративными информационными системами и системами управления технологическими процессами описаны в разделе 5; ссылки на дополнительные материалы и контакты по вопросам внедрения приведены в разделе 6.

2. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Суть традиционной управленческой модели Тейлора, предложенной ещё в начале прошлого века для массового монопродуктового производства, сводится к составлению (на основе некоторых пооперационных нормативов времени) и регулярной корректировке детальных графиков: каждому рабочему, на каждый станок, для каждого цеха и подразделения, – как правило, минимум на месяц вперёд. Несмотря на доказанную почти сто лет назад его порочность в условиях существенной вариабельности и зависимости процессов, а также на опыт компании Тойота (отказавшейся от подобной модели управления даже при массовом характере производства и в течение нескольких десятилетий демонстрирующей выдающиеся результаты), многие предприятия до сих пор пытаются применять такой подход и поддерживающее его программное обеспечение для решения задач планирования и контроля в ситуации типичного мелкосерийного и единичного многономенклатурного производства.

Система LS12 изначально создавалась для работы в рамках модели управления, построенной на главных логистических принципах *Toyota Production System* (TPS, см. рис. 2.1): укрупнённого планирования конечной сборки как задающего ритм процесса с использованием при необходимости специальных механизмов выравнивания выпуска, вытягивания нужных комплектующих на сборку, стабилизации потоков и визуализации процессов, – адаптированных под реалии описанной выше операционной среды динамической сложности.

Предполагается, что **задающий ритм процесс** (по аналогии с TPS) расположен на слиянии всех основных материальных потоков, то есть на конечной сборке, которая выполняет функцию стратегического ограничения, а предшествующая ей комплектация служит ключевой точкой управления. В таком случае применение простых организационных приёмов позволяет, с одной стороны, транслировать на сборку задаваемые рынком потребности (внешняя синхронизация), а с другой стороны, согласовать возможности ресурсов ограниченной мощности в отдельных питающих пото-

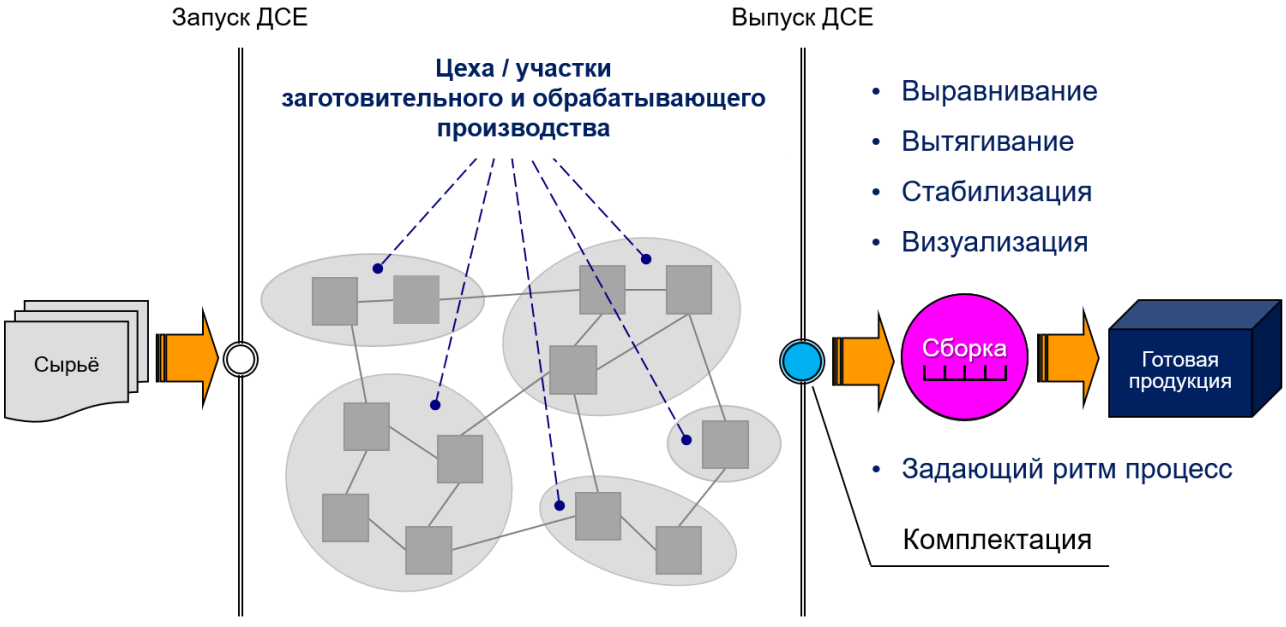


Рис. 2.1. Главные компоненты логистической модели *Toyota Production System*.

ках (внутренняя синхронизация, см. рис. 2.2). Оптимальным (но не обязательным) условием является наличие предметно-замкнутых производственных линеек со степенью локализации не менее 70-80%, объединяющих сходные по структуре маршруты изготовления ДСЕ (деталей и сборочных единиц) либо сборочных узлов.

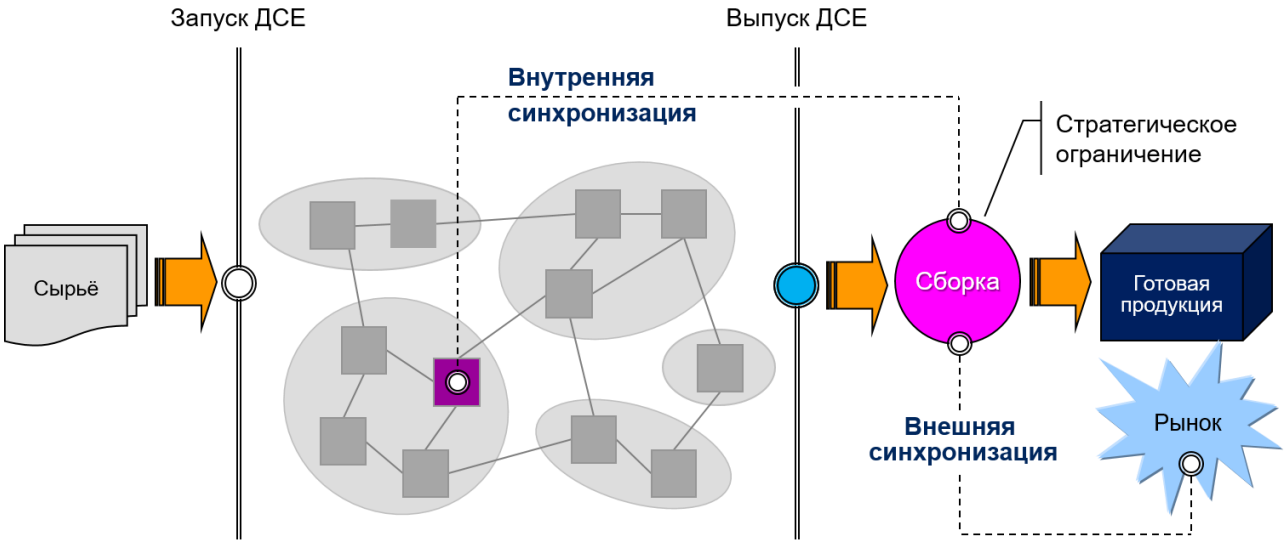


Рис. 2.2. Общая схема синхронизации потоков по конечной сборке.

Выравнивание выпуска – важнейший элемент модели управления TPS, обеспечивающий ритмичность и равномерность работы сборки, а также предохраняющий от возникновения «эффекта хлыста» в питающих потоках. Для решения задачи выравнивания с перемешиванием (аналог механизма «хейдзунка») в системе LS12 применяются методики, специально разработанные для условий мелкосерийного и единичного многономенклатурного производства, суть которых иллюстрирует приведенный ниже типичный пример.

В таблице А на рис. 2.3 показан годовой план продаж предприятия, состоящий из семи позиций на четыре изделия: два заказа на изделие *И1* (по 1200 шт. в июне и декабре), один заказ на изделие *И2* (100 шт. в мае), два заказа на изделие *И3* (по 1000 шт. в апреле и ноябре) и два заказа на изделие *И4* (100 шт. в августе и 300 шт. в октябре). При этом трудоёмкость сборки составляет, соответственно, 3, 30, 4 и 10 часов на изделие. В таблицах Б и В на рис. 2.3 представлены два варианта плана производства по месяцам: Б – разработанный на предприятии «вручную», В – полученный в результате использования одной из методик выравнивания в системе LS12. Как видно из приведенного на рис. 2.4 графика, в варианте Б предполагается превышение максимальных ресурсов сборки (2500 н/ч) в сентябре и октябре, а также работа почти на пределе возможностей в течение первых 4-х месяцев года. Вариант В обеспечивает более равномерную загрузку ресурсов, причём с учётом 20-процентных защитных мощностей. Применение реализованных в системе LS12 математических приёмов позволяет при необходимости решать любые аналогичные задачи, например, выравнивания выпуска внутри месяца (по декадам, неделям или рабочим дням) для десятков и сотен плановых позиций.

Как известно, **вытягивание** в TPS организовано с помощью механизма «канбан», который при массовом выровненном производстве в любой момент времени обеспечивает поддержание на сборочной линии запаса необходимых комплектующих. Поскольку в условиях мелкосерийного и единичного производства часть ДСЕ может

А

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
И1						1200						1200
И2					100							
И3				1000							1000	
И4								100		300		
Сборка (н/ч)				4000	3000	3600		1000		3000	4000	3600

Б

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
И1	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
И2	20	20	20	20	20							
И3	250	250	250	250	142	143	143	143	143	143	143	
И4	12	12	12	12	13	13	13	13	150	150		
Сборка (н/ч)	2320	2320	2320	2320	1898	1302	1302	1302	2672	2672	1172	600

В

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
И1	133	134	133	100	250	450	450	117	116	117	333	67
И2	20	20	20	20	20							
И3	250	250	250	250				250	250	250	250	
И4				10	65	65	65	65	65	65		
Сборка (н/ч)	1999	2002	1999	2000	2000	2000	2000	2001	1998	2001	1999	201

Рис. 2.3. Пример выравнивания годового выпуска по месяцам.

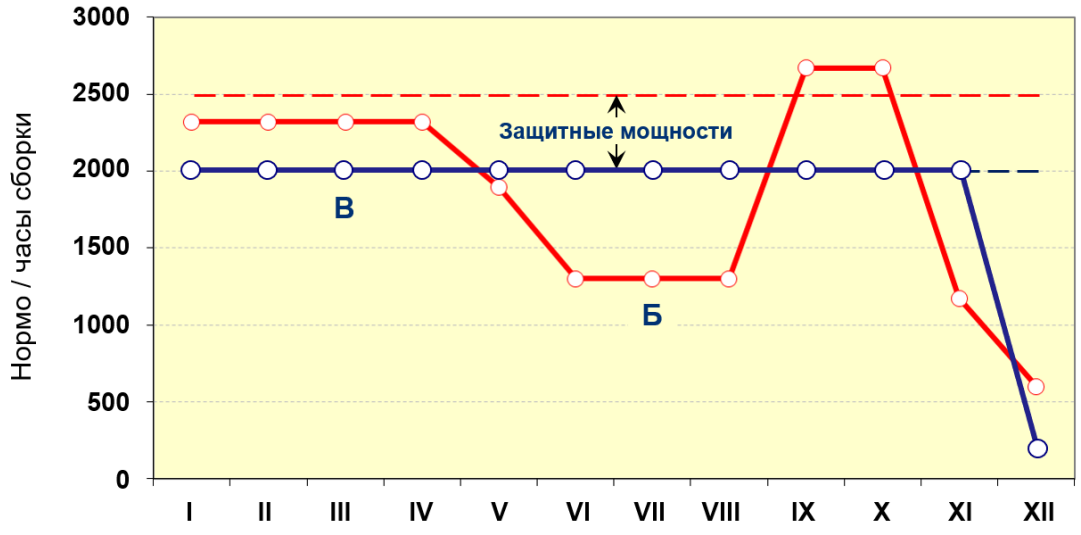


Рис. 2.4. Загрузка сборки по месяцам при разных вариантах выравнивания.

быть востребована только под конкретную продукцию по заказам с неизвестной заранее регулярностью поступления, то в системе LS12 реализованы два способа вытягивания на сборку из арсенала логистических решений теории ограничений:

- «по заказу», когда потребности в определённых ДСЕ формируются на основе установленных сроков комплектации, которые, в свою очередь, получаются из планов выпуска конечной продукции; иными словами, создание и корректировка производственных заданий на изготовление таких ДСЕ происходит только при наличии внешних заказов;
- «по уровню», когда потребности в определённых ДСЕ формируются независимо от внешних заказов; иными словами, создание производственных заданий на пополнение запасов таких ДСЕ происходит как в TPS (однако, в отличие от «канбан», используется более сложный механизм, позволяющий изменять приоритеты заданий в процессе их выполнения).

В первом случае, – при управлении «по заказу», – применяется метод укрупнённого планирования S-DBR / DBM (simplified drum-buffer-rope / dynamic buffer management), суть которого состоит в том, что для определения сроков запуска заданий (P_1, …, P_M на рис. 2.5) от соответствующих сроков комплектации отсчитываются так называемые «буферы времени производственных циклов», размеры которых задаются и периодически корректируются для каждой группы ДСЕ на основании статистического анализа данных о фактической длительности циклов. Следует особо подчеркнуть, что в рамках рассматриваемой модели управления полученные таким способом сроки запуска считаются *предварительными*; это информация для отдела снабжения (как и сроки комплектации – в части поставки на сборку покупных комплектующих). Фактический запуск заданий может происходить позднее по результатам регулярного мониторинга стабилизации питающих потоков.

Второй вид управления – «по уровню» – реализован в варианте MTA / DBM (make-to-availability / dynamic buffer management), идея которого показана на рис. 2.6. Главным параметром модели является так называемый «целевой уровень», устанавли-

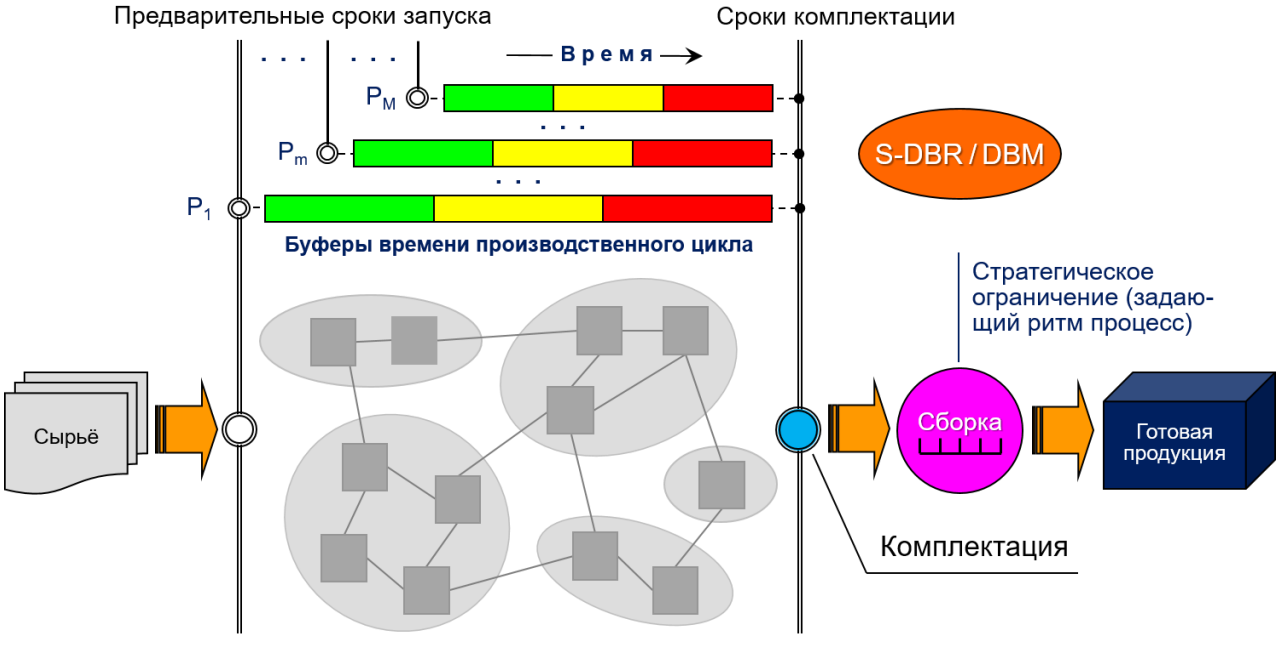


Рис. 2.5. Схема вытягивания для изделий с видом управления «по заказу».

ваемый и периодически корректируемый для каждой номенклатурной позиции на основании сведений о фактическом потреблении. В случае, когда по какой-либо позиции общее количество ДСЕ (буфер запасов), находящихся в кладовых комплектации и на разных стадиях производственного процесса, оказывается ниже принятого для данной позиции целевого уровня, создаётся набор заданий на пополнение в количестве, перекрывающем образовавшийся дефицит и кратном стандартному размеру партии. Как и при управлении «по заказу», фактический запуск заданий в производство осуществляется по результатам мониторинга стабилизации потоков.

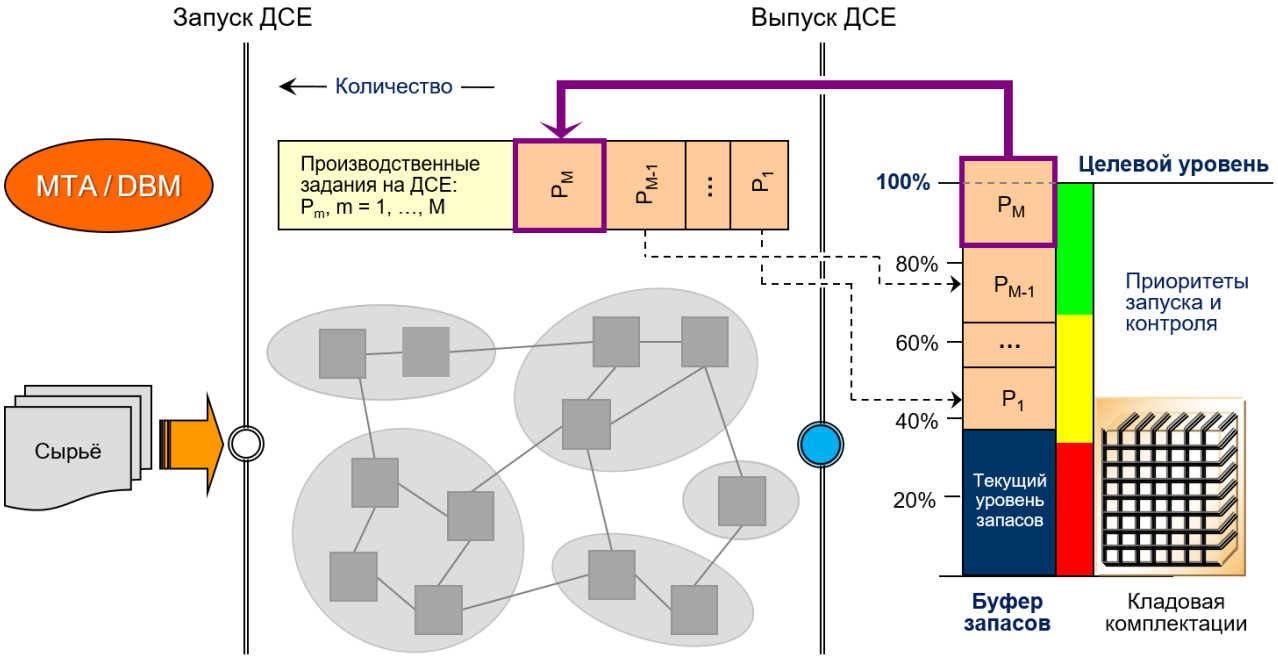


Рис. 2.6. Схема вытягивания для изделий с видом управления «по уровню».

Независимо от вида управления текущее состояние производства в рассматриваемой модели фиксируется и динамически корректируется по данным регистрации движения потоков в заранее определённых точках учёта, например, на переходах между цехами, участками или иными переделами. При этом для каждой партии ДСЕ или сборочных узлов автоматически формируется сопроводительный документ (маршрутный лист, в некотором смысле аналог карточки «канбан») с уникальным номером для однозначной идентификации. На рис. 2.7 приведен пример подобного документа, применяемого на одном из машиностроительных предприятий с развёрнутой системой LS12.

Реализация описанных механизмов вытягивания позволяет организовать в системе LS12 уникальную схему «раннего предупреждения» на базе **визуализации** состояния производства. Поскольку каждое сформированное задание в любой момент времени имеет «приоритет» (число от 0 до 100%, характеризующее степень пробоя буфера времени при управлении «по заказу» либо буфера запасов при управлении «по уровню», корректирующееся в зависимости от динамики потребностей) и «готовность» (число от 0 до 100%, определяющееся по данным фактической регистрации), то его можно изобразить в виде точки на диаграмме разброса (см. пример на рис. 2.8). В таком случае взаимное расположение точек даёт полное представление о текущем положении дел в производстве, – в целом, по отдельным цехам, участкам или переделам, – причём использование цветовой индикации типа светофора с зелёной, жёлтой и красной зонами приоритетов обеспечивает дополнитель-

МАРШРУТНЫЙ ЛИСТ № **438092** от 16.12.2018

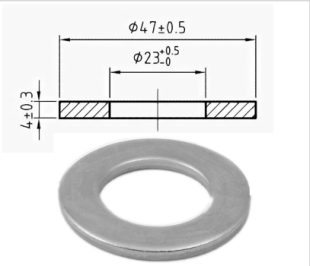
Инженер по орг. пр-ва: _____

Отв. работник за выдачу м / листа:

_____ / _____ /

«____» _____ 20____ г.

Изделие:	Деталь / сборочная единица:	Кол-во:	Заказ:
ANT1000 Минипогрузчик	**ANT1002.00.15.002 Шайба**	**10 шт.**	17/02-ДХС*12*18
Дата запуска: 17.12.2018	Дата сдачи: 25.12.2018	№ техпроцесса: 833009207/1.А1	



Сведения о материале

Артикул, название материала:		Профиль, размер, масса:	№ сертификата, дата:	Документ на замену:	Примечания:
По т/п:	Круг В1-25 ГОСТ 2530-2006 / 40 Х-2-ТО ГОСТ 4535-71				
Факт.:					
Протокол испытаний (№, дата):		Номер плавки (при наличии):			
Заполнил:		Проверил:			

Движение по операциям

Участок	Опе-рация	Номер / название операции	Таб. №	ФИО исполнителя	Принято к исполнению			Подпись контролёра за проверку пер-вой детали	Изготовлено		Отметка о приёмке				
					Кол-во	Дата	Подпись исполнителя		Дата	Подпись изготовителя	Годные	Брак	№ акта	Принял	
														Фамилия	Подпись
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Загот.	1.1	010_ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ													
	1.2	020_ЛАЗЕРНАЯ													
	1.3	030_КОНТРОЛЬ													
	1.4	035_ЗАЧИСТКА													
	1.5	040_ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ (руч. т													
ЧПУ	2.6	045_ТОКАРНАЯ С ЧПУ													
	2.7	050_КОНТРОЛЬ													
	2.8	055_ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ (руч. т													

16.12.2018 17:47	М/л № 438092	ANT1002.00.15.002 / 10 шт.	Заказ: 17/02-ДХС*12*18	Стр. 1 из 1

Рис. 2.7. Пример маршрутного листа с идентификацией по штрихкодам.

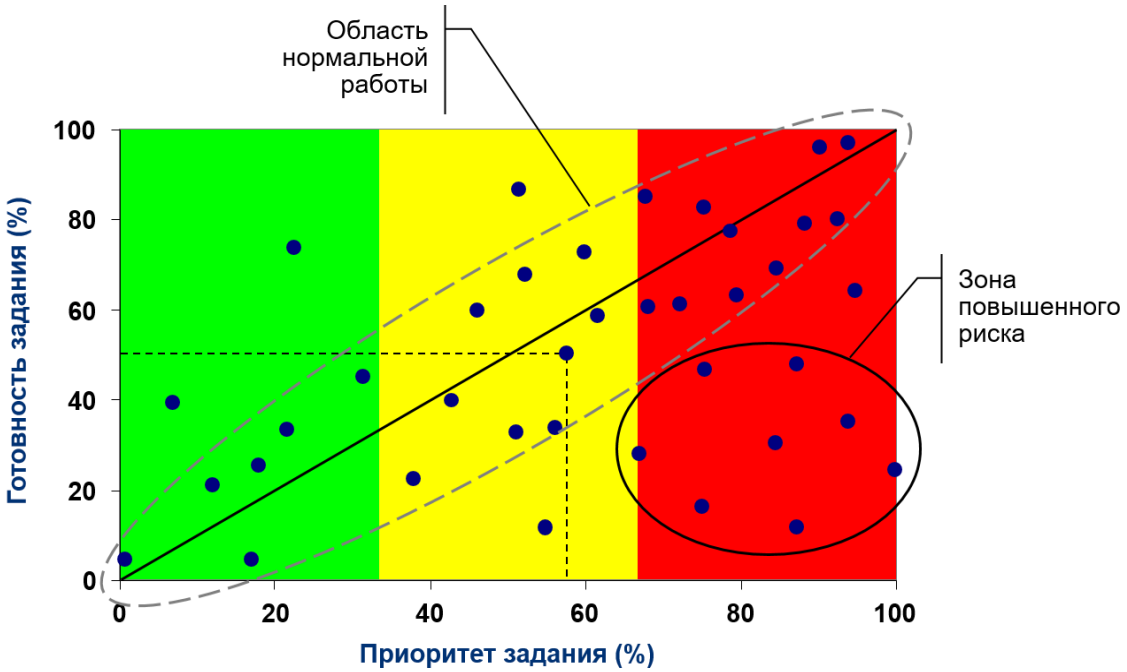


Рис. 2.8. Пример визуализации состояния производства.

ную наглядность при принятии управленческих решений. Так, в приведенном примере 26 из 38 находящихся в производстве заданий не требуют вмешательства, поскольку располагаются в «области нормальной работы» (все точки вблизи диагонали, то есть готовность примерно соответствует приоритету). Особое внимание сле-

дует обратить на 8 заданий из «зоны повышенного риска», имеющих высокий приоритет (красная зона) и низкую готовность. И наоборот, нужно разбираться, – зачем до готовности более 70% доведено задание с низким приоритетом из зелёной зоны.

В TPS **стабилизация** питающих потоков обеспечивается механизмом «канбан» (за счёт постоянного количества карточек по каждой номенклатурной позиции), поэтому при других способах вытягивания для этой цели необходимо применение специальных инструментов. В рассматриваемой модели, – при комбинированном использовании методов управления «по заказу» и «по уровню» (S-DBR / MTA / DBM), – предполагается прямой контроль размеров незавершённого производства (НЗП), то есть непосредственное применение закона Литтла (см. рис. 2.9). В системе LS12 реализован мониторинг стабилизации потоков на основе регулярного пересчёта НЗП по отдельным линейкам, участкам, цехам и производству в целом. Как было указано ранее, при выходе за пределы некоторого установленного заранее «оптимального режима» НЗП запуск сформированных заданий следует временно приостановить.

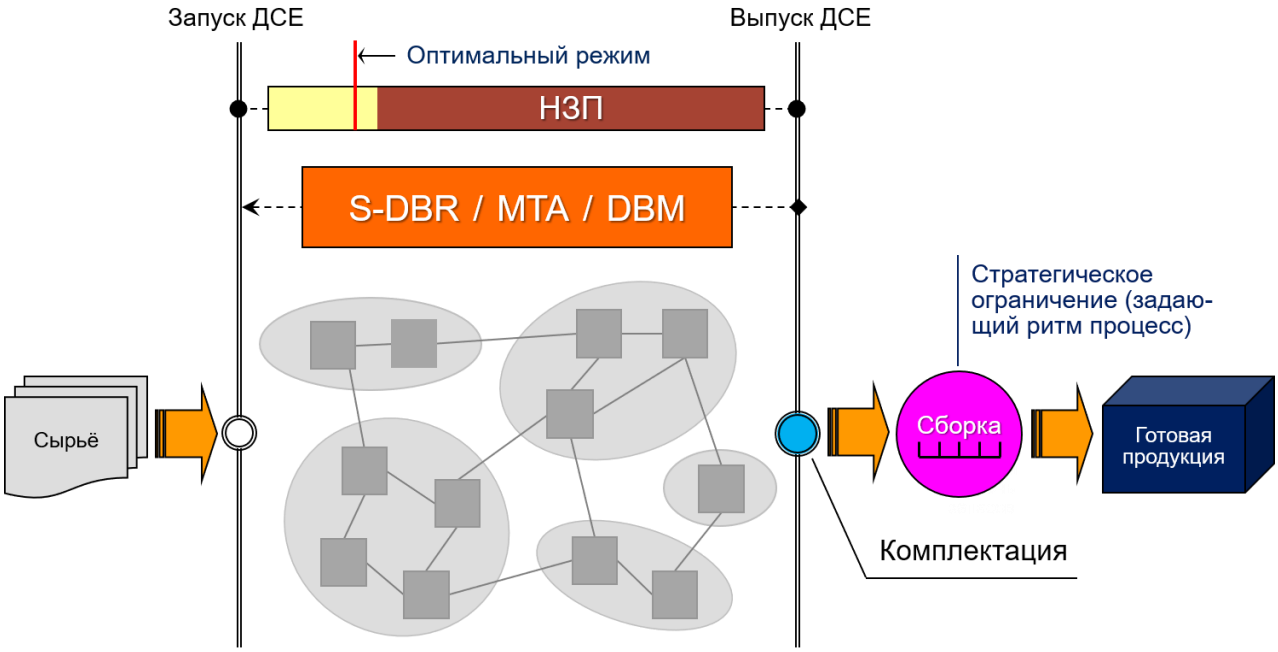


Рис. 2.9. Условная схема стабилизации материальных потоков.

* * *

Механизмы вытягивания, визуализации и стабилизации, описанные выше на примере питающих потоков, аналогичным образом применимы и для сборочных переделов в случае их разветвлённой логистической структуры. В этом смысле комплектация является ключевой точкой, разделяющей модель на две части, в каждой из которых в зависимости от стратегии позиционирования продукции могут быть организованы разные схемы управления, например:

- *изготовление на склад* – до и после комплектации управление «по уровню»;
- *сборка под заказ* – после комплектации управление «по заказу», до комплектации управление «по уровню»;
- *изготовление под заказ* – после комплектации управление «по заказу», до комплектации комбинированная схема управления «по уровню» и / или «по заказу».

Для каждого из перечисленных вариантов, а также для любой смешанной стратегии в системе LS12 реализованы оригинальные алгоритмы, позволяющие в условиях мелкосерийного и единичного многономенклатурного производства с непрерывно меняющимся состоянием производственной среды (задержки, потери, брак и т. п.) и внешнего окружения (корректировка, отмена, поступление новых срочных заказов) постоянно в автоматическом режиме поддерживать баланс потребностей и обеспеченности, а именно:

- синхронизацию по количеству и срокам на всех уровнях, начиная от первичных потребностей в виде позиций внешних заказов через комплектацию до запуска отдельных партий ДСЕ и далее до материалов;
- анализ обеспеченности потребностей за счёт свободных запасов и/или незавершённого производства с автоматическим переназначением и корректировкой приоритетов соответствующих заданий;
- визуализацию текущего состояния потребностей и обеспеченности для оперативного принятия необходимых управленческих решений.

> Описанный выше подход и применяемая в системе LS12 информационная модель с элементами проектного менеджмента позволяют эффективно управлять изготовлением уникальных изделий, а также и опытно-экспериментальных образцов в производственной среде типа «*разработка под заказ*», – когда первоначально бывает неизвестен даже состав конечной продукции, а соответствующая конструкторская и технологическая документация появляется и уточняется уже в процессе выполнения самого заказа.

Более подробная характеристика базового функционала системы LS12 содержится в следующем разделе настоящего документа. Кроме того, в разделах 3.3 и 3.8 приведено описание некоторых методик и организационных схем, разработанных для моделирования бизнес-процессов управления сборочным производством, включая логистику комплектации.

3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ

Система LS12 выполнена в виде набора функциональных модулей (см. рис. 3.1), поддерживающих соответствующие бизнес-процессы в рамках описанной в предыдущем разделе модели управления производством, реализованных на единой платформе и использующих единую базу данных. Кроме того, программный комплекс включает в себя пакет процедур выравнивания планов, которые настраиваются под конкретные проекты, а также служебные модули, содержащие средства формирования отчётов с возможностью экспорта данных в стандартные форматы (html, pdf, xlsx, ...) и инструменты администрирования (распределения прав доступа, авторизации и протоколирования действий пользователей).

Рис. 3.1. Набор функциональных модулей базовой версии системы LS12.

Система проста в освоении и в работе; она открыта для интеграции с программным обеспечением конструкторской и технологической подготовки производства, бухгалтерского учёта, управления технологическими процессами, взаимоотношениями с заказчиками (см. ниже в разделе 5 схему обмена данными LS12 с другими информационными системами).

В настоящем разделе приведено описание функционала системы LS12 в так называемой версии *Basic*. По каждому из указанных на рис. 3.1 основных модулей системы даётся краткая характеристика исходных информационных объектов и общих алгоритмов обработки данных, а также показаны иллюстративные примеры в виде скриншотов ключевых экранных форм из различных реализованных проектов. Следует, однако, иметь в виду, что некоторые экранные формы и отдельные элементы пользовательского интерфейса в тиражируемом варианте LS12 могут отличаться от представленных в этом документе.

3.1. Основные данные

Модуль управления основными данными (MD, Master Data) системы LS12 поддерживает централизованную нормативно-справочную информацию:

- о структуре производства;
- о номенклатуре сырья, ДСЕ, сборочных узлов и готовой продукции;
- о составах и маршрутах изготовления изделий.

В соответствии с принятой моделью управления структура производства в самом общем случае представляется в виде двух крупных блоков (заготовительные / обрабатывающие подразделения и сборка), разделённых точкой комплектации (рис. 3.1.1), и как минимум трёх логических складов, – сырья и материалов, комплектации и готовой продукции.

Базовым элементом операционной среды считается *производственный участок*, то есть обособленная (организационно и/или территориально, физически и/или логически) совокупность производственных ресурсов; при этом должно выполняться условие однозначности, а именно, каждый производственный ресурс, задействованный в процессе изготовления ДСЕ или сборочных узлов, может входить в состав одного и только одного участка (рис. 3.1.2). Атрибуты записи объекта «производственный участок»: уникальный код - идентификатор, а также название и/или описание (см. приведенный на рис. 3.1.3 пример).

Принятая в системе LS12 информационная модель *изделия* представлена на рис. 3.1.4; обязательными атрибутами объекта являются уникальный артикул, название, единица измерения, тип (изготавливаемое или закупаемое), класс, вид управления с указанием необходимых параметров, а для изделий первого типа, кроме того, маршрутная карта. Пример фрагмента исходных данных по номенклатуре изделий приведен на рис. 3.1.5. Имеется возможность указать и дополнительные (факультативные) атрибуты, такие как принадлежность изделия к определённой товарной группе, категории, ссылку на чертёж и некоторые другие характеристики.

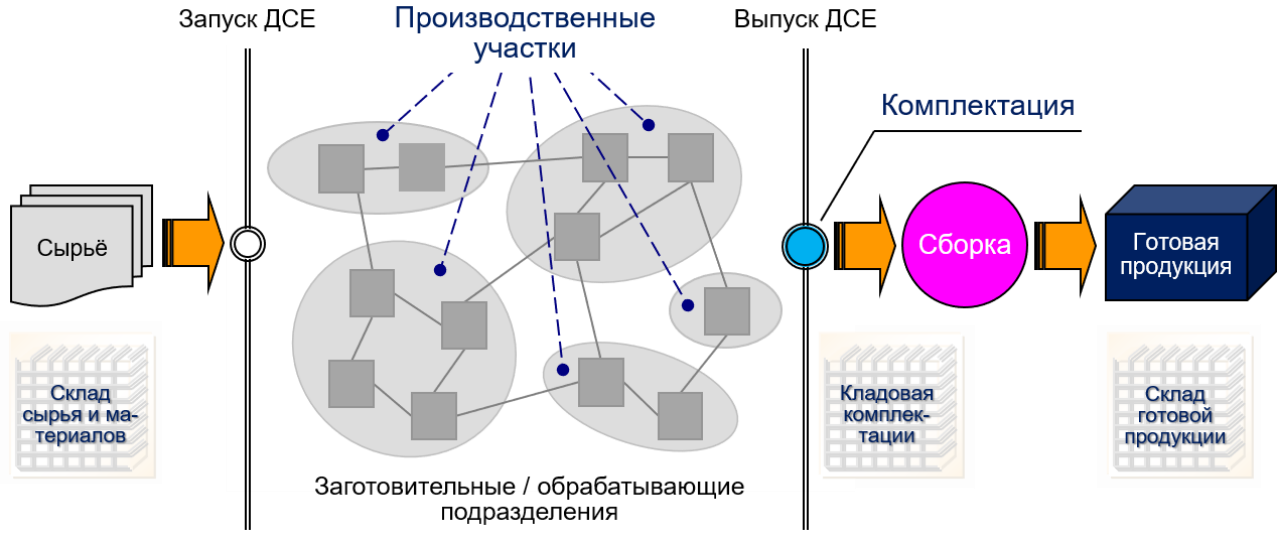


Рис. 3.1.1. Условная схема структурной модели производства.

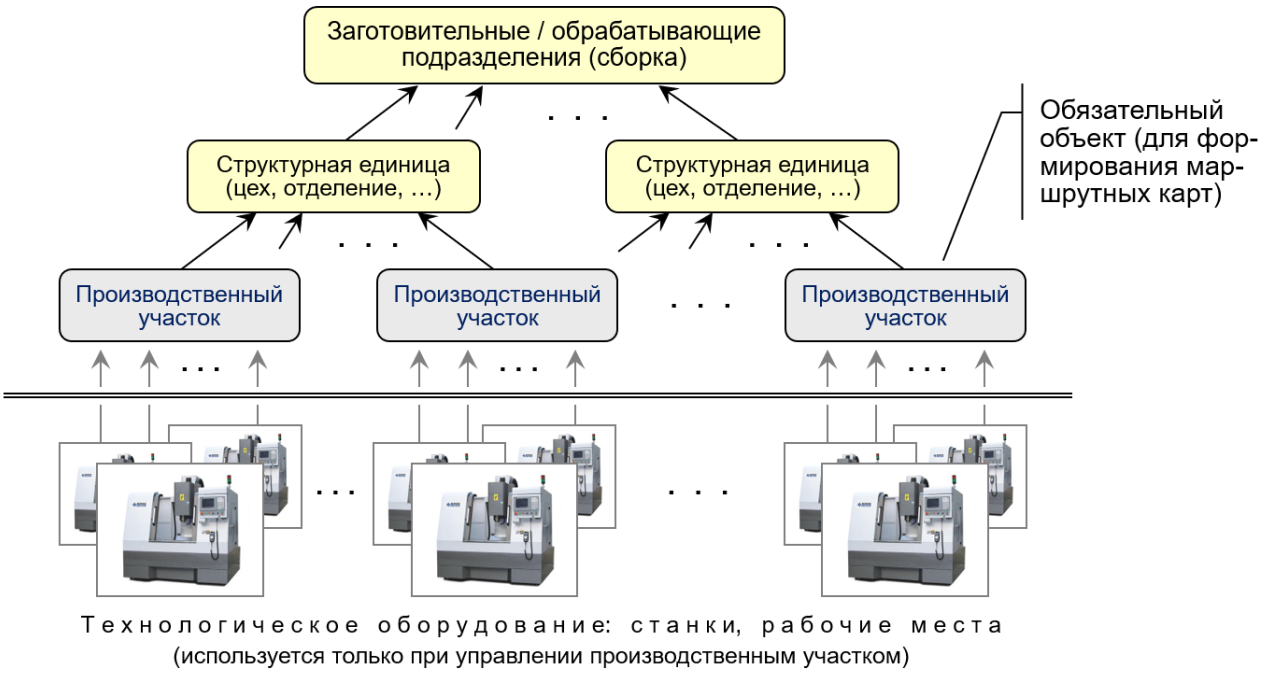


Рис. 3.1.2. Производственные участки в структуре предприятия.

Код участка	Название участка	Описание участка
З	Заготовительный участок №14	
Л	Литейный цех №1	
М1	Участок 1 цеха 7	Фрезерная обработка
М2	Участок 2 цеха 7	Токарная обработка
Т	Цех термообработки №3	
Г	Гальванический цех №20	
Э	Электроэрозионный участок	
СВ	Сварочный участок	
Ш	Участок шлифовки	
С1	Сборочное отделение 1	Сборка механических узлов
С2	Сборочное отделение 2	Сборка электронных узлов
С3	Сборочное отделение 3	Конечная сборка

Рис. 3.1.3. Пример представления данных о производственных подразделениях.

Маршрутная карта описывает производственный процесс изготовления изделия в виде упорядоченного списка так называемых «обобщённых производственных операций» (*ОПО*), соответствующих этапам обработки, например, совокупности технологических операций по изготовлению ДСЕ или сборочного узла, выполняемых последовательно на одном и том же производственном участке из одного и того же набора применяемых материалов.

В рамках принятой модели управления обязательным атрибутом ОПО является «*готовность*», характеризующая долю конкретной ОПО в процессе производства изделия по данной маршрутной карте, значение которой может устанавливаться исходя из любых содержательных соображений, в том числе, – но не обязательно, – в соответствии с трудоёмкостью этапов обработки (см. пример маршрутной карты на

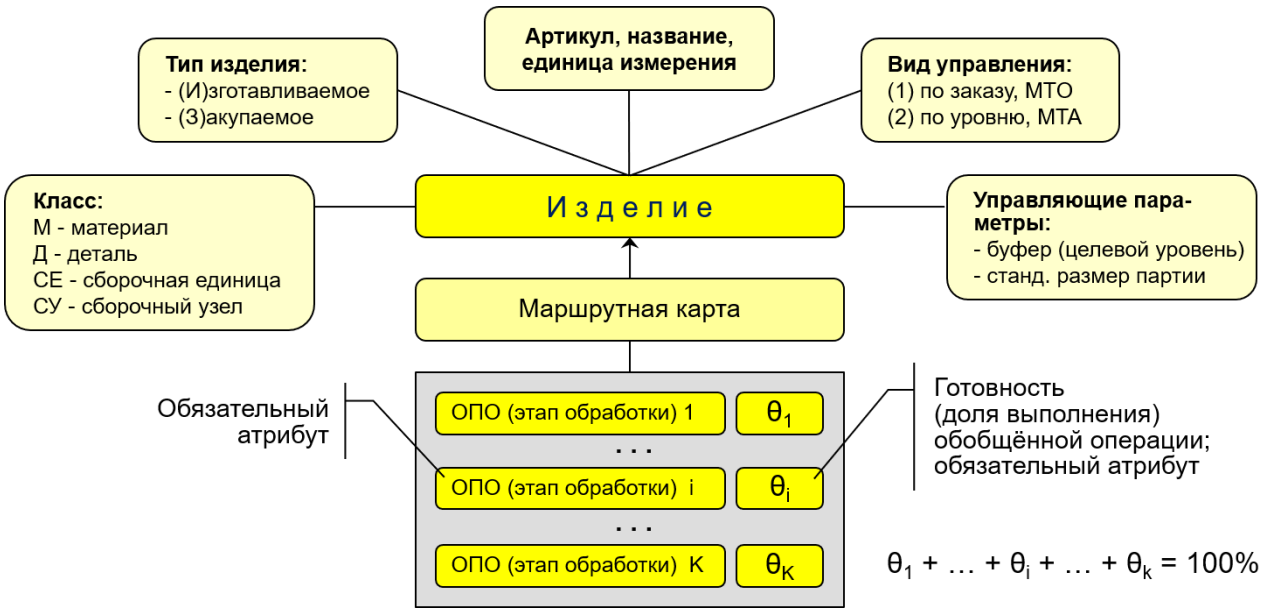


Рис. 3.1.4. Структура информационного объекта «изделие».

Артикул изделия	Название изделия	Описание изделия	Е.и.	Тип	Класс	Вид управ-ления	Буфер	Станд. размер партии
...	...	...	...	...	...	...	...	...
13949302	Пруток АМг2 КР25П ГОСТ 21488-97		кг	З	М	2	30000	10000
3816	Круг 14В ГОСТ 2590-88 / 12Х18Н	ГОСТ 5949-75	кг	З	М	2	1200	400
237	Лист БТ-ПВ-НО-0.8х1000х2000	ГОСТ 2208-2007	кг	З	М	2	10000	300
546	Л12.662.422	заготовка	шт	З	Д	1	30	250
9282102	БК7.750.060	наконечник	шт	И	Д	1	9	3
9292102	БК7.755.023	перемычка	шт	И	Д	1	6	2
6540105	М8-6ех20.48.019 ГОСТ 1491-80	винт	шт	И	Д	2	1000	100
4630101	БК3.622.442	коробка распределителя	шт	И	СЕ	1	12	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Рис. 3.1.5. Пример представления основных данных об изделиях.

Артикул изделия	Название изделия	Номер ОПО	Название операции	Готовность (%)	Код участка
...	...	...	...	...	...
4630101	БК3.622.442	1	Черновая мехобработка	5	**М1**
		2	Термообработка	10	**Т**
		3	Чистовая мехобработка	20	**М1**
		4	Термообработка	10	**Т**
		5	Контроль ОТК	5	**М1**
		6	Сварка	20	**СВ**
		7	Мехобработка в сборе	15	**М2**
		8	Термообработка	10	**Т**
		9	Контроль ОТК	5	**М2**
...	...	...	...	...	...

Рис. 3.1.6. Пример представления маршрутной карты изготавливаемого изделия.

рис. 3.1.6). Кроме того, к каждой ОПО может быть привязана материальная спецификация в виде списка входящих материалов, ДСЕ или сборочных узлов с установленными нормами расхода, а также (факультативно, при активном модуле управления производственными участками) упорядоченный список конкретных технологических операций с указанием моделей станков и нормативов времени (см. рис. 3.1.7). Пример фрагмента материальной спецификации для приведенного выше маршрутного листа показан на рис. 3.1.8. Здесь на первом этапе обработки используется всего одна закупаемая деталь, на шестом этапе – одна изготавливаемая деталь в количестве 2-х штук, на седьмом этапе – две изготавливаемые детали в количестве 3 и 6 штук. Заметим, что в данном случае для описания производственного процесса применена логистическая модель «конвейерной сборки» (идея которой позаимствована из TPS и будет описана ниже). При этом каждая из входящих изготавливаемых деталей, в свою очередь, использует по одной позиции исходных материалов и только на первой ОПО.

Ввод в систему LS12 исходных данных о номенклатуре изделий, составах и маршрутах изготовления может быть выполнен однократным импортом из имеющихся на предприятии информационных баз через специально подготовленные промежуточ-

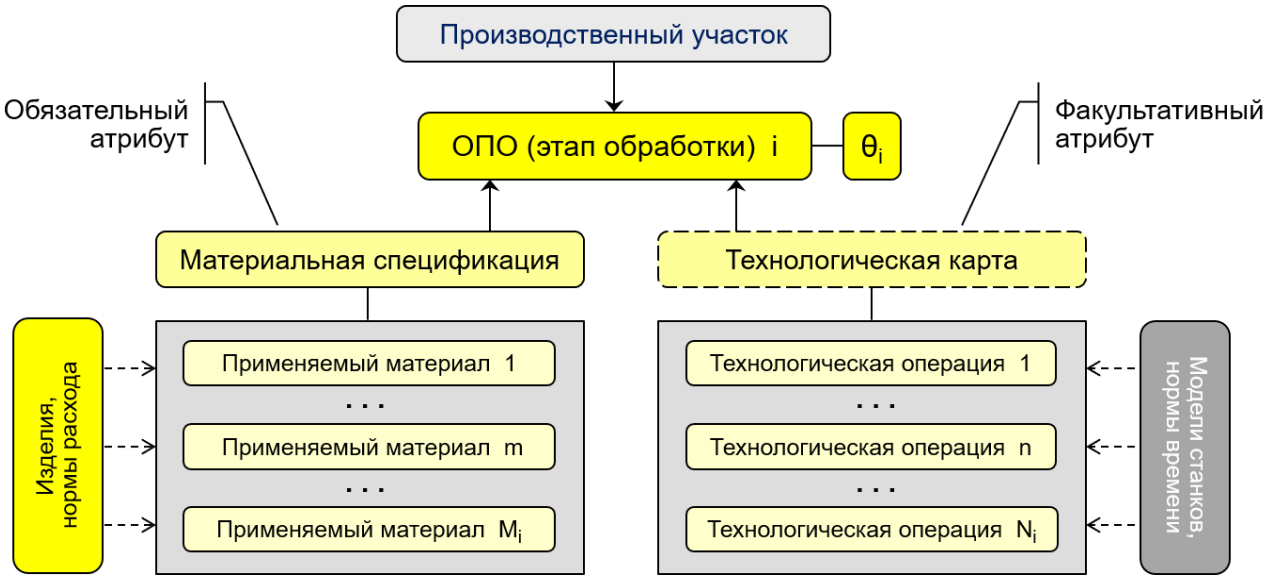


Рис. 3.1.7. Структура информационного объекта «ОПО (этап обработки)».

Артикул изделия	Название изделия	Номер ОПО	Артикул материала	Название материала	Расход
…	…	…	…	…	…
4630101	БК3.622.442	1	546	Л12.622.442	1
		6	9292102	БК7.755.023	2
		7	9282102	БК7.750.060	3
		7	6540105	М8-6ех20.48.019 ГОСТ 1491-80	6
9292102	БК7.755.023	1	237	Лист БТ-ПВ-НО-0.8х1000х2000	0,5
9282102	БК7.750.060	1	3816	Круг 14-В ГОСТ 2590-88 / 12Х18Н	1,2
6540105	М8-6ех20.48.019 ГОСТ 1491-80	1	13949302	Пруток АМг2 КР25П ГОСТ 21488-97	0,1
…	…	…	…	…	…

Рис. 3.1.8. Пример представления материальных спецификаций.

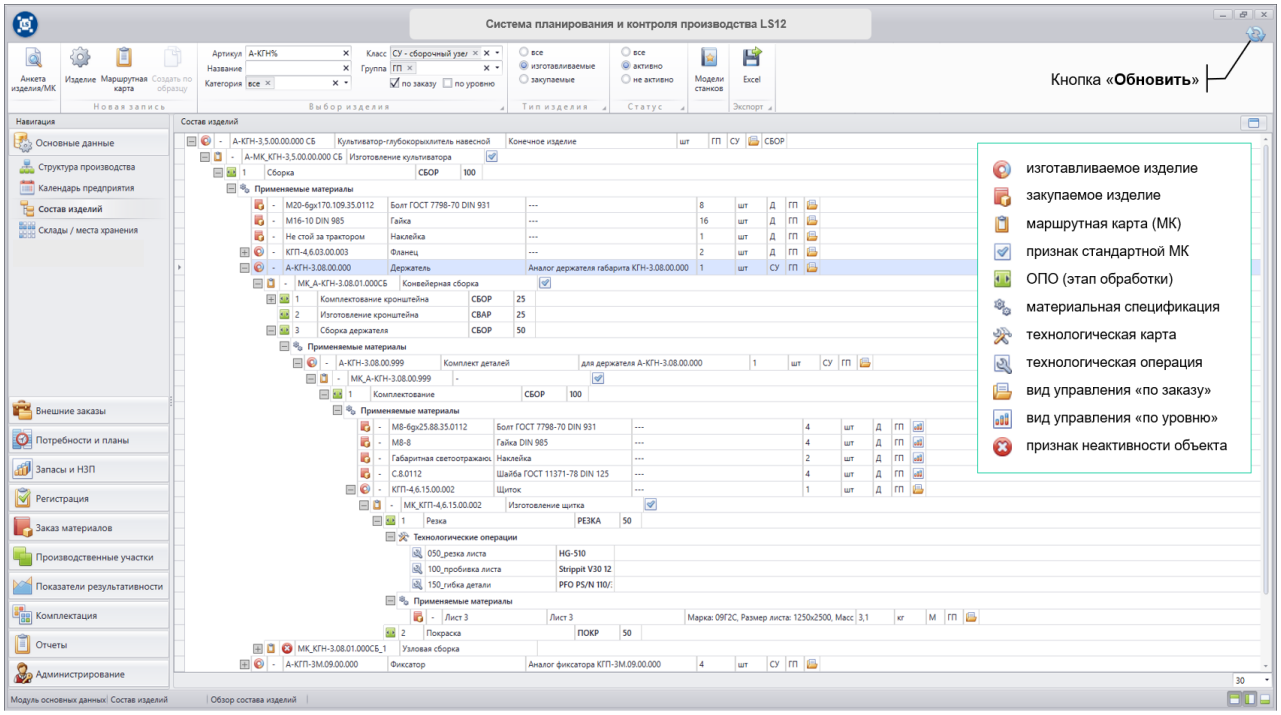


Рис. 3.1.9. Пример экранной формы дерева состава изделия.

ные таблицы (примеры заполнения которых показаны на рис. 3.1.3, 3.1.5, 3.1.6 и 3.1.8) в любом из общеизвестных форматов, либо «вручную» средствами самого модуля MD. Кроме того, актуальность основных данных может поддерживаться посредством постоянно действующих интерфейсов обмена с другими информационными системами (см. раздел 5 настоящего документа).

На рис. 3.1.9 показан пример представления состава изделия в системе LS12 в виде раскрывающегося дерева, – в соответствии с описанной ранее информационной моделью. В левой части экранной формы расположена панель навигации с перечнем активных модулей и доступных опций, в верхней – лента с инструментами управления (текстовыми фильтрами, выпадающими списками, флажками, переключателями, командными кнопками), в центральной – рабочая область для отображения информации. В данном случае открыт модуль MD и выбрана базовая опция “Состав изделий”; в правом верхнем углу окна приведен список условных обозначений.

Как в любом аналогичном программном продукте, в системе LS12 реализована схема контекстных переходов из главного пользовательского интерфейса к подчинённым объектам. Например, по кнопке [*Анкета изделия / МК*] открывается экранная форма с описанием выделенной в дереве позиции (см. на рис. 3.1.10 примеры ‘Анкеты изделия’ и ‘Анкеты МК’; в последней показаны только две из трёх закладок, – ‘ОПО’ и ‘Применяемые материалы’). Корректировка текущих данных в шапке анкеты выполняется с помощью стандартных кнопок [*Изменить*] – [*Сохранить*] ленты управления окна, а по выделенным позициям на закладках – с помощью собственных кнопок [*Изменить*] – [*Добавить*] – [*Удалить*]; при этом для редактирования могут использоваться дополнительные окна. Новые объекты формируются по кнопкам [*Изделие*] и [*Маршрутная карта*] из ленты управления главной экранной формы опции путём заполнения пустых анкет, а кнопка [*Создать по образцу*] позволяет перенести в такую анкету реквизиты любого из созданных ранее аналогичных информационных объектов.

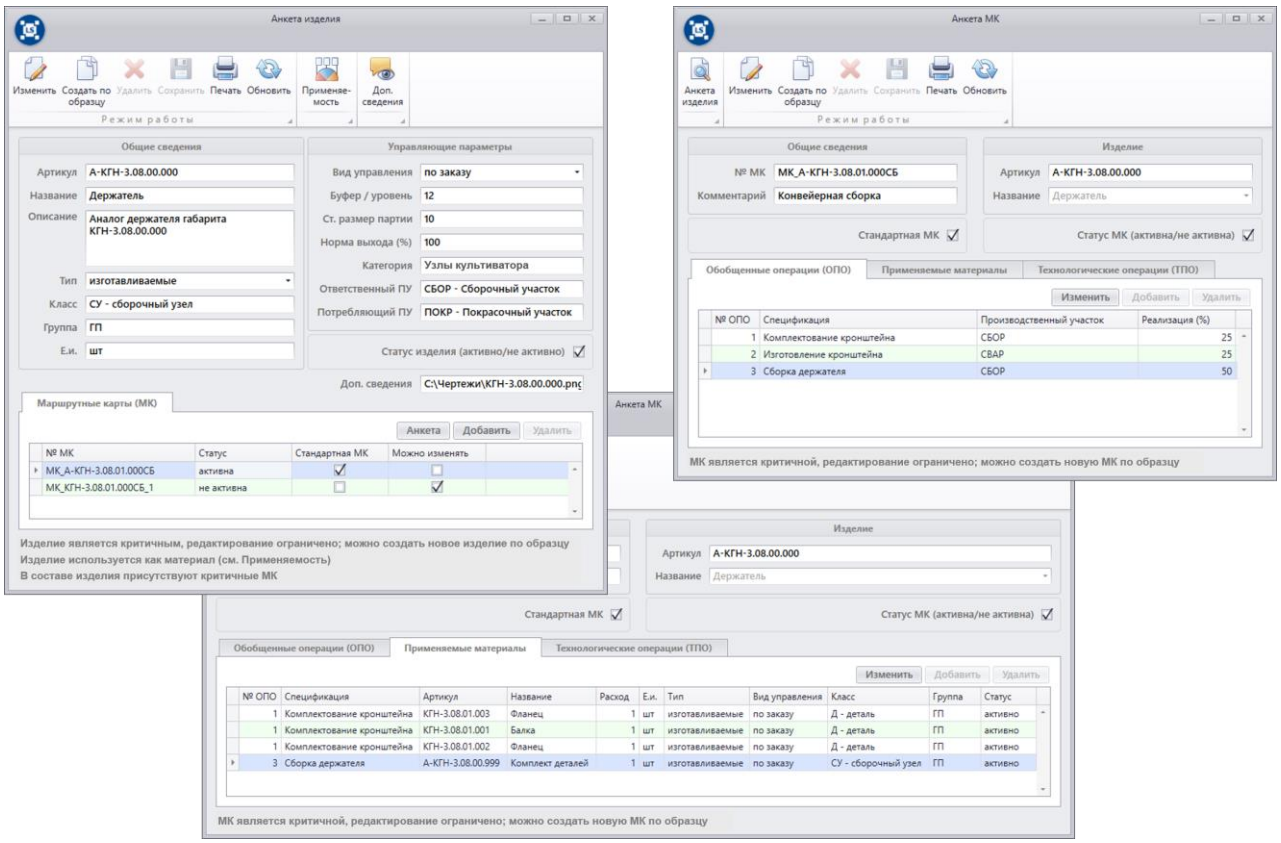


Рис. 3.1.10. Примеры экранных форм с анкетами объектов основных данных.

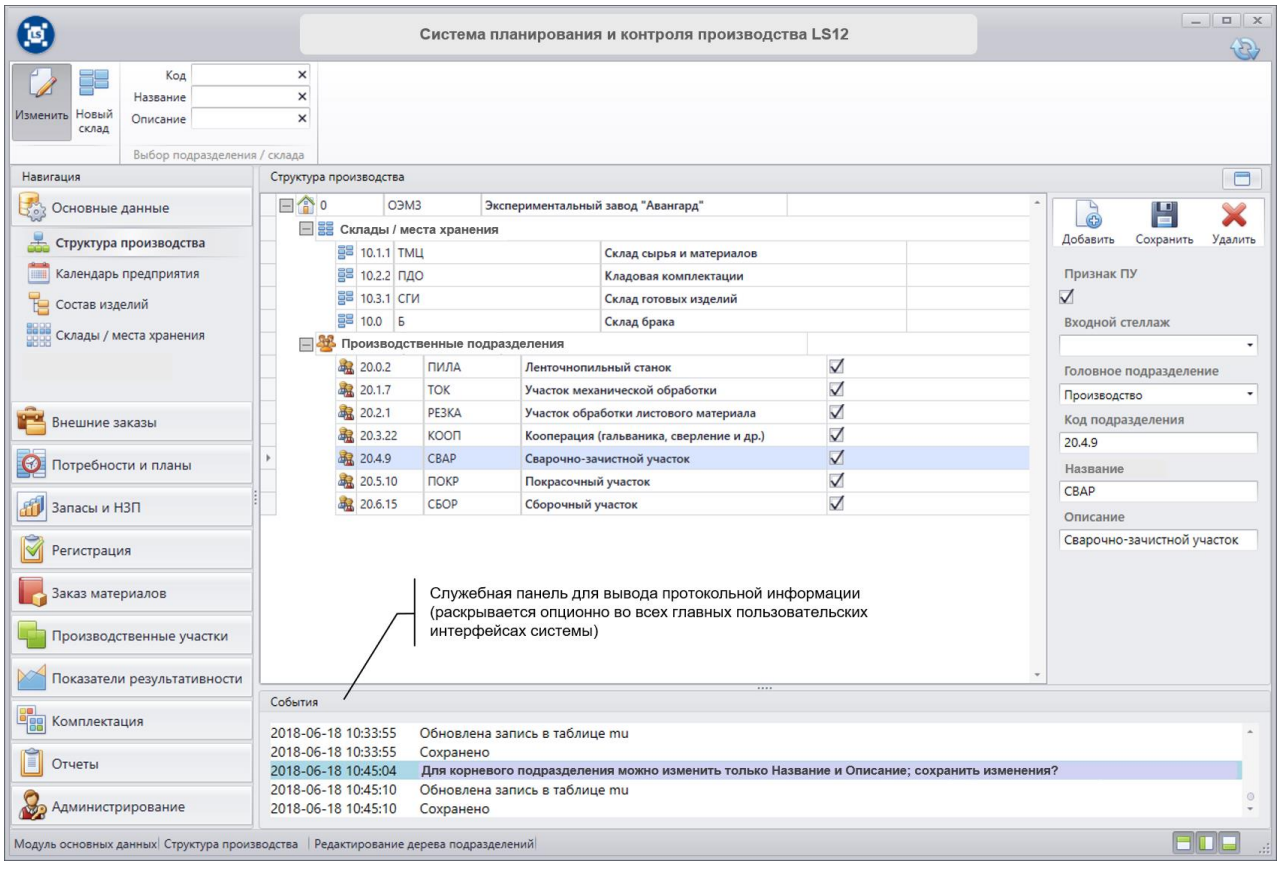


Рис. 3.1.11. Пример экранной формы дерева структуры производства.

Базовая опция “Структура производства” (см. пример на рис. 3.1.11) позволяет отобразить общую логистику предприятия в виде дерева с любым количеством уровней вложенности, включая как операционную среду, так и складское хозяйство. По кнопке [*Изменить*] ленты управления окна в правой части рабочей области экранной формы открывается панель с анкетой выделенного на схеме подразделения либо склада и дополнительными управляющими кнопками [*Добавить*] – [*Сохранить*] – [*Удалить*], при помощи которых выполняются корректировки текущих записей, а также создаются новые записи. С точки зрения принятой модели управления некоторые подразделения, – независимо от их места в организационной иерархии предприятия, – могут являться «производственными участками», поэтому должны быть помечены специальным ‘Признаком ПУ’. При необходимости ввода в систему дополнительного места хранения соответствующая первичная информация (код – название – описание) вносится в анкету, открываемую по кнопке [*Новый склад*].

Собственно формирование конкретной структуры каждого описанного ранее склада (включая организацию адресного хранения) выполняется в рамках базовой опции “Склады / места хранения” (см. пример на рис. 3.1.12). Стандартным элементом конструкции является «стеллаж» с атрибутами: код в виде произвольного набора символов, количество рядов и полок в ряду, – которые задаются в процессе настройки модели. Возможно формирование линейных, плоских и комбинированных мест хранения. При этом любой склад представляется набором стеллажей, в общем случае разной размерности. В качестве специального элемента конструкции могут выступать так называемые «линейки» комплектации, более подробная характеристика которых приведена в разделе 3.8 настоящего документа.

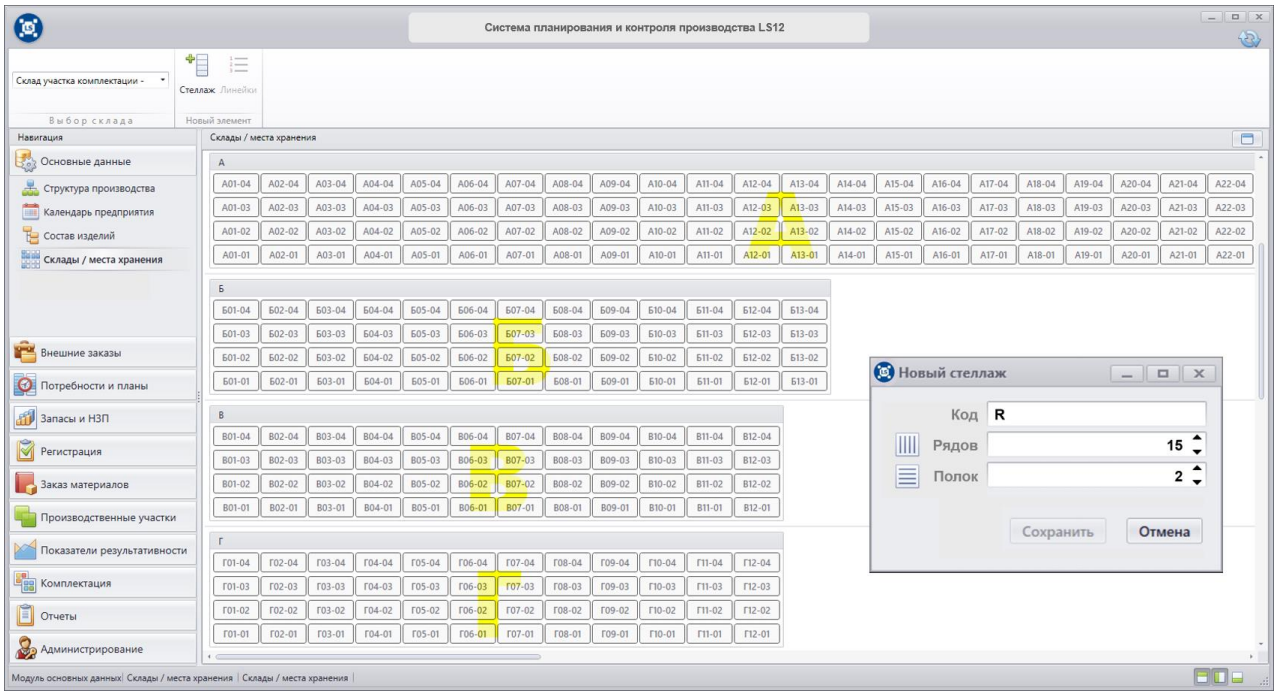


Рис. 3.1.12. Пример экранной формы структурирования склада.

Опция “Календарь предприятия” является стандартной и предназначена для отражения в системе LS12 реального производственного календаря предприятия (рабочие субботы, праздничные дни и т.п.), который учитывается при расчёте сроков реализации потребностей, а также для оценки отдельных показателей.

3.2. Внешние заказы

Модуль управления внешними заказами (SO, Sales Orders) системы LS12 обеспечивает поддержку стандартных бизнес-процессов:

- обработки нормативно-справочной информации о заказчиках;
- регистрации, редактирования и сопровождения заказов на продукцию предприятия.

Соотношение основных информационных объектов модуля SO (заказчик, договор, заказ, позиция заказа) показано на рис. 3.2.1. Обязательным атрибутом *заказчика* является символьный код и ИНН, факультативными – текстовое обозначение (наименование), адрес, принадлежность к определённой группе и/или региону, а также типовые условия поставки и оплаты. Предполагается, что работа предприятия с заказчиками может быть, – но не обязательно, – организована по *договорам*, в рамках которых формируются отдельные *заказы* в виде списка *позиций заказов* с указанием конкретной номенклатуры отгружаемой продукции, количества и сроков реализации, ценовых и некоторых других характеристик (рис. 3.2.2).

Аналогично основным данным, ввод в систему LS12 справочника заказчиков может выполняться импортом из имеющихся на предприятии баз данных, либо «вручную» средствами самого модуля SO. На рис. 3.2.3 показан пример интегрального отображения в системе описанных выше информационных объектов в виде раскрывающегося дерева “Заказчик – договор – заказ” при выборе соответствующей базовой опции; в правом верхнем углу окна приведен список принятых условных обозначений.

По кнопке [*Анкета*] из ленты управления главной экранной формы открывается окно с описанием выделенной в дереве позиции (см. на рис. 3.2.4 примеры ‘Анкеты заказчика’, ‘Анкеты договора’ и ‘Анкеты заказа’; в первой показана только одна из

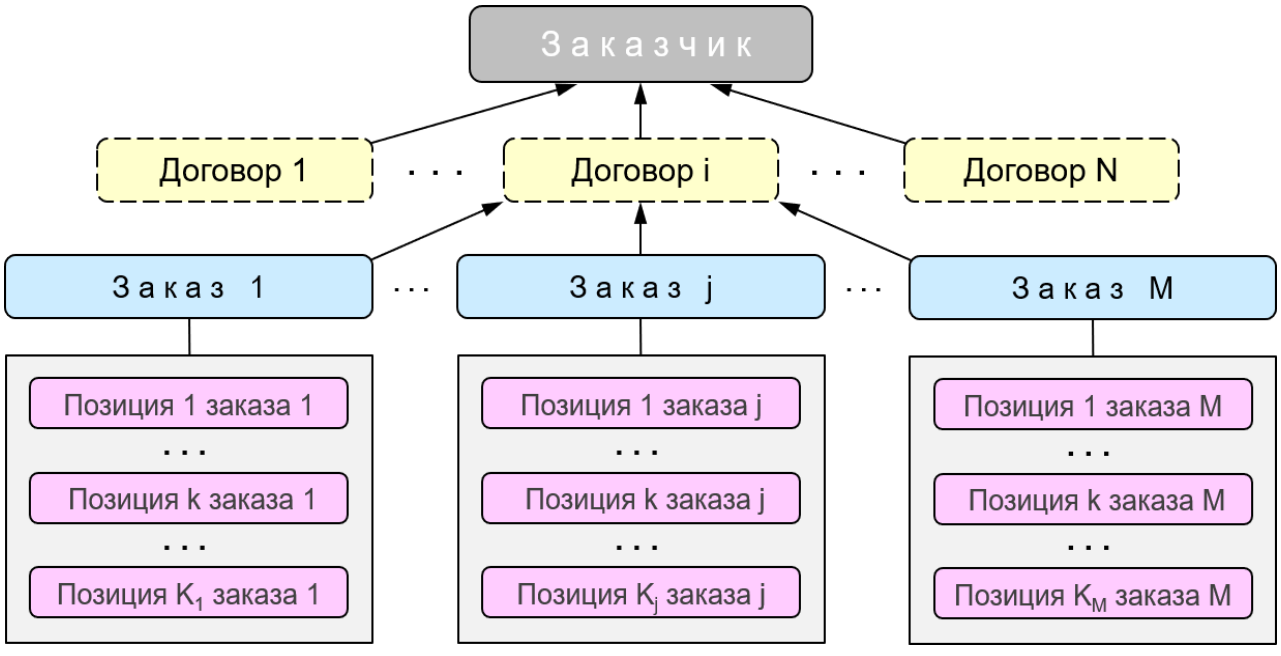


Рис. 3.2.1. Информационные объекты управления внешними заказами.

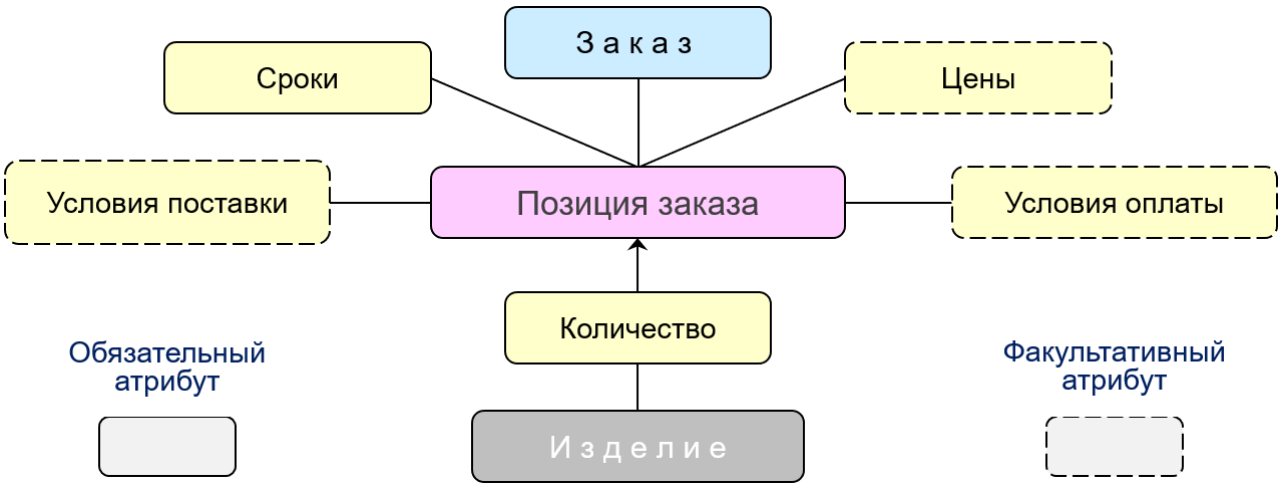


Рис. 3.2.2. Атрибуты позиции внешнего заказа.

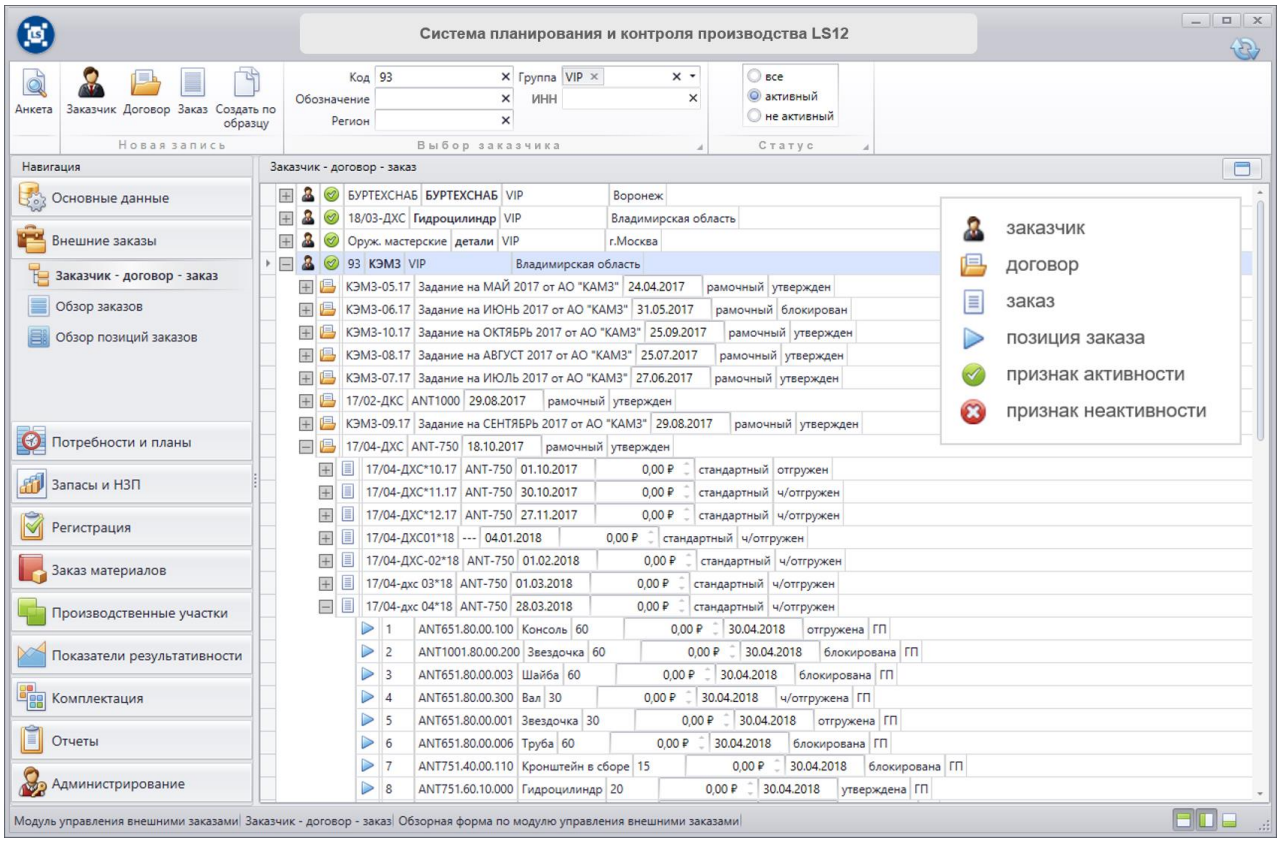


Рис. 3.2.3. Пример экранной формы дерева структуры заказов.

двух закладок, – ‘Договоры’). Корректировка текущих данных в шапке анкеты выполняется с помощью стандартных кнопок [*Изменить*] – [*Сохранить*] ленты управления окна, а по выделенным позициям на закладках – с помощью собственных кнопок [*Изменить*] – [*Добавить*] – [*Копировать ...*] – [*Удалить ...*]; при этом для редактирования могут использоваться дополнительные окна. Новые объекты формируются по кнопкам [*Заказчик*], [*Договор*], [*Заказ*] из ленты управления главной экранной формы опции путём заполнения пустых анкет, а кнопка [*Создать по образцу*] позволяет перенести в такую анкету реквизиты любого из созданных ранее аналогичных информационных объектов.

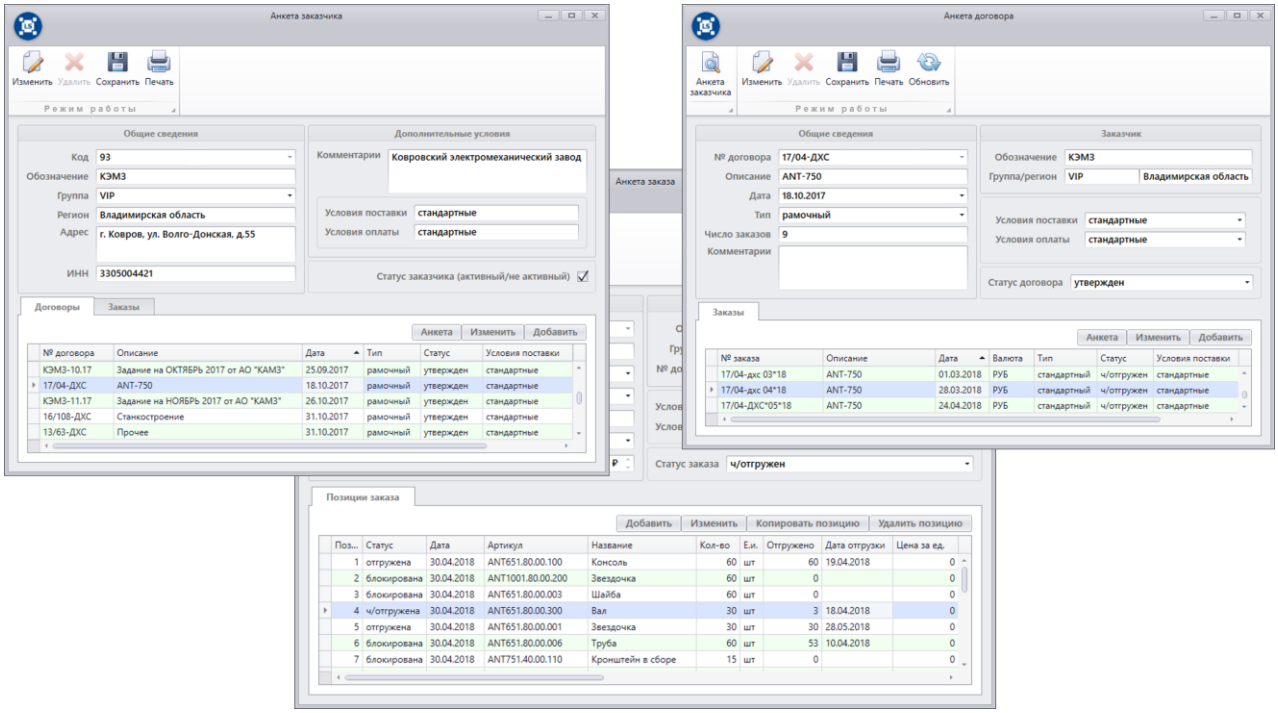


Рис. 3.2.4. Примеры экранных форм с анкетами объектов управления заказами.

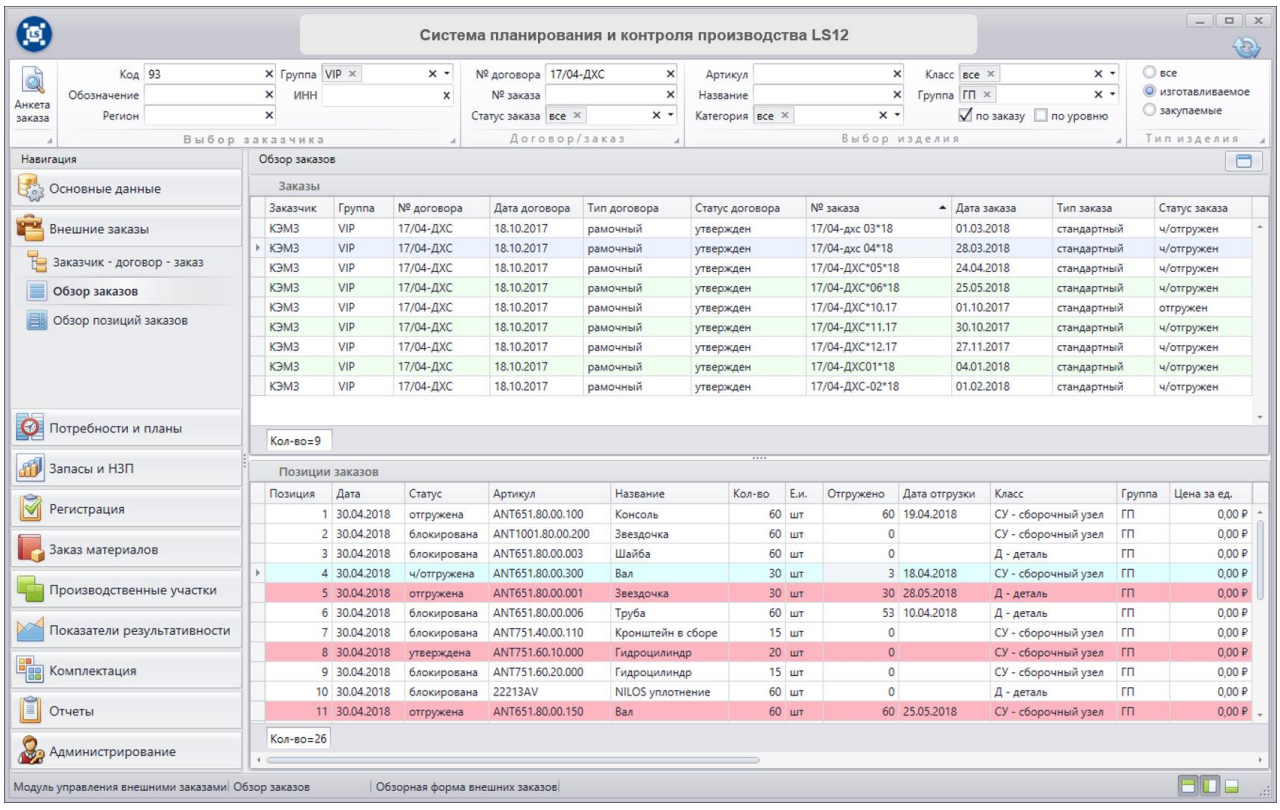


Рис. 3.2.5. Пример экранной формы обзора внешних заказов.

Опции “Обзор заказов” и “Обзор позиций заказов” (см. примеры на рис. 3.2.5 и 3.2.6) позволяют отображать соответствующие объекты в двух разных вариантах представления по любой комбинации из указанных в ленте управления фильтров. В первом случае позиции раскрываются в нижнем гриде формы раздельно по выделен-

ным из верхнего списка заказам, во втором случае – общим списком с применением дополнительных фильтров по срокам и статусу и с возможностью утверждения при помощи специальной кнопки одной или нескольких позиций для дальнейшей обработки, прежде всего, для участия в формировании потребностей и планов. (В показанных здесь и далее скриншотах иллюстрирующих примеров все ценовые характеристики внешних заказов обнулены.)

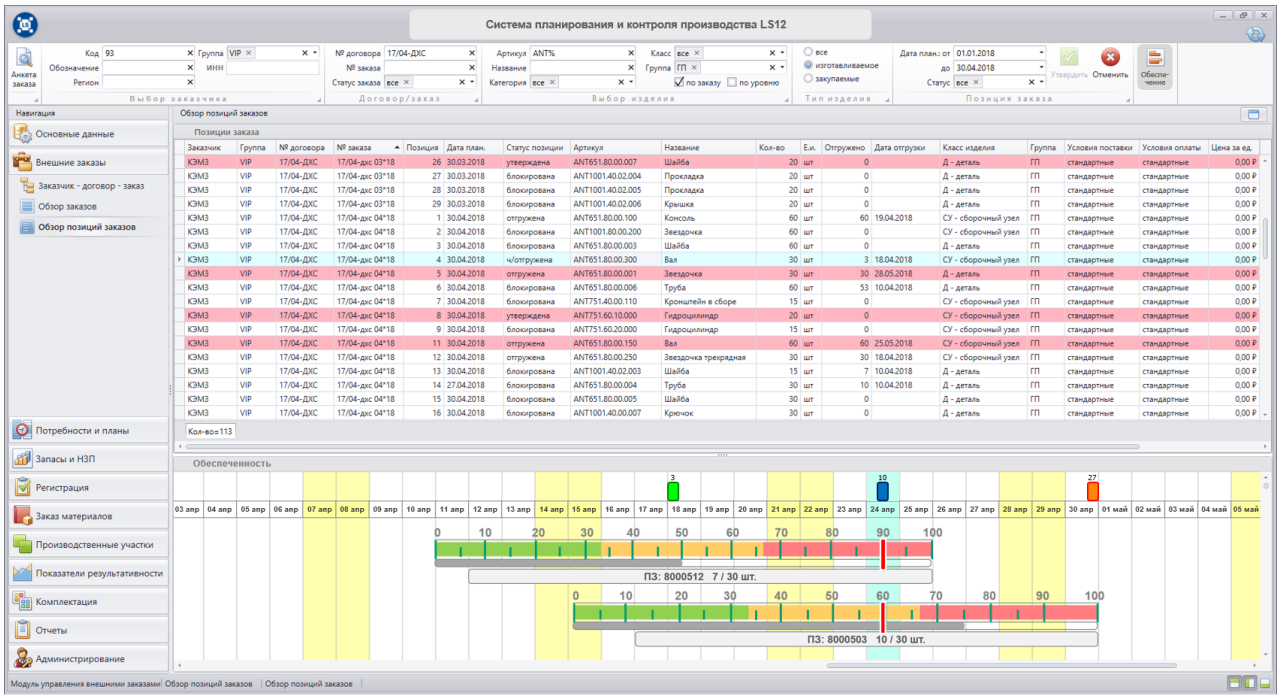


Рис. 3.2.6. Пример экранной формы обзора позиций внешних заказов.

По экранной кнопке [*Обеспечение*] из ленты управления второй из обзорных форм в нижней части рабочей области окна открывается дополнительная графическая панель, позволяющая в наглядном виде представить текущее состояние обеспеченности по любой из выделенных позиции. Так, в приведенном на рис. 3.2.6 примере по позиции ‘4’ заказа ‘17/04-дхс 04*18’ требуется отгрузить 30 шт. некоторых изделий к 30.04.2018, причём 3 шт. из них 18.04.2018 уже были отправлены заказчику. Из диаграммы видно, что остаток в количестве 27 шт. можно обеспечить за счёт имеющегося на текущую дату (*24.04.2018*) свободного запаса на складе готовой продукции (10 шт.) и двух находящихся в производстве заданий с плановым количеством по 30 шт. каждое, причём из первого (с плановым сроком завершения 25.04.2018) можно будет взять только 7 шт., а из второго (с плановым сроком завершения 30.04.2018) оставшиеся 10 шт. При этом фактический приоритет второго задания на текущую дату составляет 60% при готовности 75%, поэтому разумно ожидать, что это задание скорее всего будет своевременно завершено. Фактический приоритет первого задания – 90%, готовность – 50%, так что в данном случае имеется реальная угроза срыва сроков отгрузки по позиции заказа.

Вопросы определения приоритетов и готовности призводственных заданий, синхронизации и контроля обеспеченности потребностей более подробно рассматриваются в следующем разделе.

3.3. Потребности и планы

Модуль управления потребностями и планами (RP, Requirements & Plans) системы LS12 предназначен для формирования, корректировки и анализа сбалансированности производственных планов всех уровней за счёт использования оригинальных инструментов:

- синхронизации потребностей по количеству и срокам;
- контроля обеспеченности потребностей имеющимися ресурсами;
- динамической настройки приоритетов выполняемых заданий.

Если изготовление некоторой ДСЕ, сборочного узла или конечной продукции управляется «по уровню», то по этому изделию изначально предполагается его постоянное наличие. В таком случае источник первичных потребностей является внутренним, вопрос синхронизации потребностей не возникает вообще, а обеспеченность означает, что сумма имеющихся запасов и НЗП (в виде находящихся в производстве заданий) по данной позиции не должна опускаться ниже соответствующего «целевого уровня». Указанное условие поддерживается реализованными в LS12 механизмами MTA / DBM, где приоритет каждого из последовательно сформированных в системе заданий P_m, m = 1, ... , M (см. краткое описание метода в разделе 2, в частности, схему на рис. 2.6), однозначно определяется по формуле:

$$< \text{Приоритет } P_m > = \left(1 - \frac{< \text{Текущий уровень запасов} > + < \text{Сумма по } P_1, \ldots, P_{m-1} >}{\text{Целевой уровень}}\right) \times 100\%,$$

либо равен нулю при отрицательном расчётном значении. Например, если величина текущего запаса по изделию составляет 400 штук и в производстве находятся три задания со стандартным размером партии запуска по 200 штук каждое, то при установленном целевом уровне в 1000 штук приоритет самого первого задания будет равен 60%, второго – 40%, а третьего – 20%. В подобной ситуации обычно заранее не известно, когда, в каком количестве и под какое конкретное задание или заказ будут востребованы такие изделия, поэтому приоритеты их изготовления определяются не сроками, а общей динамикой потребления. Соответственно, составление предварительных планов запуска и выпуска для них не имеет смысла. При этом, если головное изделие управляется «по уровню», то и все входящие в него применяемые материалы должны иметь такой же вид управления, то есть фактически производиться независимо друг от друга.

Ситуация кардинальным образом меняется при управлении «по заказу», когда имеет место строгая иерархия потребностей в соответствии с деревом входимости, которое определяется составом конечного изделия. При этом одновременно находящиеся в производстве (возможно, на разных стадиях обработки) задания на одну и ту же ДСЕ или сборочный узел могут выполняться по разным заказам, в разных количествах и к разным срокам. В таком случае вопросы синхронизации и обеспеченности потребностей ресурсами, – учитывая высокую вариабельность производства и его внешнего окружения, – приобретают особое значение, а стандартные способы балансировки потребностей типа процедур ‘MRP Regeneration / Net change’ оказываются практически бесполезными, поскольку не обеспечивают необходимый уровень оперативного контроля.

В соответствии с принятой моделью в системе LS12 рассматривается пять уровней управления производством (рис. 3.3.1):

- продажи – SOP (Sales & Operations Plan);
- производство (выпуск готовой продукции) – MPS (Master Production Schedule);
- комплектация – ARS (Assembly Release Schedule);
- выпуск ДСЕ – PRS (Parts Release Schedule);
- сырьё и материалы – MRP (Material Requirements Plan), –

основными информационными объектами для каждого из которых являются *потребности, позиции потребностей* и *обеспеченность* (рис. 3.3.2).

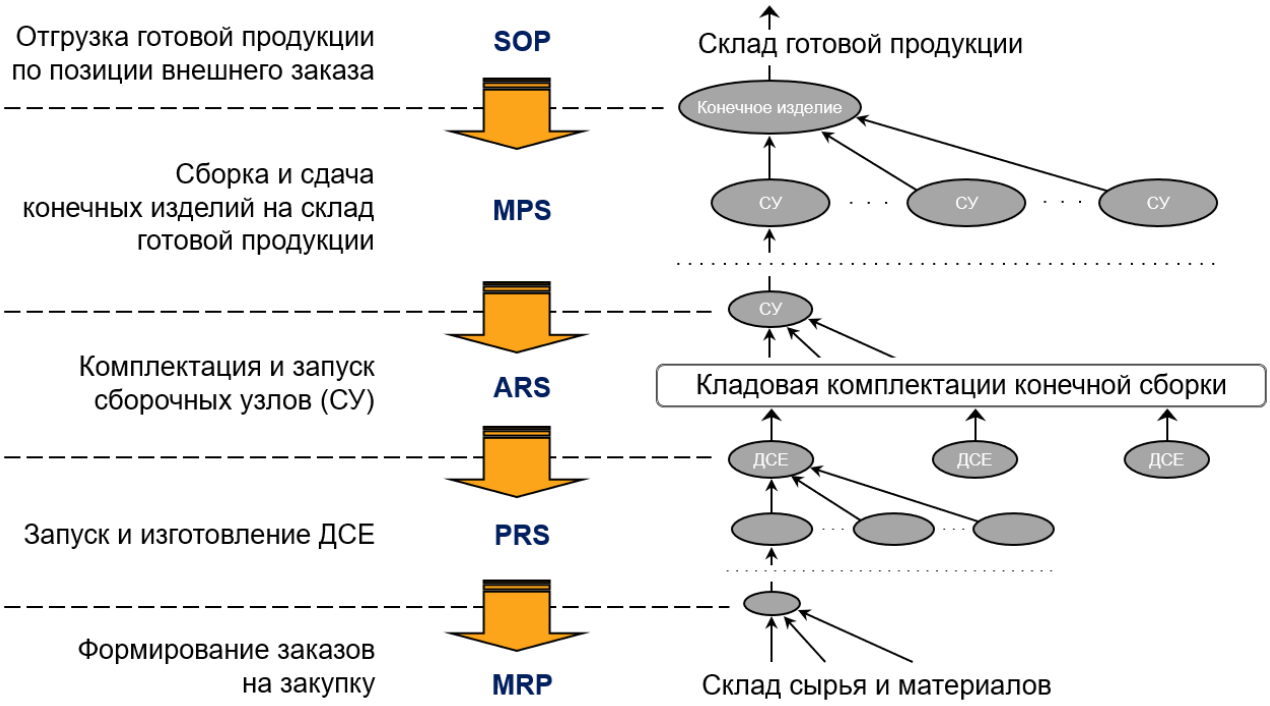


Рис. 3.3.1. Иерархия производственных потребностей и планов.

Потребность описывается тремя главными атрибутами: изделие (сборочный узел, ДСЕ, деталь / материал), количество и срок реализации, – например, {<БК7.755.023, перемычка>, <10 шт.>, <15.09.2016>}. Каждая потребность должна иметь хотя бы одну *позицию потребности* с такими же атрибутами, например, для указанной выше потребности это могут быть:

{<БК7.755.023, перемычка>, <2 шт.>, <05.09.2016>};
{<БК7.755.023, перемычка>, <5 шт.>, <10.09.2016>};
{<БК7.755.023, перемычка>, <3 шт.>, <15.09.2016>}.

Разбиение потребностей на позиции выполняется произвольным образом, например, по результатам выравнивания выпуска, но при соблюдении указанных ниже условий баланса по срокам и количеству. Потребности и их позиции формируются в системе LS12 «сверху – вниз» по всей иерархии производства; каждая позиция потребности определяет потребность на следующем более низком уровне. При этом позиции потребностей самого верхнего уровня (SOP) сооответствуют позициям вне-

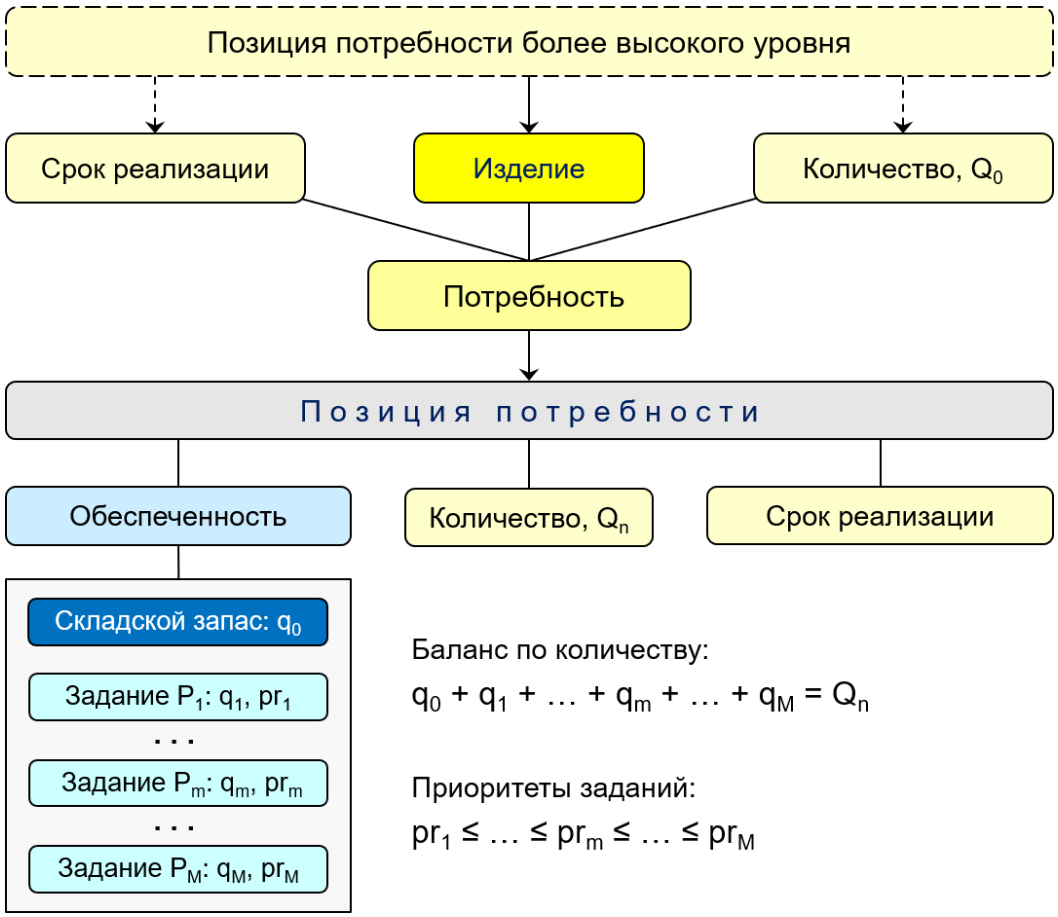


Рис. 3.3.2. Информационные объекты управления потребностями.

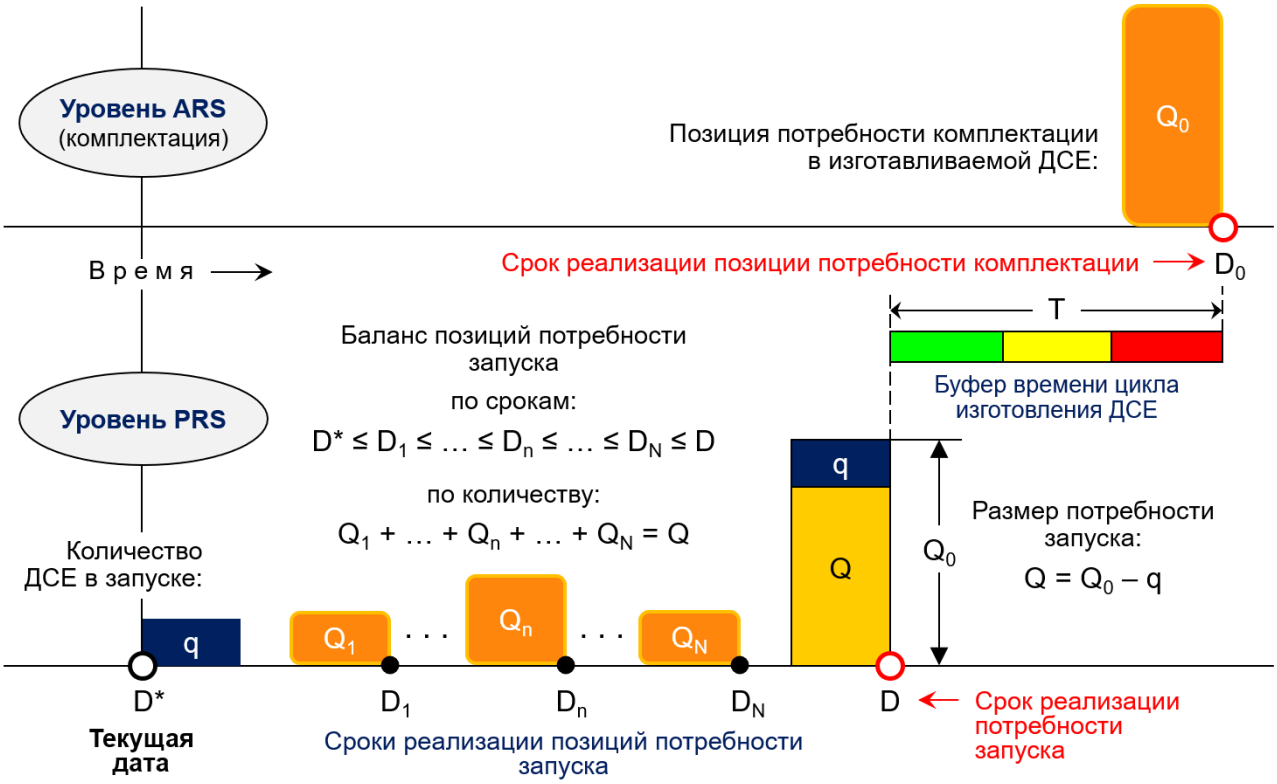


Рис. 3.3.3. Схема синхронизации уровней комплектации и запуска ДСЕ.

шних заказов, а потребности самого нижнего уровня (MRP) обеспечиваются позициями заказов на закупку сырья и материалов.

На рис. 3.3.3 идея синхронизации проиллюстрирована на модельном примере взаимодействия уровней ARS и PRS. Предположим, что для комплектации и запуска некоторых сборочных узлов (на уровне ARS) в день D_0 в кладовой не хватает Q_0 штук определённых ДСЕ, причём все потребности в этих ДСЕ с более ранними сроками реализации уже обеспечены ресурсами. И пусть в производстве на разных этапах обработки находятся несколько заданий на изготовление данных ДСЕ в таком количестве, что после удовлетворения всех остальных потребностей их остаётся ещё q штук. Тогда, если $q \geq Q_0$, то считается, что позиция полностью обеспечена за счёт имеющегося незавершённого производства. В противном случае на уровне PRS создаётся новая потребность на нужные ДСЕ с количеством $Q = Q_0 - q$ и сроком реализации D (крайним сроком запуска соответствующих заданий), который определяется следующим образом: если $D_0 - T \geq D^*$, то $D = D_0 - T$, иначе $D = D^*$, где D^* – текущая дата, T – размер буфера времени цикла изготовления данной ДСЕ (см. краткое описание метода S-DBR / DBM в разделе 2, в частности, схему на рис. 2.5). Сформированная потребность в количестве Q штук недостающих для комплектации ДСЕ может далее сохраняться в виде одной позиции, либо, как показано на диаграмме, может быть разбита на несколько позиций с разными сроками реализации (но каждый – не позднее D) и в количествах, в сумме составляющих ровно Q. При этом по каждой вновь созданной позиции на уровне PRS формируются соответствующие задания на изготовление нужных ДСЕ, которые частично или полностью обеспечивают исходную позицию потребности комплектации.

В общем случае *обеспеченность позиции потребности* на любом уровне характеризуется списком ресурсов двух типов: складскими запасами и/или одним или несколькими производственными заданиями (см. рис. 3.3.2). Так, в приведенном выше модельном примере предполагается, что часть рассматриваемых ДСЕ для комплектации и запуска необходимых сборочных узлов может быть зарезервирована из запасов кладовой, а дефицит в размере Q_0 будет покрыт за счёт незавершённого производства, включая q штук из созданных ранее и остаток Q – из вновь сформированных заданий, по каждому из которых теперь известно не только обеспечивающее количество и плановые сроки запуска-выпуска, но и приоритет, который однозначно определяется следующими соотношениями:

$$\text{< Приоритет задания >} = \begin{cases} 0\ \%, \text{ если } t_0 < D - T; \\ (1 - \min(D - D^*, D - t_0)/T) \times 100\ \%, \text{ если } D - T \leq t_0 \leq D; \\ 100\ \%, \text{ если } t_0 > D; \end{cases}$$

где t_0 – плановый срок запуска задания, D – срок реализации самой ранней позиции потребности, обеспечиваемой данным заданием, T – буфер времени цикла изготовления ДСЕ, D^* – текущая дата.

Пример, поясняющую идею приоритетов заданий относительно обеспечиваемых ими позиций потребностей, приведен на рис. 3.3.4. На диаграмме A показано задание P на изготовление ДСЕ в количестве 10 штук; задание запущено в производство 15.08, буфер времени – 24 дня, так что плановый срок его завершения – 08.09. В результате применения процедуры синхронизации оказалось, что в настоящий момент (на 28.08) это задание обеспечивает три позиции потребностей комплектации, соответственно, на 2 шт. к 05.09, 5 шт. к 10.09 и 3 шт. к 15.09. Поэтому несмотря на то, что буфер времени израсходован чуть больше чем наполовину (13 / 24 ≈ 54%),

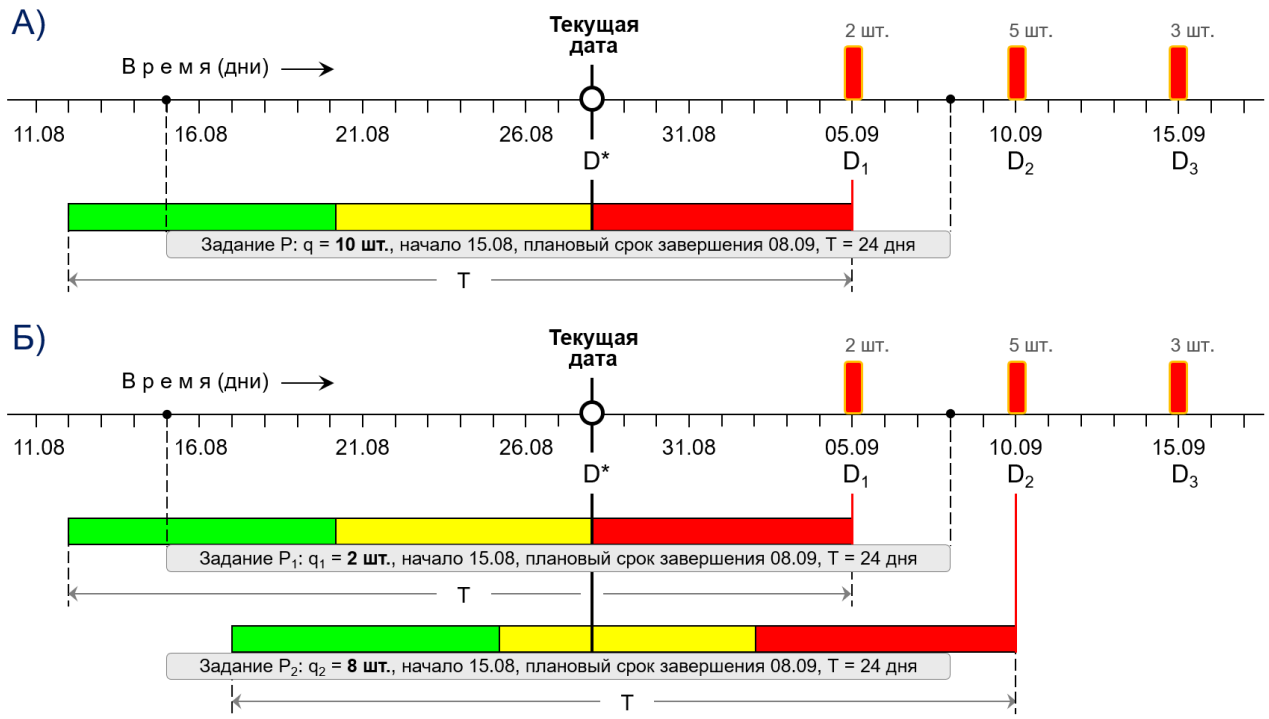


Рис. 3.3.4. Модельный пример изменения приоритетов обеспечивающих заданий.

приоритет относительно самой ранней потребности теперь составляет 67%, то есть задание начинает пробивать «красную зону». Не исключено, что ещё совсем недавно ситуация была иной, но по каким-то причинам баланс потребностей изменился и, соответственно, изменилась обеспеченность. Своевременно получая информацию «раннего предупреждения» в наглядной форме (см. на рис. 2.8 пример диаграммы «приоритет – готовность»), производственники имеют возможность оперативно отреагировать на подобное развитие событий. Например, заранее узнав об изменении потребностей (в данном случае за 8 дней) могут попытаться ускорить прохождение задания с тем, чтобы завершить его на 3 дня раньше планового срока (за 21 день вместо 24-х). Либо согласовать с плановиками перенос самой ранней потребности на более поздний срок. Либо, как показано на диаграмме Б, принять решение о делении исходного задания P на две части: P_1 на 2 штуки и P_2 на оставшиеся 8 штук, – исходя из представления о том, что к 05.09 реально успеть выпустить хотя бы 2 изделия. При этом приоритет задания P_1 не меняется, а задание P_2 уходит в «жёлтую зону» с меньшим приоритетом (11 / 24 ≈ 46%), который даже ниже доли использованного буфера времени.

Процедура синхронизации потребностей в системе LS12, включая пересчёт баланса, обеспеченности и приоритетов производственных заданий, может запускаться по времени либо в «ручном» режиме. Следует отметить, что если при планировании запуска-выпуска ДСЕ (на уровне PRS) либо сборочных узлов (на уровне ARS) в списке применяемых материалов на определённых этапах обработки имеются изделия, которые, в свою очередь, тоже изготавливаются «по заказу», то возможны различные способы моделирования входимости:

- В традиционном варианте «узловой сборки» для каждого из исходных изделий задаётся свой буфер времени, а все сроки промежуточных комплектаций и запуска отдельных входящих определяются в процессе последовательного обратного планирования от срока изготовления головного изделия на основе конструкторского состава.

- В упрощённом варианте «единой даты комплектации» все промежуточные подсборки разузловываются до некоторого более низкого уровня, иными словами считается, что соответствующие потребности (независимо от уровней, на которых фактически используются входящие) должны быть удовлетворены к сроку запуска головного изделия. Такой подход целесообразно применять в тех случаях, когда циклы изготовления входящих изделий значительно короче по сравнению с головным, однако здесь необходимо предварительно создавать специальные «производственные составы».
- В варианте «конвейерной сборки» предполагается, что головное изделие изготавливается в процессе выполнения единого производственного задания из материалов некоторой «корневой» подсборки самого низкого уровня, а все промежуточные подсборки на пути от корневой до головного изделия рассматриваются в качестве этапов обработки соответствующего задания (см. рис. 3.3.5). В этом случае при планировании применяется подход, похожий на метод проектного управления теории ограничений, когда с целью страховки от неопределённости вводится общий буфер в размере одной трети от принятого времени цикла головного изделия, а сроки реализации потребностей для входящих рассчитываются итерационно по каждому этапу обработки исходя из дерева входимости и заданных параметров «готовности» ОПО в стандартной маршрутной карте. Такой вариант может оказаться весьма эффективным при сложных многоуровневых сборках с длительными циклами, но требует существенного переформатирования исходных данных по составам и маршрутам изготовления отдельных изделий.

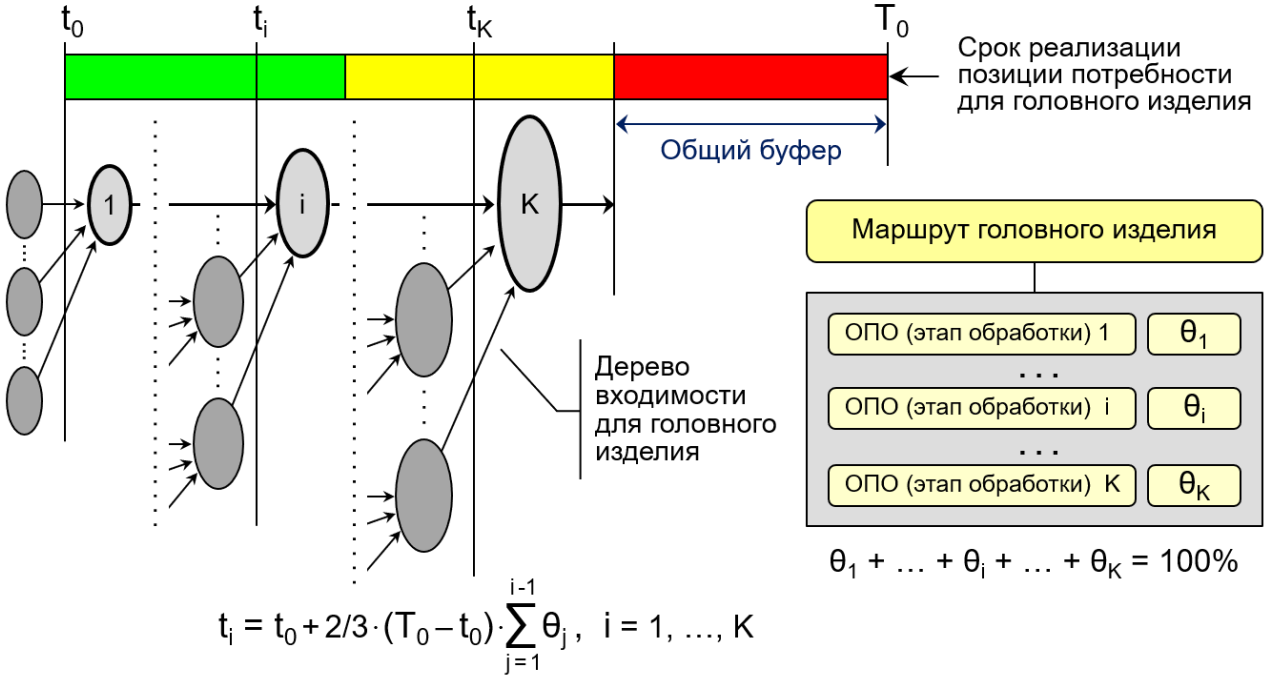


Рис. 3.3.5. Схема планирования потребностей при «конвейерной сборке».

Исходные данные по синхронизации формируются путём автоматического выполнения описанных выше процедур. В частности, в результате расчёта баланса обеспеченности по всем уровням производства осуществляются следующие логистические операции:

- «виртуальное» резервирование ресурсов под позиции потребностей;
- создание новых производственных заданий (при дефиците обеспеченности);

- корректировка количества и сроков выполнения для созданных, но ещё не начатых заданий, включая их полное удаление при отсутствии обеспечиваемых потребностей;
- формирование сведений о профиците обеспеченности, – в случае, когда начатые задания целиком либо частично не обеспечивают никаких потребностей (для принятия управленческих решений о продолжении производства либо его частичной или полной приостановке).

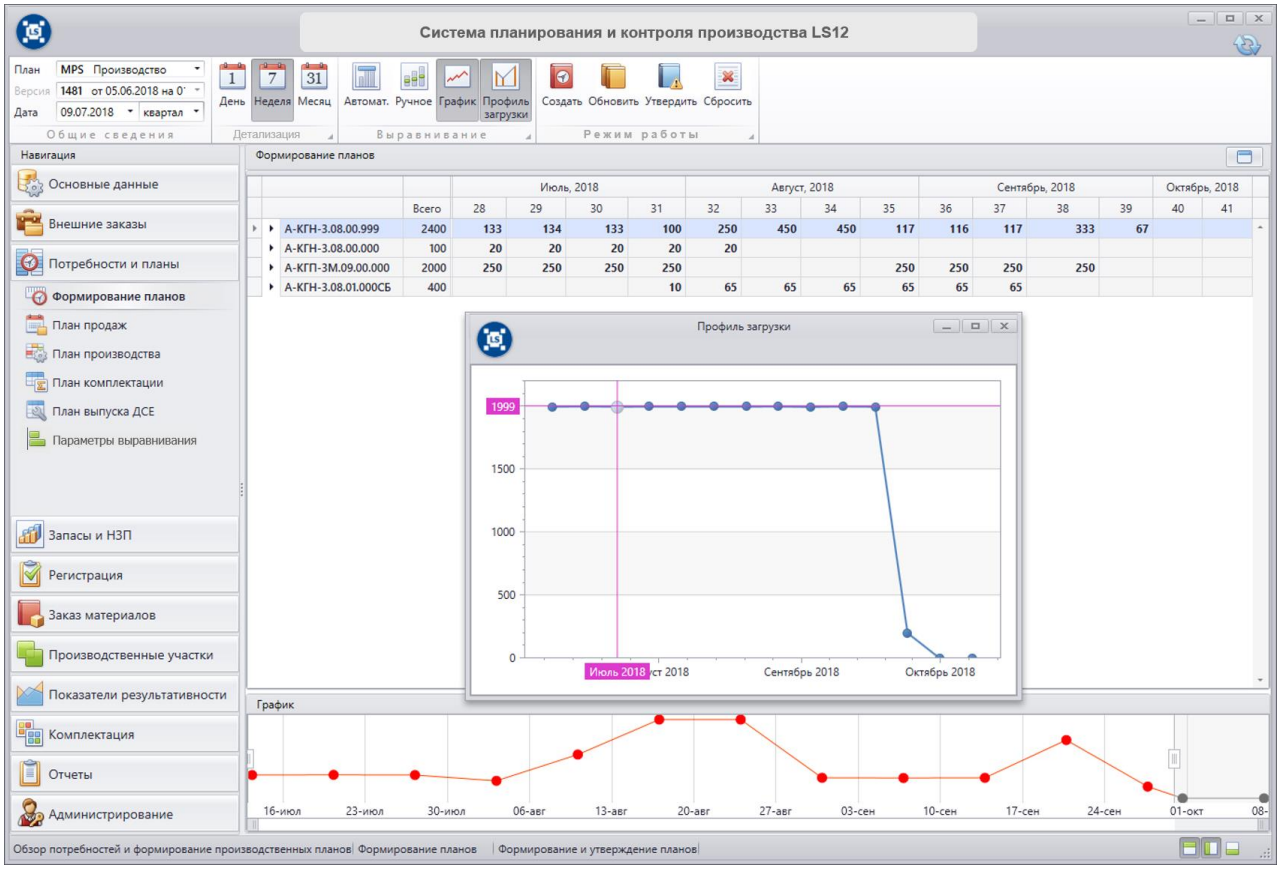
Конечные пользователи системы LS12 имеют возможность доступа к данным синхронизации потребностей как в самом модуле RP, так и в других функциональных модулях. Главные средства визуализации состояния производства цехового уровня, такие как диаграмма «приоритет – готовность», диаграмма обеспеченности и некоторые другие, включены в состав модулей управления запасами и НЗП, управления производственными участками и показателей результативности. Собственные инструменты модуля RP предназначены для анализа «дерева потребностей», а также формирования и корректировки на его основе полного набора согласованных планов всех уровней.

В рамках базовой опции “Формирование планов” модуля RP реализуется моделирование иерархии производственных потребностей (см. рис. 3.3.1) от утверждённых позиций внешних заказов, образующих исходный план продаж, – путём последовательного вытягивания и синхронизации по количеству и срокам с учётом текущей фактической обеспеченности. При этом проект плана производства (MPS) может составляться на основе применения специальных процедур предварительного автоматического «выравнивания» выпуска (кнопка [Автомат.] в ленте управления главной экранной формы опции) с возможностью последующей «ручной» модификации полученных результатов.

На рис. 3.3.6 приведен пример работы системы LS12 в ситуации, аналогичной показанной в таблице A рис. 2.3 (семь позиций исходного плана продаж на четыре изделия с теми же параметрами трудоёмкости сборки, но выравнивание выполняется не по месяцам внутри года, а за 12 недель III-го квартала 2018 года). Верхний скриншот представляет вариант расчёта при одинаковой мощности сборочного производства по периодам в размере 2000 н/ч. Результаты полностью идентичны данным таблицы B рис. 2.3, а общий профиль загрузки – соответствующему графику на рис. 2.4. Кроме того, по кнопке [График] в нижней части рабочей области экранной формы открывается дополнительная панель с отображением расчётной загрузки сборки отдельно по выбранной из списка позиции конечного изделия.

Дальнейшее моделирование ситуации может включать в себя корректировку полученного в автоматическом режиме варианта главного плана производства. С этой целью в системе LS12 предусмотрены инструменты редактирования позиций предварительно сформированных потребностей. По кнопке [Ручное] из ленты управления экранной формы активизируется дополнительная рабочая панель с набором «счётчиков» по числу интервалов выравнивания. Изменение значения в любом из интервалов тут же отображается на графике загрузки с автоматическим контролем корректности как по количеству, так и по критерию соблюдения сроков выпуска отдельных позиций плана продаж.

Пример использования инструментов «ручной» корректировки показан на нижнем скриншоте рис. 3.3.6. В данном случае сначала в режиме автоматического выравни-



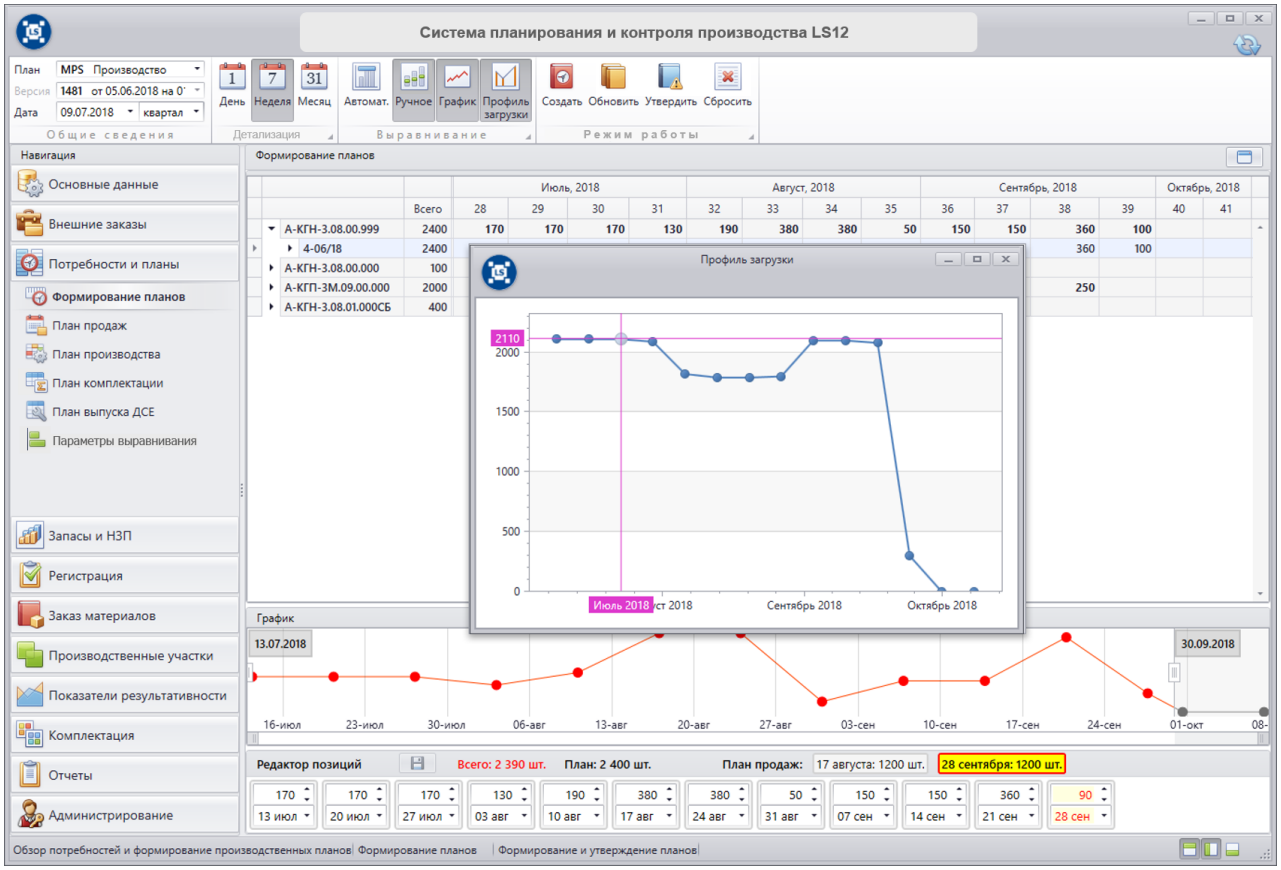


Рис. 3.3.6. Примеры формирования главного плана производства на основе разных вариантов выравнивания выпуска.

вания рассчитан предварительный вариант главного плана производства, а затем его первая позиция отредактирована вручную. В отличие от предыдущей ситуации при той же средней мощности сборочного производства по всему кварталу в размере 2000 н/ч за интервал здесь недельная выработка в июле и сентябре принята на уровне выше среднего (2100 н/ч), а в августе – ниже среднего (1800 н/ч). Результаты начального «выравнивания» для первого изделия (167, 166, 167, 133, 184, 383, 383, 50, 150, 150, 367, 100) впоследствии скорректированы в ручном режиме таким образом, чтобы обеспечить кратность размеров партий выпуска 10 шт.. Заметим, что похожие итоговые значения можно получить и в автоматическом режиме, если предварительно задать необходимый стандартный размер партии в анкете соответствующего изделия. При этом для дополнительной настройки разработанных алгоритмов оптимизационного пакета в модуле RP имеется специальная базовая опция “Параметры выравнивания”.

Формирование в системе LS12 проекта нового плана, – с использованием инструментов автоматического и/или ручного выравнивания выпуска, – может выполняться на любой указанный период времени, причём одновременно с текущей работой по актуальной производственной программе. По кнопке [Сбросить] из ленты управления главной экранной формы опции происходит «обнуление» проекта, по кнопке [Создать] – возврат к исходной ситуации в виде набора первичных потребностей, образуемых позициями внешних заказов. Кнопка [Утвердить] предназначена для перевода проекта плана в актуальное состояние, [Обновить] – для корректировки утверждённого ранее плана с учётом изменившихся исходных потребностей либо основных данных по составам и/или маршрутам изготовления изделий. В любом из режимов обработки на основе нового MPS осуществляется автоматическая синхронизация соответствующих потребностей уровней ARS, PRS и MRP, а также полный пересчёт обеспеченности и приоритетов всех находящихся в производстве заданий.

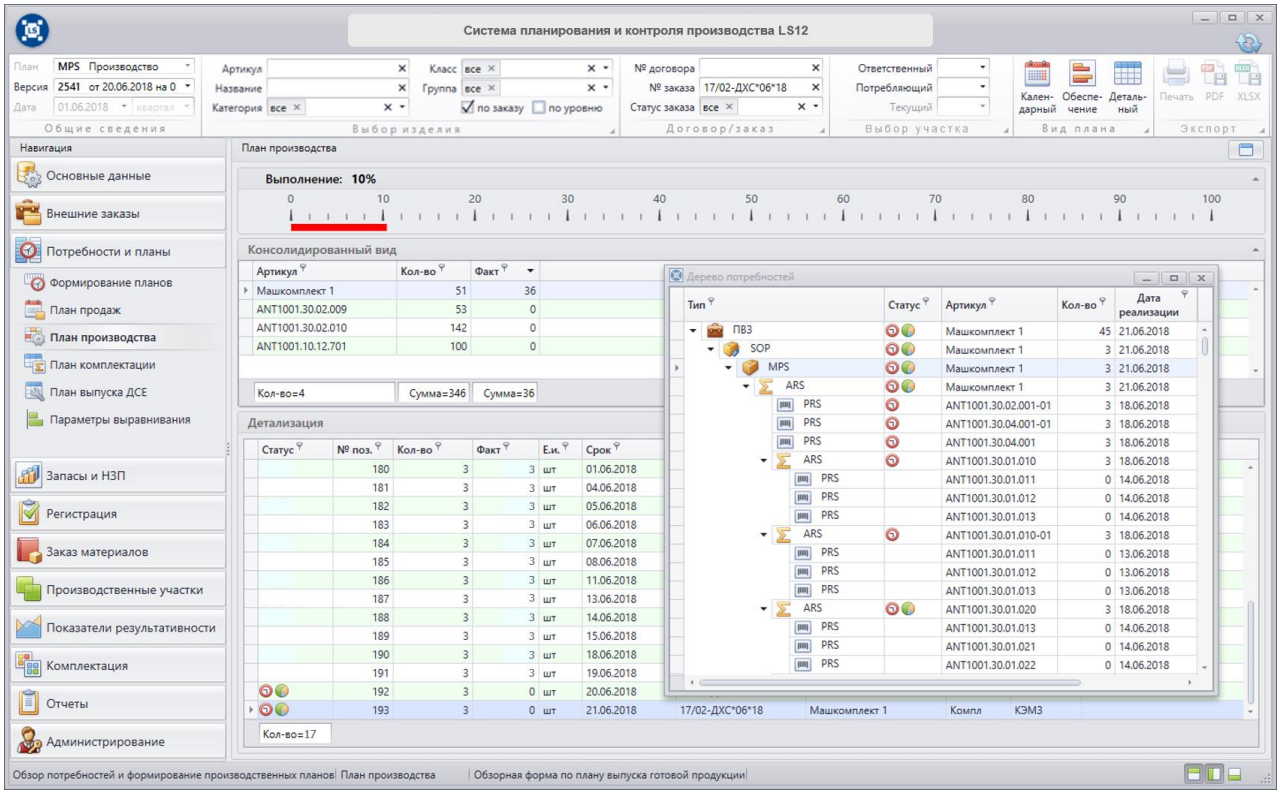


Рис. 3.3.7. Пример экранной формы сводного плана производства.

При этом утверждение либо обновление планов означает замену актуальной версии производственной программы с сохранением старой версии и, соответственно, возможностью её ретроспективного анализа.

Опции “План продаж”, “План производства”, “План комплектации” и “План выпуска ДСЕ” предназначены для отображения и обзора состояния реализации утверждённых планов соответствующих уровней. На рис. 3.3.7 приведен пример представления плана производства версии 2541 от 20.06.2018 на трёхмесячный период с 01.06.2018. В данном случае выбран только договор ‘17/02-ДХС*06*18’, а по первому из конечных изделий (Машкомплект 1) – детализация плановых потребностей. Показаны 14 из 17 позиций, 12 из которых завершены, а по оставшимся есть проблемы. Так, выделенная позиция со сроком сдачи 21.06.2018 имеет дефицитные статусы по времени и по количеству. Более подробные сведения для анализа можно получить из дополнительного информационного окна ‘Дерево потребностей’, которое открывается двойным щелчком мыши по позиции и содержит полную развёртку всех уровней производства с набором контрольных индикаторов. А общая ситуация отражается в виде «градусника» в верхней части рабочей области окна, свидетельствующего о фактическом выполнении плана на 10%.

Пример календарного представления планов в системе LS12 приведен на рис. 3.3.8 для плана выпуска ДСЕ. Здесь при оценке положения дел с выбранной из календаря плановой позицией использован инструмент визуализации в виде диаграммы обеспеченности, которая открывается в нижней части рабочей области окна по кнопке [Обеспечение] из ленты управления главной экранной формы опции. В данном

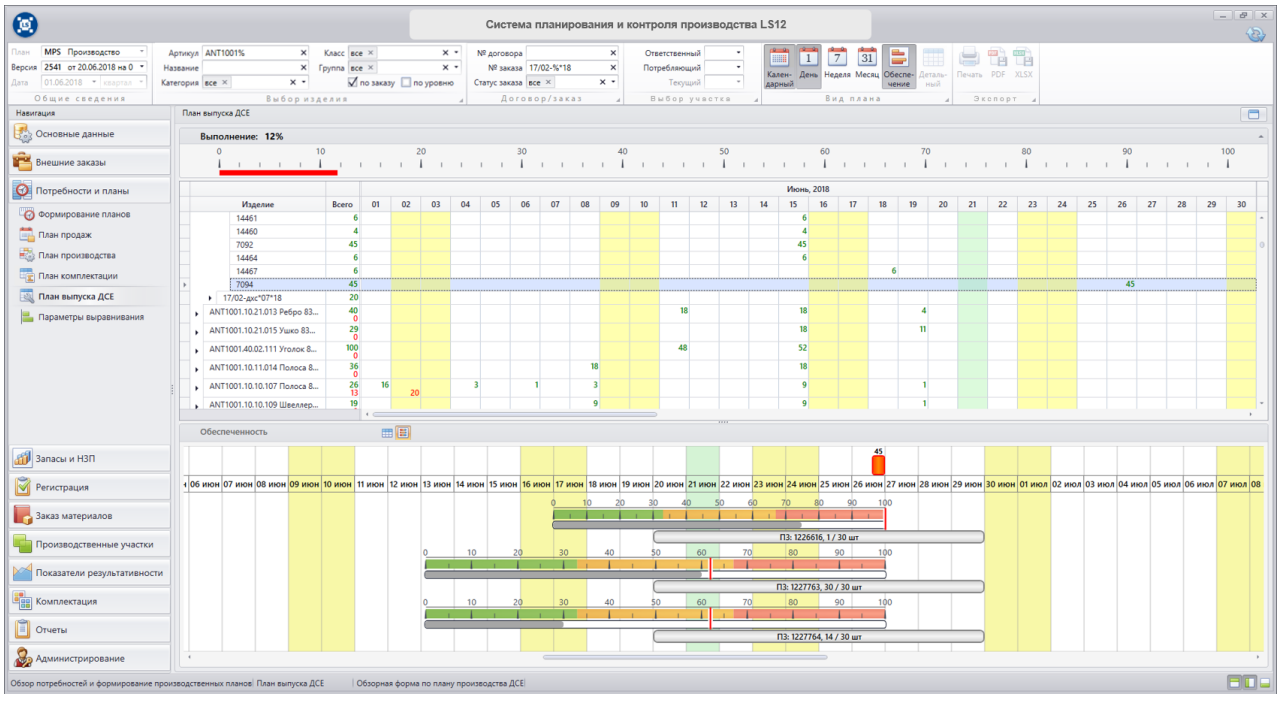


Рис. 3.3.8. Пример экранной формы календарного плана выпуска ДСЕ.

случае видно, что анализируемая потребность в размере 45 штук со сроком реализации 26 июня 2018 г. обеспечивается тремя находящимися в производстве заданиями (1 + 30 + 14) шт. с плановым количеством по 30 шт. каждое и своими текущими приоритетами и готовностью.

3.4. Запасы и НЗП

Модуль управления запасами и НЗП (IW, Inventory & Work-in-process) системы LS12 содержит набор инструментов анализа текущего положения дел на производстве на основе сведений о фактическом состоянии складских *запасов* и производственных *заданий* с учётом данных синхронизации потребностей.

Основными атрибутами единицы *запасов* по любому изделию (материалу, детали, сборочной единице, сборочному узлу) являются:

- место нахождения (склад, ячейка хранения);
- тип (свободно, забронировано, блокировано);
- позиция обеспечиваемой потребности (резерв).

Состояние складских запасов в системе LS12 формируется и изменяется в результате регистрации выполнения логистических операций поступления, списания, перемещения или корректировки (например, при инвентаризации). При этом состав и структура складов задаются в основных данных (см. раздел 3.1 настоящего документа), а сведения о резервировании формируются по итогам синхронизации потребностей. Списание запасов под первую ОПО происходит автоматически при регистрации начала выполнения соответствующего задания, под следующие ОПО – в зависимости от настройки способа учёта входимости. Бронирование запасов возможно как в автоматическом, так и в ручном режиме, главным образом, в процессе комплектации сборочных узлов (см. раздел 3.8 настоящего документа). Блокирование запасов выполняется, как правило, «вручную» (например, при регистрации брака или в случае необходимости проведения дополнительного входного контроля). Все не забронированные и не блокированные запасы считаются свободными.

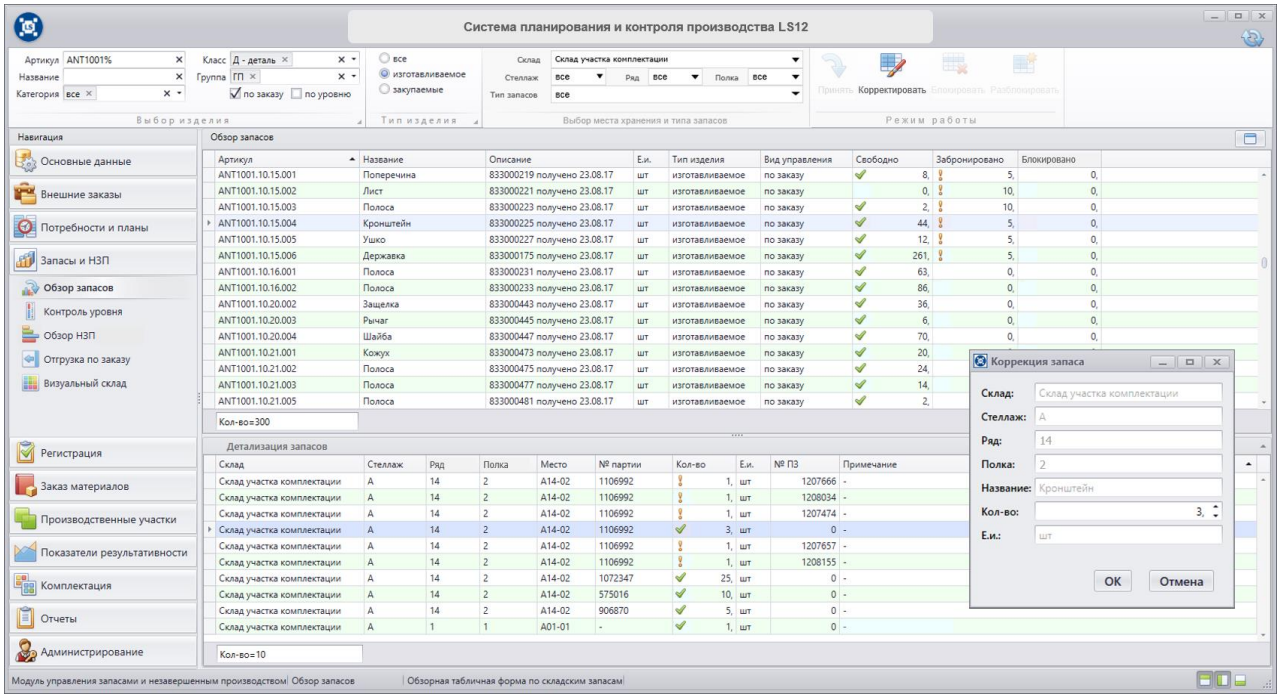


Рис. 3.4.1. Пример экранной формы обзора складских запасов.

Средства модуля IW позволяют анализировать текущее состояние запасов в табличном либо графическом виде, а также выполнять в упрощённом варианте некоторые из корректировочных действий. На рис. 3.4.1 показан пример табличного представления в базовой опции “Обзор запасов”. Здесь верхний грид рабочей области экранной формы содержит консолидированный список запасов по заданной в ленте управления комбинации фильтров, нижний – детализированные сведения по выделенной записи. «Ручное» изменение количества запасов по имеющейся позиции нижнего списка проводится с помощью экранной кнопки [*Корректировать*]; регистрация поступления новой позиции – по кнопке [*Принять*]. В обоих случаях «мгновенной» инвентаризации необходимые данные вводятся через дополнительно вызываемые служебные окна с формированием внутренних накладных.

На рис. 3.4.2 приведен пример реализации базовой опции “Визуальный склад” с графическим отображением состояния запасов по структурированным местам хранения. Фиксация курсора на любой из ячеек диаграммы приводит к раскрытию в дополнительном окне полного списка зарегистрированных по данному адресу позиций. При этом специальным образом подсвечиваются ячейки, имеющие содержимое в соответствии с установленными значениями фильтров из ленты управления главной экранной формы опции.

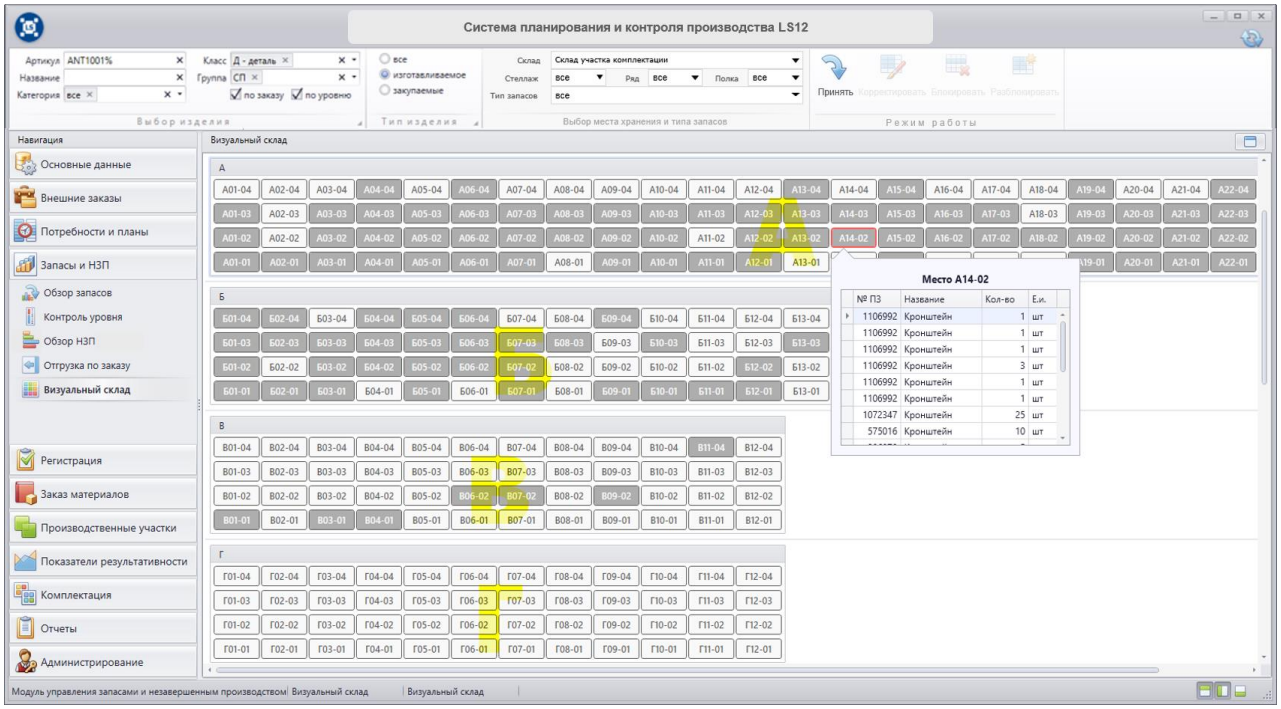


Рис. 3.4.2. Пример графической визуализации запасов структурированного склада.

Базовая опция “Контроль уровня” (см. пример на рис. 3.4.3) предусмотрена для анализа динамики пополнения запасов по изделиям с видом управления «по уровню», – как изготавливаемых, так и закупаемых. В верхнем гриде экранной формы выводится общий список запасов по выбранным изделиям данного вида с установленными для них параметрами управления (целевой уровень, стандартный размер партии и статус с цветовой индикацией). Здесь статус определяется как доля изделий, находящихся в свободном запасе, в процентах от целевого уровня; если эта величина лежит в диапазоне 67-100%, то уровень считается «зелёным», 34-66% – «жёлтым», 0-33% – «красным». Для изготавливаемых изделий, кроме того, в нижнем гриде эк-

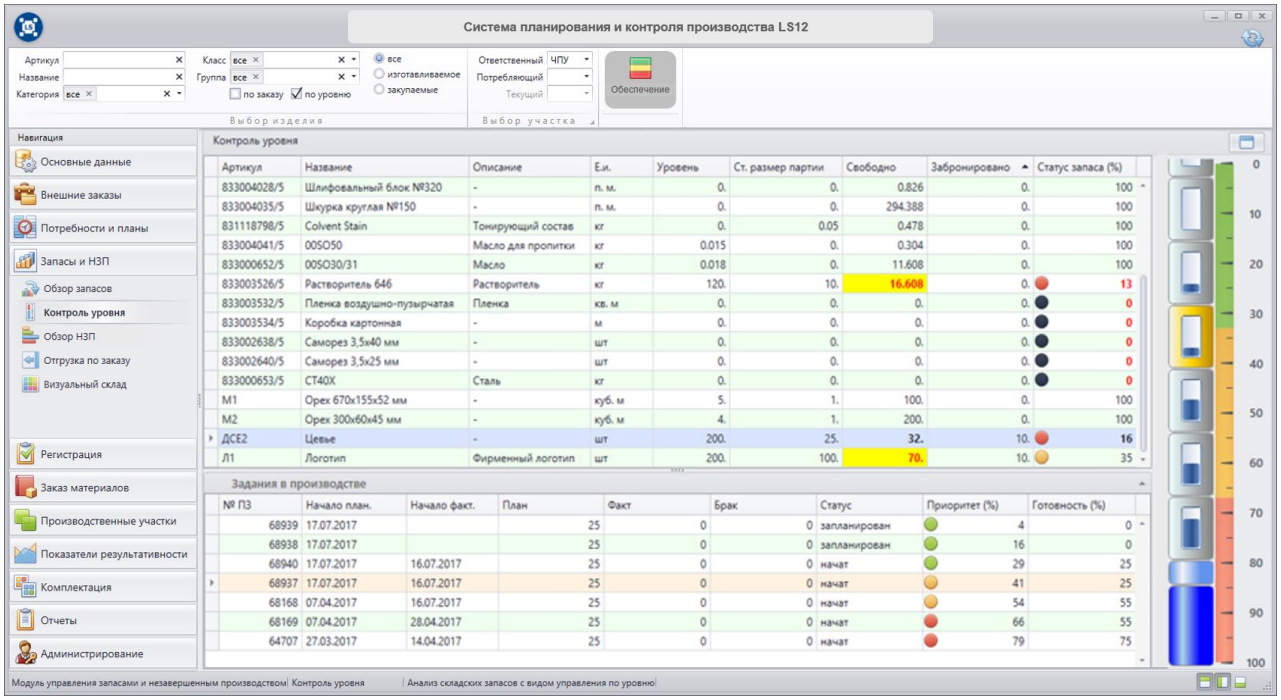


Рис. 3.4.3. Пример экранной формы контроля запасов «по уровню».

ранной формы выводится список обеспечивающих производственных заданий с актуальными характеристиками, определение и описание которых приведено ниже в настоящем разделе документа. С целью дополнительной визуализации текущего состояния дел по кнопке [*Обеспечение*] в правой части рабочей области окна открывается графическая панель с изображением шкалы целевого уровня и набором вертикальных столбиков разного цвета по типу обеспечения: «синий» – свободный запас, «голубой» – забронировано, «серый» с индикатором уровня – задание в производстве. При этом высота столбика определяется долей в процентах от целевого уровня по изделию, а показания индикатора – процентом готовности соответствующего задания.

Основными атрибутами производственного *задания* (ПЗ) на партию ДСЕ либо сборочных узлов являются (кроме артикула изделия, связанных с ним управляющих параметров и маршрутной карты):

- номер задания;
- номер главного ПЗ (в случае, если задание сформировано в качестве выписки из другого задания, считающегося «главным»);
- статус (запланировано, активировано, начато и т.д.);
- количественные характеристики (план, факт, брак и количество в обработке);
- плановые сроки начала и завершения (для изделий с видом управления «по уровню» – только срок начала, совпадающий с датой формирования задания);
- приоритет в процентах;
- готовность в процентах;
- список обеспечиваемых позиций потребностей с указанием количества (резерва) по каждой позиции.

Любое задание в момент формирования в системе LS12 получает уникальный номер и статус ‘запланировано’; дальнейшее изменение статуса происходит автоматически либо «вручную» в зависимости от настройки схемы учёта. Готовность задания определяется при регистрации его движения по этапам обработки из маршрутной карты (и, возможно, более детально при регистрации выполнения отдельных технологических операций, – при активном модуле управления производственными участками). Приоритет и резервы обеспечения формируются динамически в рамках процедуры синхронизации потребностей.

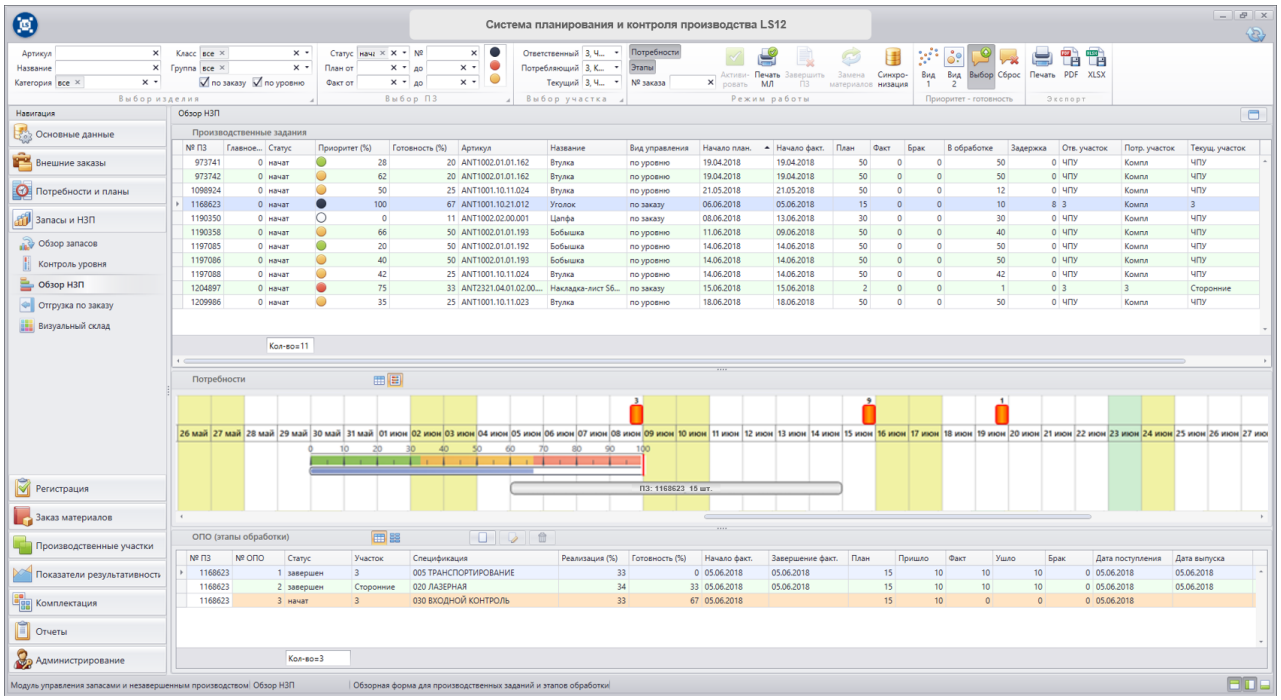


Рис. 3.4.4. Пример экранной формы обзора НЗП с различными элементами анализа и визуализации.

Средства модуля IW позволяют анализировать НЗП (то есть текущее состояние находящихся на разных стадиях выполнения производственных заданий) в табличном либо графическом виде, а также выполнять некоторые из логистических операций с заданиями. На верхнем скриншоте рис. 3.4.4 приведен пример комбинированного представления в базовой опции “Обзор НЗП”; верхний грид рабочей области экранной формы содержит общий список заданий по указанному в ленте управления набору фильтров, нижний (при нажатой кнопке [*Этапы*]) – сведения о прохождении отдельных ОПО для выделенной позиции списка. По кнопке [*Потребности*] в средней части рабочей области окна открывается дополнительная панель с табличным и графическим отображением потребностей, обеспечиваемых выбранным заданием (в последнем случае используется один из вариантов диаграммы обеспеченности). Разрешение на запуск в производство одного или нескольких ПЗ выдаётся путём группового выбора из верхнего списка нужных заданий со статусом ‘запланировано’ и применения экранной кнопки [*Активировать*]. При помощи кнопки [*Печать МЛ*] осуществляется формирование сопроводительных документов (маршрутных листов) по активированным заданиям; специальная кнопка [*Завершить ПЗ*] используется для принудительной отмены выполнения заданий. В ситуации, когда до момента фактического начала некоторого конкретного задания требуется скорректировать исходный состав применяемых материалов (указанный в стандартной маршрутной карте изделия, по которой создавались актуальные планы), то это можно сделать в дополнительном окне, вызываемом по экранной кнопке [*Замена материалов*]. Аналогичным образом при определённых условиях с помощью специальных инструментов редактирования в нижнем гриде формы допускается редактирование маршрутов выполнения заданий (включая состав этапов обработки, спецификации и привязку производственных участков).

Описанный в разделе 2 настоящего документа набор инструментов визуализации состояния производства реализован в системе LS12 с помощью группы экранных кнопок “Приоритет – готовность" ленты управления базовой опции “Обзор НЗП” (см. пример на нижнем скриншоте рис. 3.4.4). Каждая точка на диаграмме соответствует определённому заданию, имеющему в любой момент времени свой приоритет (относительно плановых потребностей) и степень готовности (на основе данных фактической регистрации движения по этапам обработки). Поэтому по взаимному расположению точек в разных цветовых зонах и относительно диагонали можно составить общее представление о текущей ситуации и, следовательно, принимать обоснованные управленческие решения по её корректировке. Для большей наглядности и удобства обзора пунктирными линиями на диаграмме обозначены условные границы области «нормального» положения дел, причём наведение курсора на конкретную точку позволяет тут же уточнить критические параметры выбранного задания и перейти к его детализиции, например, в виде описанной выше диаграммы обеспеченности. При этом использование фильтров с множественным выбором по участкам даёт возможность таким способом анализировать любую часть производства, – будь то отдельный участок, группа участков (например, некоторые или все обрабатывающие или сборочные подразделения) либо всё производство в целом.

Опция “Отгрузка по заказу” предназначена для регистрации списания конечных изделий со склада готовой продукции под позицию внешнего заказа с формированием внутренней накладной. Конкретная позиция заказа, место хранения и количество отгружаемых изделий выбираются стандартным способом с помощью набора фильтров в ленте управления соответствующей экранной формы.

3.5. Регистрация

Модуль регистрации (ТТ, Tracking & Tracing) системы LS12 обеспечивает учёт выполнения логистических операций, в результате которых происходит фактическое изменение состояния производства, обусловленное одной из двух причин:

- движением НЗП (заданий) по производственным переделам;
- движением складских запасов.

Данные регистрации используются в большинстве модулей системы LS12 в качестве основы синхронизации потребностей и актуализации текущего положения дел в производстве, в частности, для расчёта приоритетов и степени готовности заданий, а также контроля уровней запасов и НЗП.

При работе с модулем регистрации от пользователя не требуется анализ ситуации или принятие сложных управленческих решений, – только выполнение элементарных действий технического характера. Предполагается схема из двух шагов, в соответствии с которой на соответствующем АРМе сначала вводится или выбирается из предлагаемого списка уникальный номер некоторого первичного документа (маршрутного листа, ведомости комплектации, накладной на перемещение материалов и т.д.), а затем по факту корректируются значения одного или нескольких учётных реквизитов, либо подтверждаются принятые по умолчанию данные.

Основные логистические операции (сценарии) модуля ТТ по движению НЗП:

- запуск производственного задания (ПЗ);
- поступление на участок (этап обработки) по ПЗ;
- поступление на склад / завершение ПЗ;

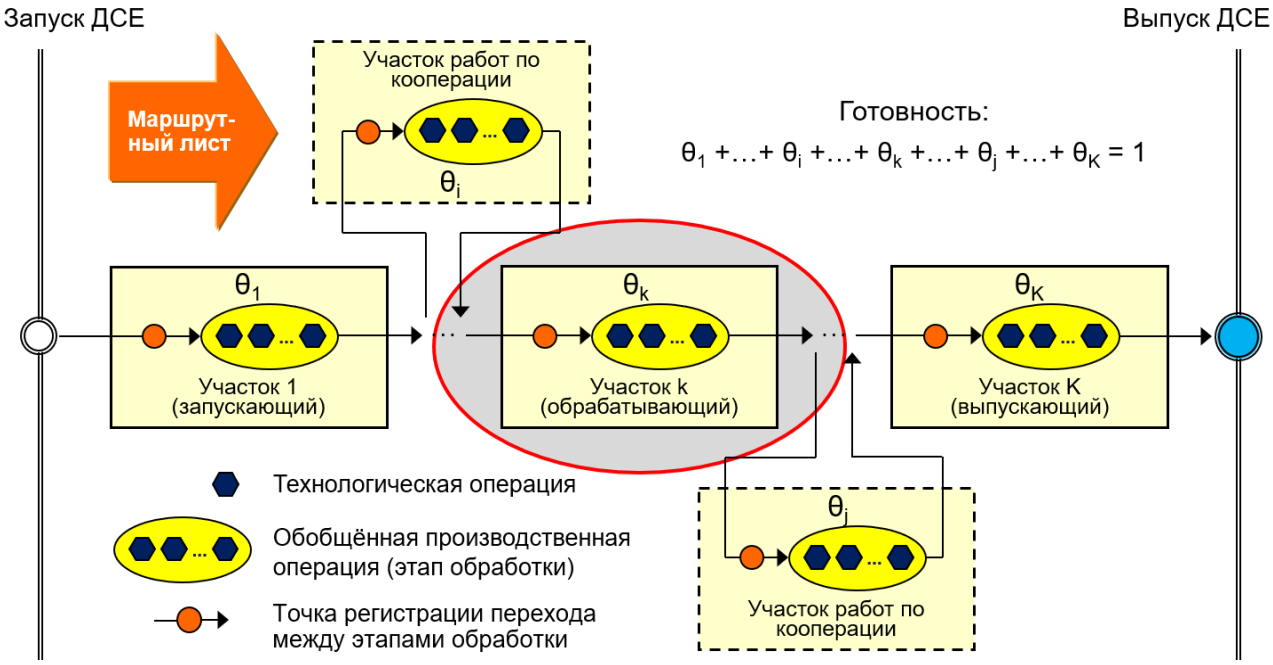


Рис. 3.5.1. Схема учёта движения НЗП по производственным переделам.

- регистрация брака по ПЗ;
- формирование выписки (дробление ПЗ).

В системе LS12 реализована схема мониторинга движения НЗП (см. рис. 3.5.1), основанная на идее укрупнённого учёта состояния материальных потоков в ключевых точках, а именно, запуск и завершение соответствующих ПЗ, а также прохождение промежуточных пунктов по маршруту изготовления, соответствующих переходам между отдельными этапами обработки. При этом в рамках вытягивающей логистической модели достаточной считается регистрация только в точках поступления на очередной передел по принципу: «пока заказчик не подтвердил получение, данная позиция числится за поставщиком (предыдущим по маршруту этапом)».

С целью упрощения работы и исключения ошибок при вводе данных рекомендуется применение технологии штрихового кодирования. На рис. 3.5.2 приведен пример маршрутного листа, с помощью которого могут выполняться регистрационные действия по всем перечисленным выше сценариям движения НЗП.

Маршрутный лист №_917763

Изделие: **ANT1001.10.12.301 Штуцер**
Кол-во: **30 шт.**
Запуск: **18.06.18** Выпуск: **29.06.18**

№ ОПО	Спецификация	Участок	Дата поступления	Дата выпуска	Кол-во	Отметка ОТК
1	Отрезка заготовки	**З**				
2	Токарная обработка	**ЧПУ**				
3	Промывка	**ТМУ**				
4	Шлифовка	**ЧПУ**				
5	Покрытие	**Сторонние**				
6	Контроль	**ЧПУ**				

Подписи: **Примечания:**

Дата выдачи: **17.06.18 14:32**

Рис. 3.5.2. Пример маршрутного листа на изготовление партии ДСЕ.

Внешний вид стандартной экранной формы при выборе базовой опции “Движение НЗП” показан на рис. 3.5.3. Рабочая область окна состоит из трёх панелей:

- основная панель ‘Исходные данные’ с нередактируемыми и редактируемыми полями; в первых отображаются устанавливаемые по номеру ПЗ ключевые реквизиты выбранного задания (артикул и название изделия, плановое количество и другие), вторые в зависимости от сценария используются для ввода либо корректировки необходимых сведений (фактического количества изделий – при запуске заданий, регистрации брака или формировании выписки, адреса места хранения – при регистрации поступления на склад и т.п.);

- дополнительная панель ‘Протокол регистрации’, в которой выводится упорядоченный по времени список (журнал) выполненных по выбранному сценарию регистрационных записей с возможностью раскрытия по каждой записи детализированной информации: кто, что и когда делал или пытался сделать, – а при неудачной попытке регистрации ещё и причина, причём в последнем случае для наглядности запись выделяется красным цветом;
- вспомогательная панель ‘Сообщения’ с протокольной информацией по текущей работе пользователей с модулем регистрации.

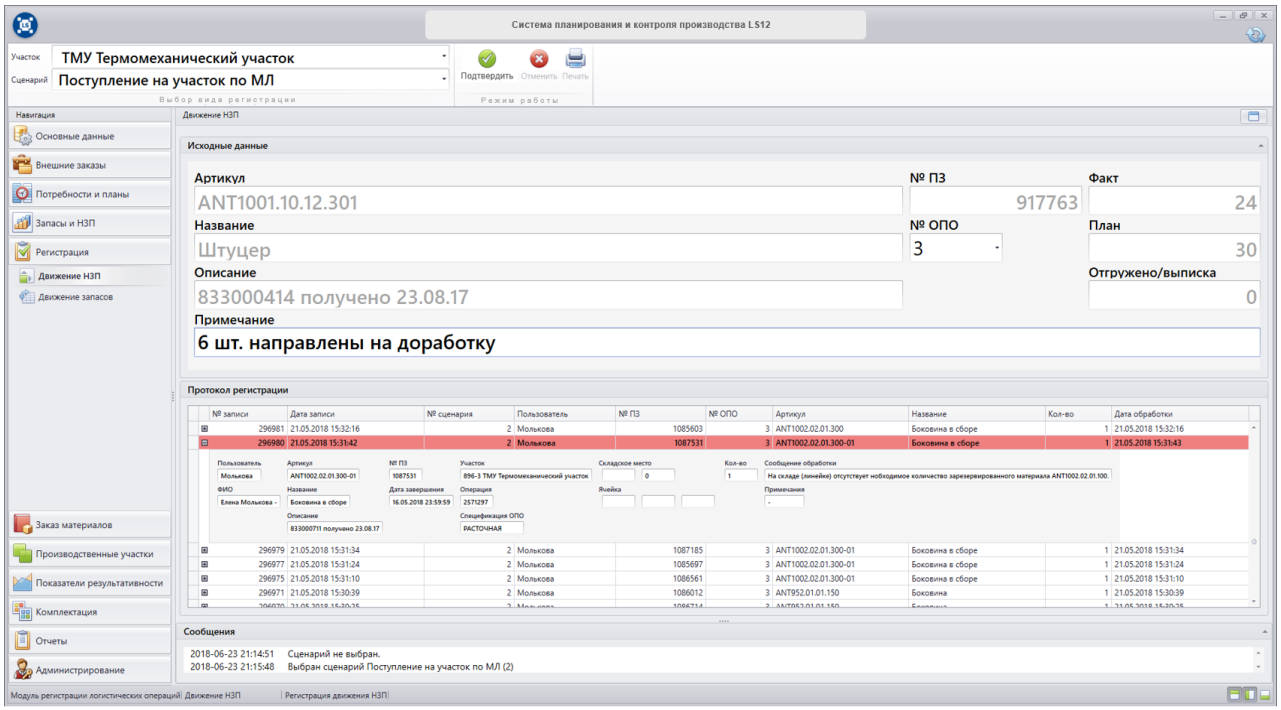


Рис. 3.5.3. Пример экранной формы регистрации движения НЗП.

Лента управления окна содержит фильтры начальных настроек АРМа под конкретный производственный участок и сценарий регистрации, а также набор экранных кнопок для выбора режима работы. В приведенном на рис. 3.5.3 скриншоте задан участок «*ТМУ ...*», сценарий «*Поступление на участок по МЛ*» и введены атрибуты показанного на рис. 3.5.2 маршрутного листа № 917763. В данном случае при считывании с листа верхнего штрихкода автоматически определилось ПЗ на изготовление партии из 30 шт. изделий «*ANT1001.10.12.301 Штуцер*», причём видно, что два первых передела по заданию уже завершены и на третий этап должны быть переданы 24 изделия (факт, обозначающий текущее количество в обработке). При соответствии реального поступления указанным сведениям пользователю достаточно нажать экранную кнопку [*Подтвердить*], либо (как в рассматриваемом примере) считать с маршрутного листа нижний штрихкод.

В модуле ТТ системы LS12 реализованы перечисленные ниже логистические операции (сценарии) по учёту движения складских запасов:

- поступление по заказу на закупку материалов;
- поступление от поставщика без заказа;
- перемещение между местами хранения по накладной;

- доукомплектование по ПЗ;
- поступление на склад по ПЗ.

При выборе базовой опции “Движение запасов” открывается стандартная экранная форма (см. пример на рис. 3.5.4). Её главное отличие от предыдущей состоит в том, что для данной группы операций в настройках АРМов достаточно указать только сценарий регистрации.

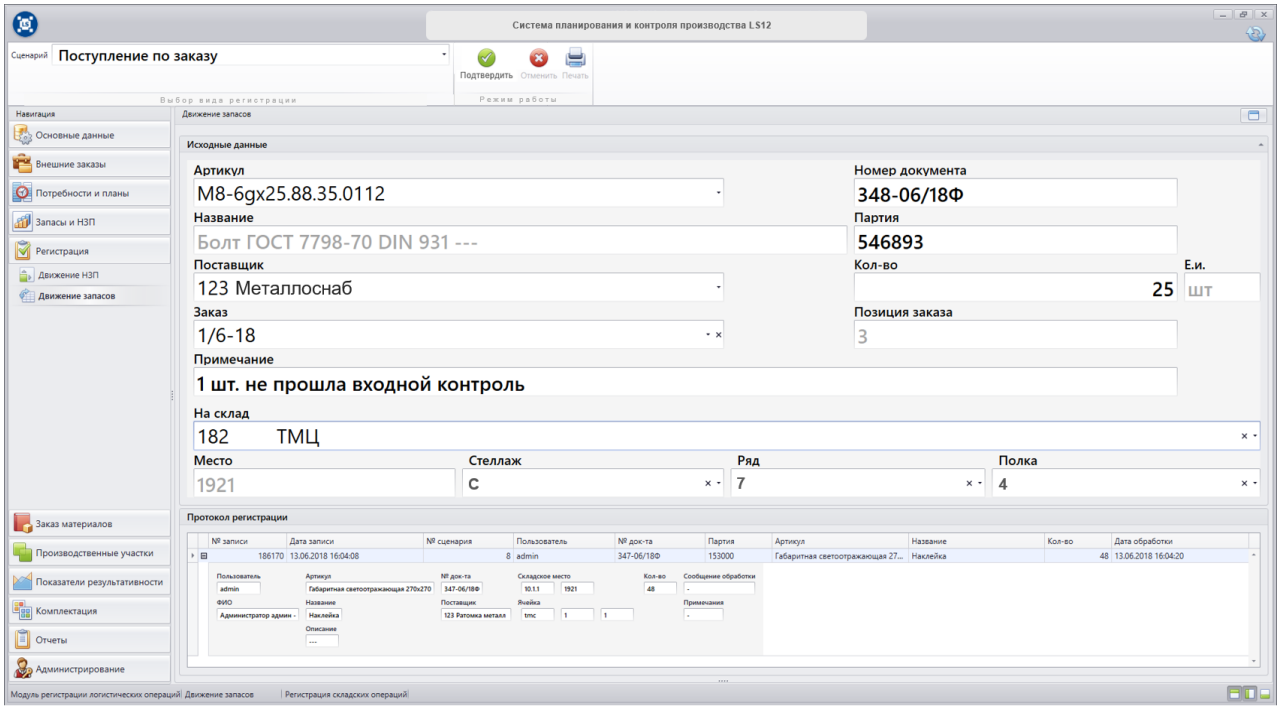


Рис. 3.5.4. Пример экранной формы регистрации движения запасов.

В показанном примере выполняется регистрация поступления на склад ТМЦ партии материалов на основании накладной № 348-06/18Ф от поставщика с кодом ‘*123*’ «*Металлоснаб*» по заказу № 1/6-18. В данном случае предполагается, что соответствующий заказ этому поставщику уже был ранее сформирован средствами системы LS12 (см. описание модуля МО в разделе 3.6 настоящего документа). Из выпадающих списков окна последовательно выбирается поставщик, заказ и артикул изделия, адрес ячейки хранения на складе (С07-04), затем вводится номер первичного документа, номер партии (если есть) и при необходимости корректируется принимаемое количество (в нашем случае 25 из заказанных 26 штук). Операция завершается нажатием экранной кнопки [*Подтвердить*].

Следует отметить, что в правом нижнем углу экранной формы любой базовой опции системы LS12 расположена группа кнопок свёртки / развёртки служебных панелей (навигации, ленты управления, вывода протокольной информации). Поэтому некоторые АРМы модуля регистрации могут быть предварительно настроены для работы только с определённой опцией либо даже с конкретным сценарием и/или участком, а часть или даже все служебные панели за ненадобностью скрыты.

3.6. Заказ материалов

Модуль управления заказом материалов (MO, Material Orders) системы LS12 обеспечивает поддержку стандартных бизнес-процессов:

- обработки нормативно-справочной информации о поставщиках;
- анализа и консолидации потребностей производства в материалах;
- формирования, редактирования и сопровождения заказов на закупку.

Основные информационные объекты модуля MO (поставщик, договор, заказ, позиция заказа), а также их отношения и атрибуты идентичны соответствующим объектам модуля SO, – если «заказчика» заменить на «поставщика» (см. описание в разделе 3.2). Обязательным атрибутом *поставщика* является символьный код и ИНН, факультативными – текстовое обозначение (наименование), адрес, принадлежность к определённой группе и/или региону, а также типовые условия поставки и оплаты. Предполагается, что работа предприятия с поставщиками может быть, – но не обязательно, – организована по *договорам*, в рамках которых формируются отдельные заказы в виде списка *позиций заказов* с указанием конкретной номенклатуры закупаемых материалов, количества и сроков поставки, ценовых и некоторых других характеристик. На рис. 3.6.1 показан пример интегрального отображения в системе LS12 указанных информационных объектов в виде раскрывающегося при выборе соответствующей базовой опции дерева “Поставщик – договор – заказ”; в правом нижнем углу окна приведен список принятых условных обозначений. Так же как в модуле SO, по кнопке [*Анкета*] из ленты управления окна открывается специальная экранная форма с описанием выделенной в дереве позиции (см. на рис. 3.6.2 примеры ‘Анкеты поставщика’, ‘Анкеты договора’ и ‘Анкеты заказа’). Формирование и корректировка анкетных данных выполняются типовыми средствами редак-

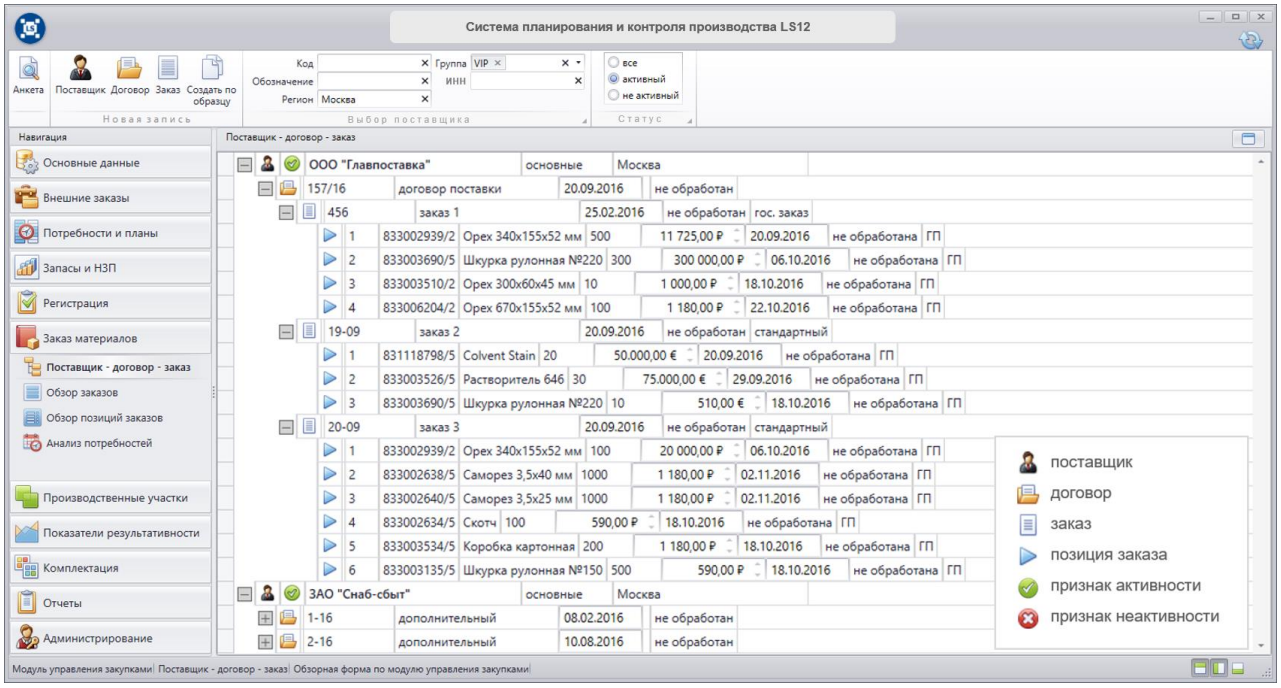


Рис. 3.6.1. Пример экранной формы дерева структуры заказов.

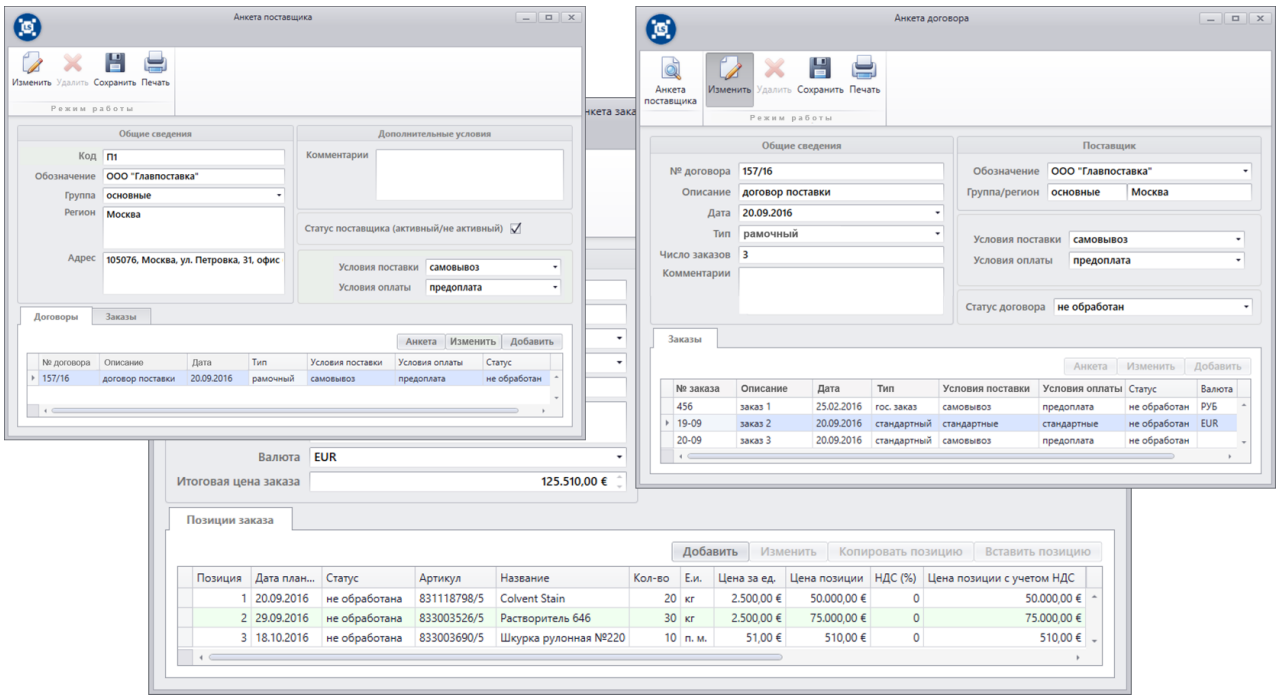


Рис. 3.6.2. Примеры экранных форм с анкетами объектов управления заказами.

тирования с использованием стандартного набора экранных кнопок и дополнительных форм, а кнопка [*Создать по образцу*] позволяет перенести в подобную анкету реквизиты любого из созданных ранее аналогичных объектов. Возможен импорт необходимой нормативно-справочной инофомации из имеющихся на предприятии баз данных.

Базовые опции “Обзор заказов” и “Обзор позиций заказов” (см. примеры на рис. 3.6.3 и 3.6.4) также аналогичны соответствующим опциям модуля SO; в первом слу-

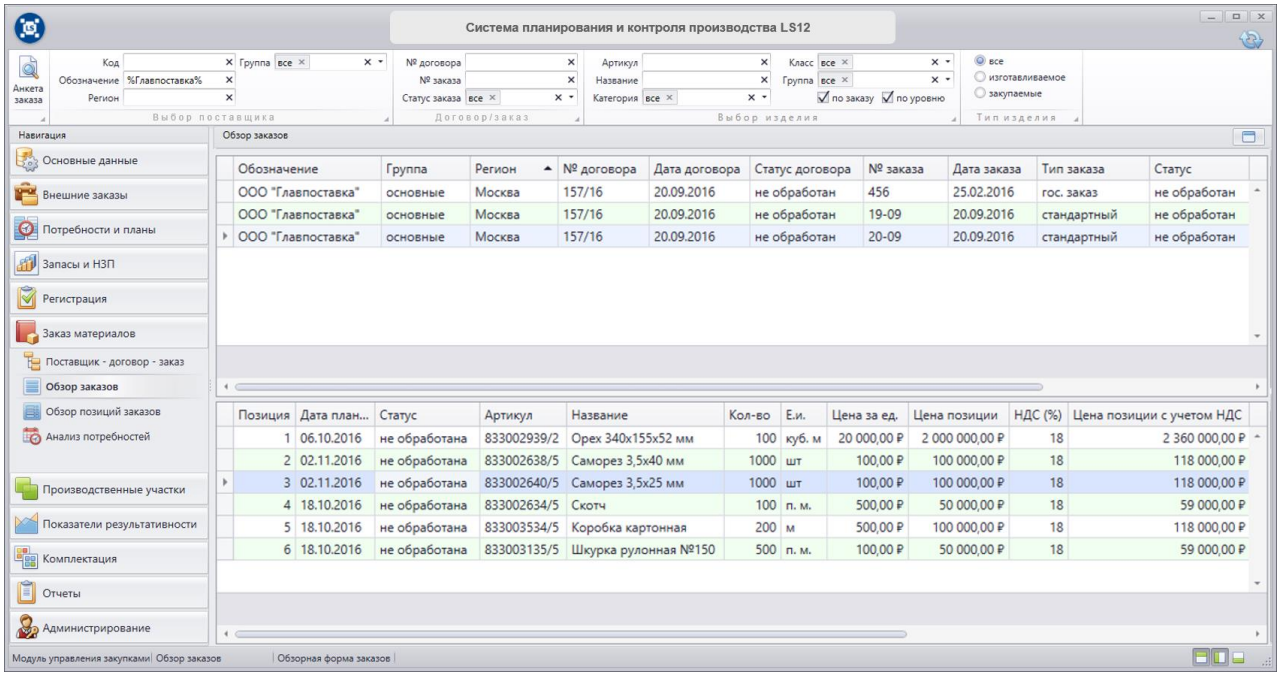


Рис. 3.6.3. Пример экранной формы обзора заказов на закупку материалов.

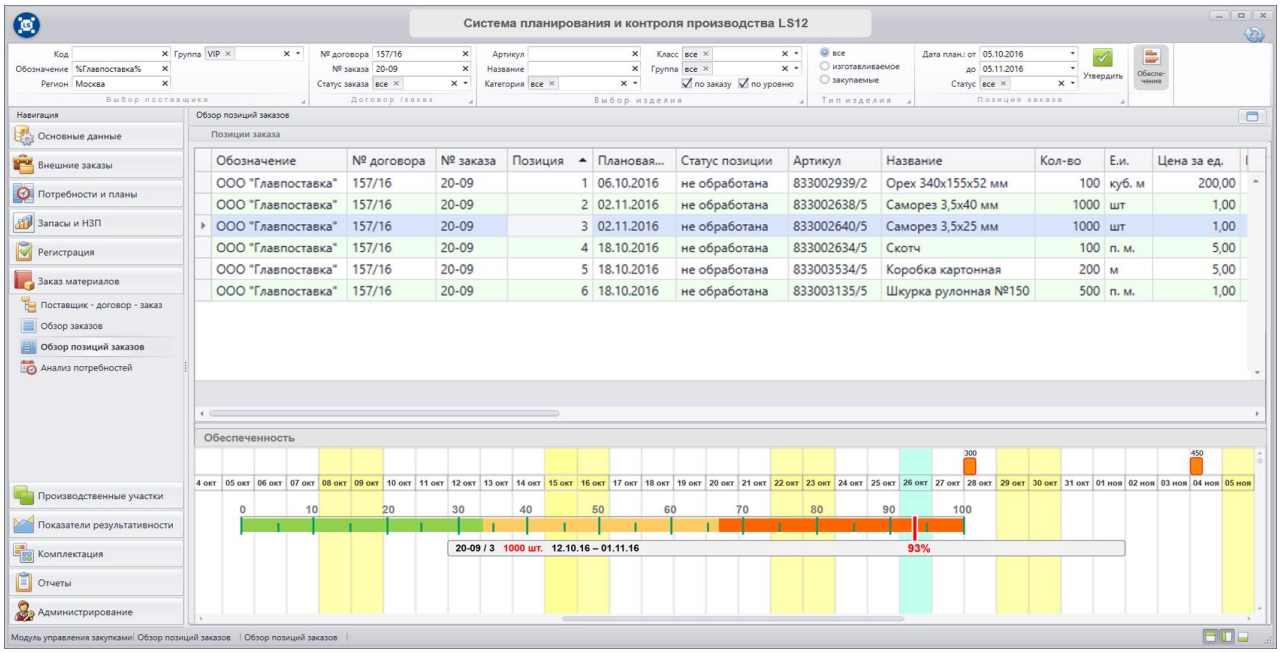


Рис. 3.6.4. Пример экранной формы обзора позиций заказов на закупку материалов.

чае открывается экранная форма с двумя связанными списками: <Заказы> – <Позиции по выделенному курсором заказу>, во втором – окно со списком позиций заказов, выбранных по указанным через набор фильтров реквизитам, с возможностью утверждения при помощи специальной кнопки одной или нескольких позиций для дальнейшей обработки, например, для направления поставщикам.

Средства модуля МО позволяют сформировать заказ на закупку любого изделия из справочника основных данных любому поставщику и на любой срок. Однако поскольку ситуация в производстве и, следовательно, потребности в материалах могут быстро и непредсказуемым образом меняться, то необходимо иметь инструменты мониторинга и оперативного реагирования на такие изменения. С этой целью во второй из обзорных форм по кнопке [*Обеспечение*] в нижней части рабочей области окна окрывается дополнительная панель, позволяющая в графическом виде отображать актуальное положение дел, – какие именно потребности в настоящий момент удовлетворяет выделенная позиция заказа. Так, в приведенном на рис. 3.6.4 примере по позиции ‘3’ заказа ’20-09’ к 02.11.2016 ожидается поступление 1000 изделий. Как видно из диаграммы, по состоянию на текущую дату (26.10.2016) предполагается за счёт данной поставки обеспечить две позиции потребностей в материалах: 300 шт. к 28.10.2016 и 450 шт. к 04.11.2016, – причём ещё 250 шт. пока останутся не востребованными. Иными словами, если поставщик выполнит свои обязательства, то вторая потребность будет удовлетворена в плановом порядке. Но с первой могут возникнуть проблемы, поскольку срок её реализации на 5 дней раньше даты поставки по позиции заказа. Тем не менее, заранее обладая этой информацией (в данном случае за несколько дней до критических сроков) работники службы снабжения могут попытаться каким-то образом воздействовать на ситуацию, например, договориться о досрочной поставке 300 шт. к 28.10.2016 (на 5 дней раньше) с отсрочкой для оставшейся части до 04.11.2016 (на 2 дня позже).

В отличие от общей схемы синхронизации (с автоматическим формированием и корректировкой обеспечивающих заданий на всех уровнях производства; см. описание в разделе 3.3) предполагается, что заказы на закупку материалов создаются

«вручную» на основе содержательного анализа потребностей уровня MRP с учётом специфики работы службы снабжения с конкретными поставщиками. Основным инструментом здесь служит экранная форма, открывающаяся при выборе базовой опции “Анализ потребностей” (см. пример на рис. 3.6.5), в верхнем гриде которой выводится список текущих потребностей в материалах по заданным значениям фильтров, а нижний грид используется в качестве таблицы предварительной подготовки исходных данных для создания соответствующих позиций заказов по необеспеченным потребностям. Заметим, что под обеспеченностью в данном случае понимается наличие баланса потребностей и имеющихся заказов на закупку *по количеству*. При этом для материалов с видом управления «по заказу» определяется ещё и баланс сроков (который влияет на статус) и, – если указаны стандартные сроки поставки, – приоритет потребностей. Для материалов с видом управления «по уровню» текущие потребности, очевидно, не имеют сроков реализации, но также характеризуются приоритетом, который в обоих случаях рассчитывается по аналогии с обеспечивающими производственными заданиями.

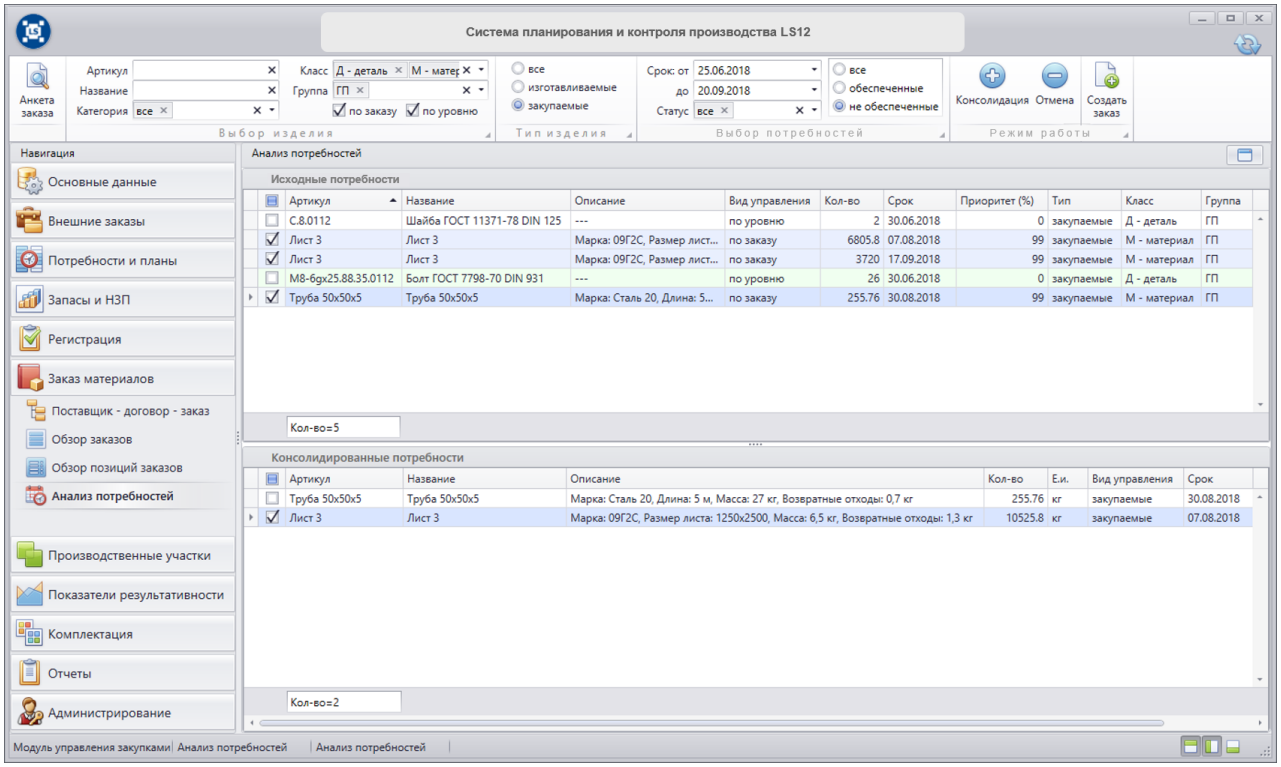


Рис. 3.6.5. Пример экранной формы анализа и консолидации потребностей.

Групповой выбор из верхнего списка с последующим применением экранной кнопки [*Консолидация*] приводит к формированию в нижней таблице одной или нескольких объединённых позиций по числу выбранных материалов; при этом количества по потребностям суммируются, а в качестве сроков поставки принимаются самые ранние сроки реализации из объединяемых позиций. По кнопке [*Отмена*] данные консолидации выделенных позиций аннулируются, а по кнопке [*Создать заказ*] – автоматически переносятся в анкету заказа для завершения процесса его оформления.

Регистрация поступления материалов выполняется средствами модуля ТТ (см. описание в разделе 3.5) с автоматической корректировкой статусов соответствующих позиций заказов и обеспечиваемых ими потребностей.

3.7. Производственные участки

Модуль управления производственными участками (PU, Production Units) системы LS12 обеспечивает детализированный учёт выполнения производственных заданий на отдельных этапах обработки (ОПО), в частности:

- ведение справочной информации о персонале участков, рабочих местах и их расположении;
- формирование и контроль выполнения рабочих нарядов и смен;
- анализ производственной ситуации на участках.

В рамках принятой схемы укрупнённого планирования, учёта и контроля обязательная регистрация движения материальных потоков осуществляется в точках перехода между этапами обработки, то есть, как правило, производственными участками (см. раздел 3.5 настоящего документа). На основании этих данных отслеживается общее состояние НЗП и, в частности, получаются оценки готовности. Однако, попадая на конкретный участок, задания, вообще говоря, могут находиться там в течение продолжительного времени и выполняться разными работниками на нескольких рабочих местах. Поэтому при наличии в модуле MD системы LS12 более подробной (факультативной) информации по ОПО в виде набора технологических операций с привязкой к ним соответствующих моделей станков и, возможно, нормативов времени, применение модуля PU позволяет организовать эффективную информационную поддержку бизнес-процессов управления и внутри самих производственных участков (рис. 3.7.1).

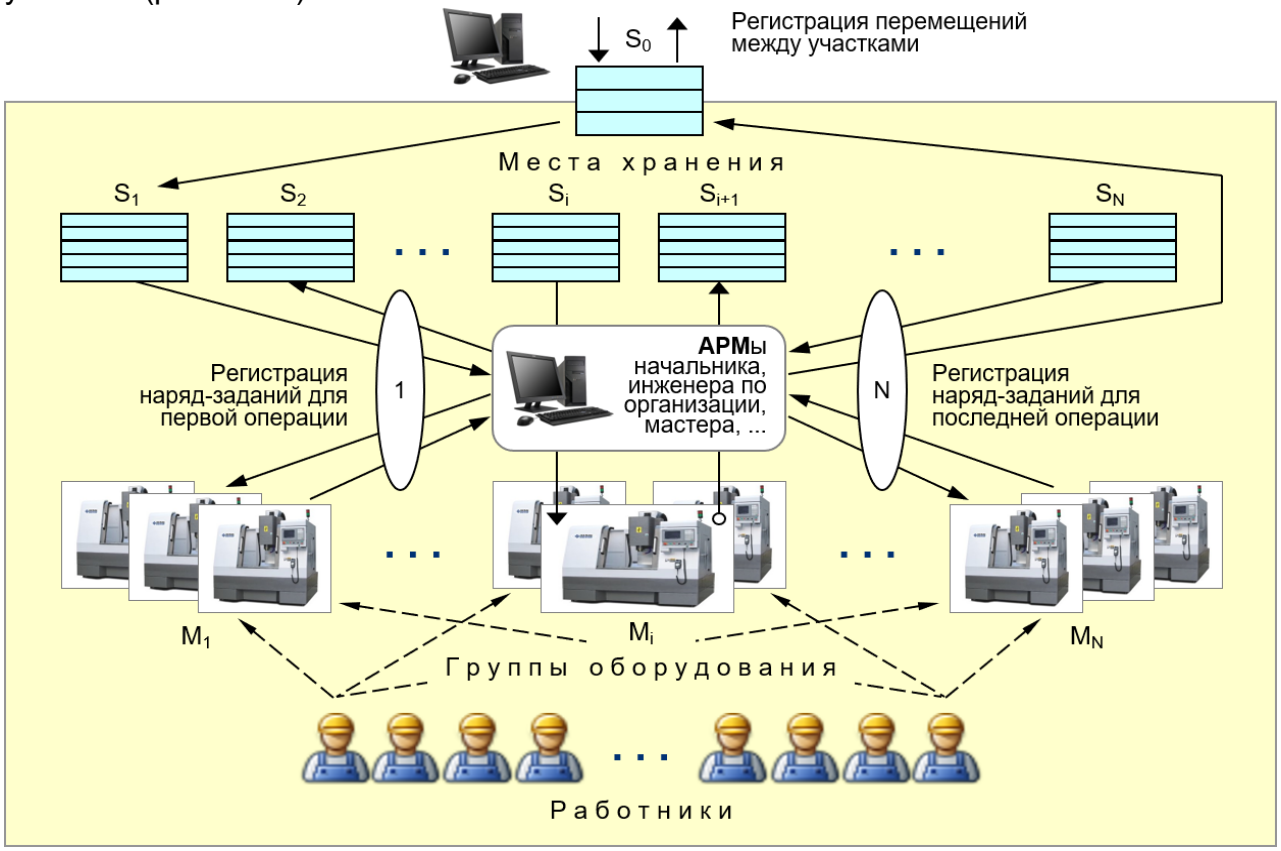


Рис. 3.7.1. Общая схема управления производственным участком.

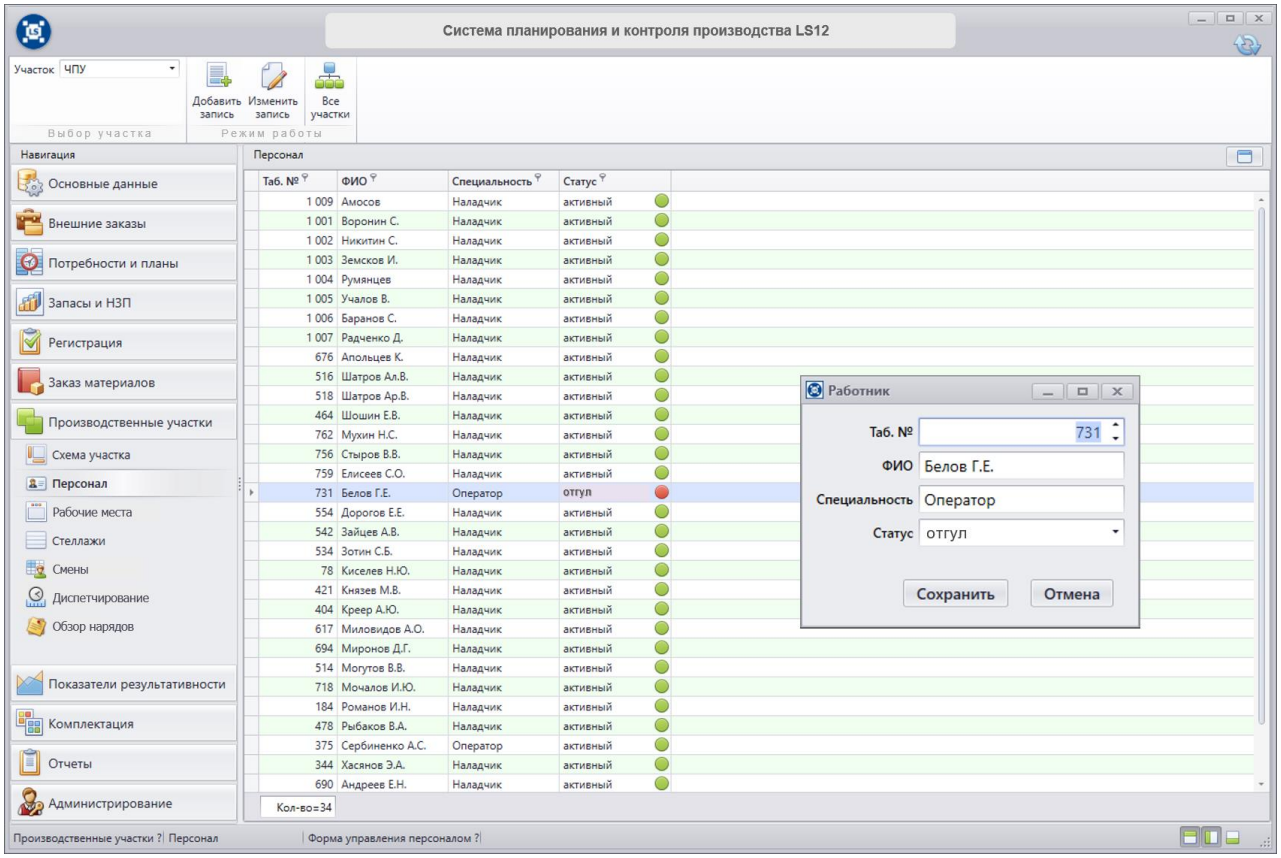


Рис. 3.7.2. Пример экранной формы справочника персонала участка.

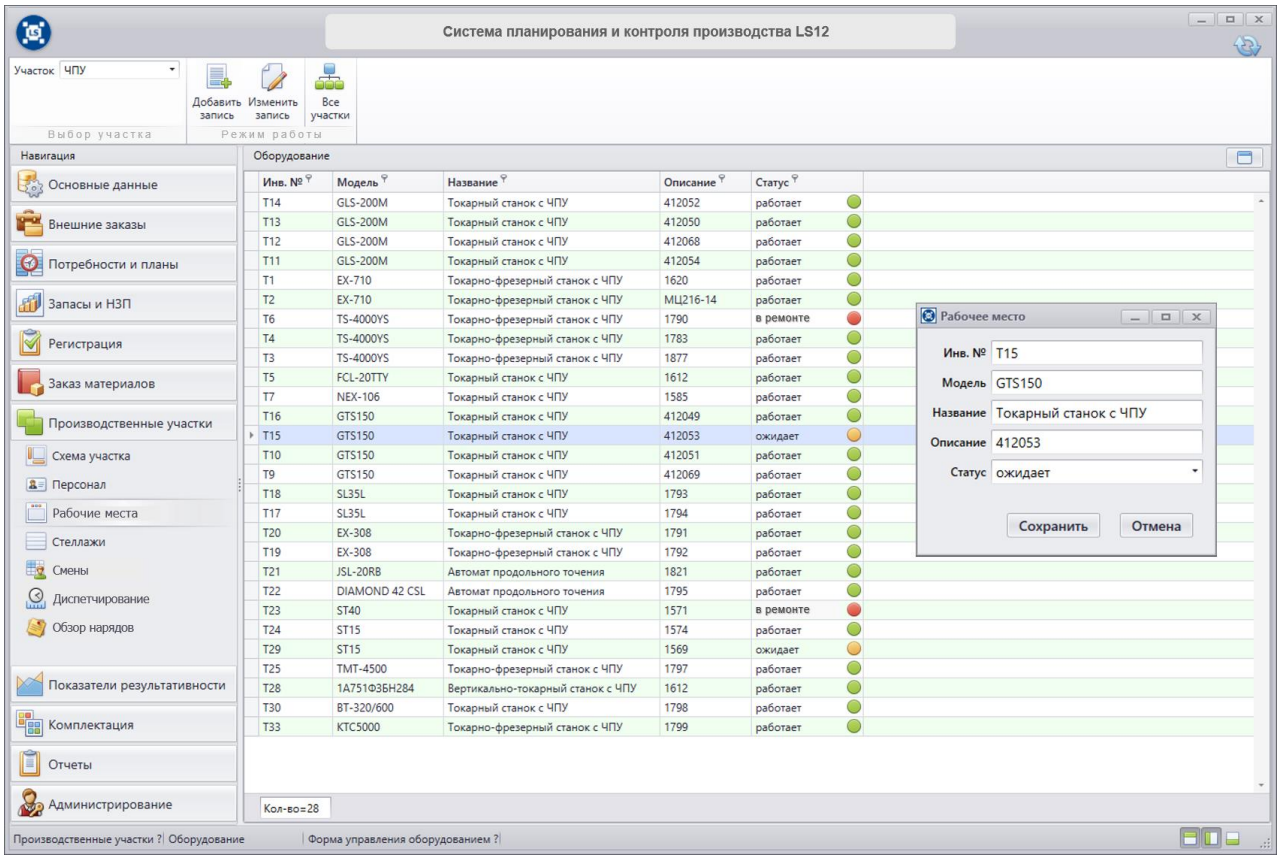


Рис. 3.7.3. Пример экранной формы справочника рабочих мест участка.

Структура производственных участков в системе LS12 описывается «локально» через простейшие справочники. На рис. 3.7.2 показан пример экранной формы для ведения справочника *персонала*, открывающейся при выборе соответствующей базовой опции. Центральная панель рабочей области окна содержит список сведений о приписанных к участку работниках с атрибутами: табельный номер, ФИО, специальность / должность, статус (активный, отгул, отпуск и т.п.). Аналогичным образом устроена экранная форма для ведения справочника *рабочих мест* (см. пример на рис. 3.7.3) с атрибутами записей: инвентарный номер, модель, название, описание, статус (работает, ожидает, в ремонте и т.п.). Ввод справочников в систему может осуществляться как импортом из имеющихся на предприятии баз данных, так и «вручную» средствами самого модуля PU; в последнем случае создание новых либо корректировка текущих позиций производится в анкетах объектов (работника / рабочего места), вызываемых в виде дополнительных форм с помощью экранных кнопок [Добавить запись] – [Изменить запись]. Для работы с конкретным участком следует предварительно сделать выбор из выпадающего списка в ленте управления окна; по кнопке [Все участки] выводятся сведения по предприятию в целом.

Информационный объект *смена* в системе LS12 представляет собой перечень записей с атрибутами <работник> – <рабочее место>, привязанных к дате и номеру смены, на которые выдаются наряд-задания. При этом внутри смены один и тот же работник либо одно и то же рабочее место могут входить в состав нескольких позиций (см. на рис. 3.7.4 пример окна базовой опции). Формирование смены в «ручном» режиме (по экранной кнопке [Создать] с указанием в дополнительном окне необходимых реквизитов) представляет собой заполнение исходной таблицы новыми записями, – стандартными средствами выбора из выпадающих списков, причём по кнопке [Удалить ...] некоторые из позиций в процессе редактирования могут быть исключены. Созданная смена утверждается кнопкой [Сохранить], а при помощи набора кнопок [Копировать] – [Вставить] – [Очистить] ленты управления окна «новую» смену можно получить из «старой» путём дублирования с последующей корректировкой. Способы формирования смены в автоматическом режиме описаны ниже.

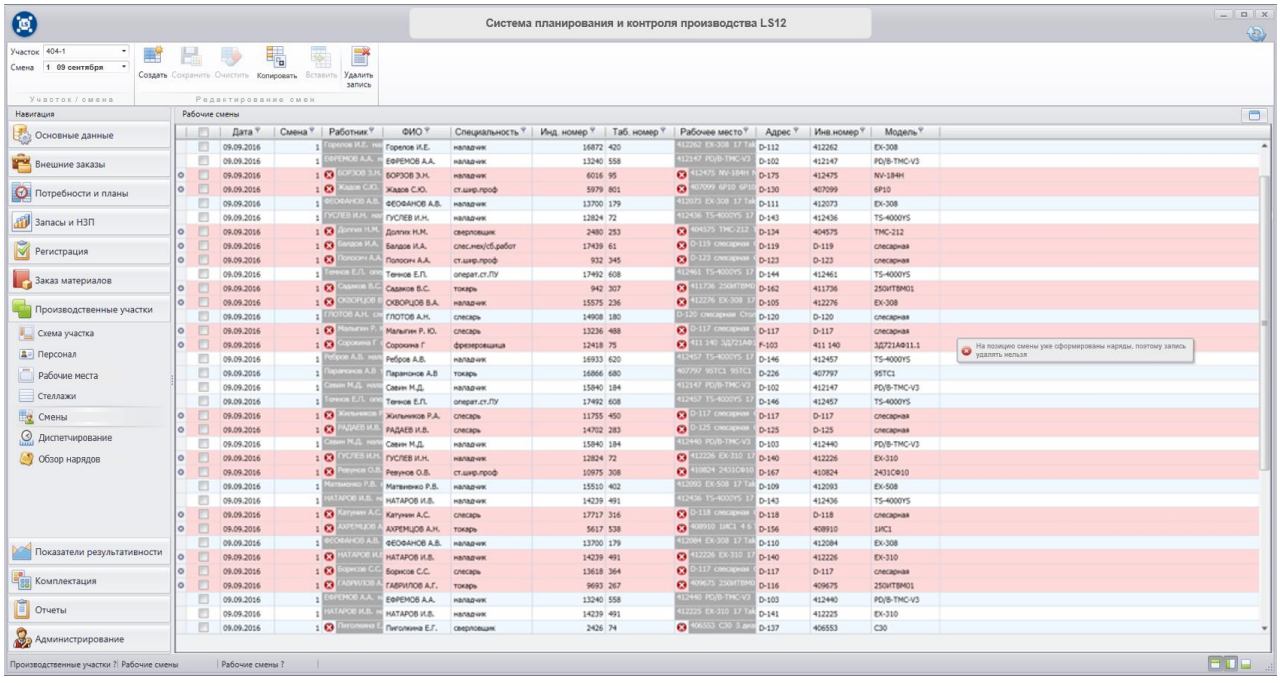


Рис. 3.7.4. Пример экранной формы обзора рабочих смен на участке.

Рабочий *наряд* или наряд-задание является главным информационным объектом в системе LS12 для учёта и контроля за состоянием производственного участка. Основные атрибуты объекта:

- уникальный номер, автоматически присваиваемый при создании наряда;
- <работник> из справочника персонала участка;
- <рабочее место> из справочника рабочих мест участка;
- смена (см. приведенное выше описание);
- производственное задание и конкретная технологическая операция;
- количество по операции, – план, факт, брак;
- статус наряда (запланирован, начат, завершён, отменён); при создании каждому наряду автоматически присваивается статус ‘запланирован’.

При выборе базовой опции “Обзор нарядов” модуля PU открывается экранная форма со списком созданных ранее рабочих нарядов по указанным значениям фильтров (см. пример на рис. 3.7.5). Двойным щелчком мыши по позиции списка вызывается дополнительное окно с анкетой выбранной позиции. Если наряд ещё не был начат, то его реквизиты могут быть отредактированы прямо в анкете и зафиксированы кнопкой [Сохранить]. Кнопки [Начать] – [Завершить] – [Отменить] служат для «ручного» управления статусом созданного наряда. По кнопке [Печать ...] в анкете либо в главной экранной форме опции при необходимости формируется бумажный документ. На рис. 3.7.5 показан пример напечатанного наряда со штрихкодом, считывание которого аналогично ручной регистрации, – фактического начала для запланированной позиции и фактического завершения для начатой. Заметим, что служебное окно с анкетой наряда открывается при считывании штрихкода с соответствующего документа в любой из базовых опций моделя PU. Кнопка [Очистить наряды] предназначена для принудительного удаления из системы всех неначатых просроченных позиций.

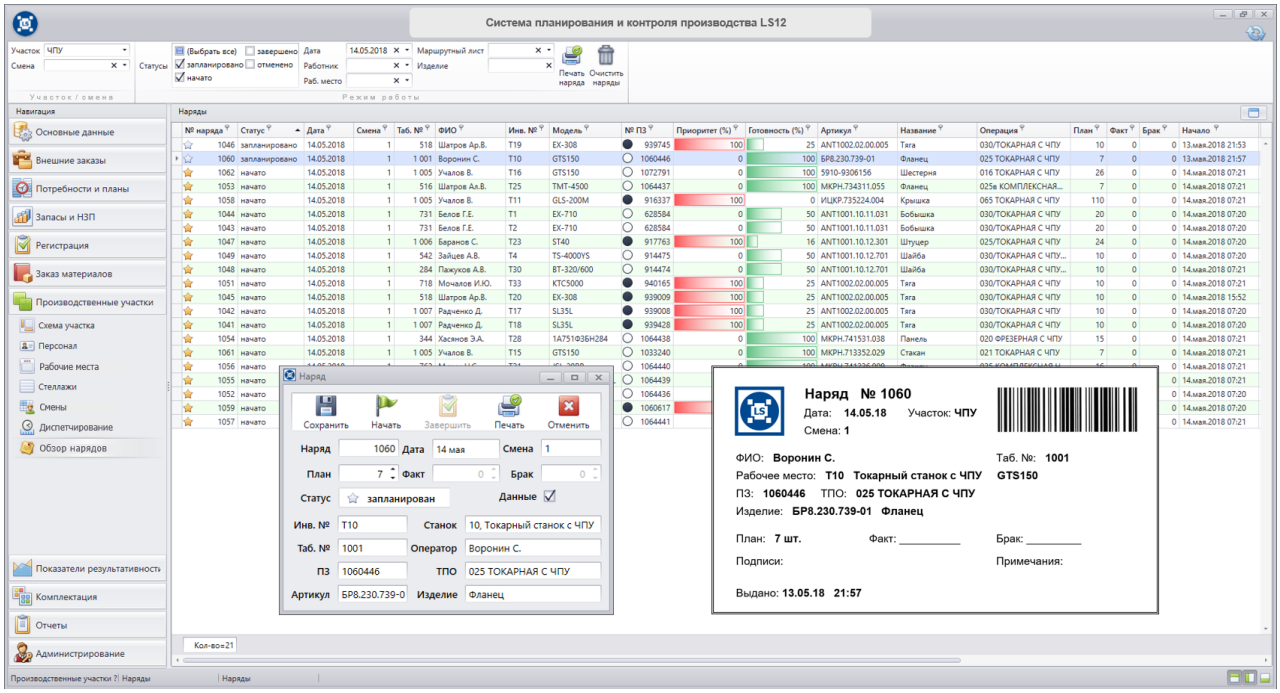


Рис. 3.7.5. Пример экранной формы обзора нарядов на участке.

Базовая опция “Диспетчирование” (см. пример экранной формы на рис. 3.7.6) предназначена для анализа положения дел на участке (по умолчанию считающемся «текущим») и собственно создания рабочих нарядов с использованием табличного либо графического представлений. Здесь верхний грид рабочей области окна содержит список зарегистрированных в настоящий момент на участке производственных заданий по заданному в ленте управления набору фильтров с указанием номера ОПО, нижний грид (при нажатой кнопке [Техкарта]) – перечень технологических операций, подлежащих выполнению на текущем этапе обработки. По кнопке [Новый наряд] под выделенной операцией открывается дополнительная панель для ввода соответствующих данных путём выбора нужных реквизитов из выпадающих списков. В рассматриваемом примере производственное задание № 1239970 находится на участке «*ЧПУ*» для выполнения второго этапа обработки, состоящего из четырёх технологических операций с номерами 6, 7, 8 и 11. При этом по первой операции наряд уже был сформирован ранее, а по второй создан только что в «ручном» режиме в виде записи № 1082: <Смена: *02.07.18_1*> – <Работник: *1001_Воронин С.*> – <Рабочее место: *Т10_Токарный станок с ЧПУ*>.

С целью упрощения процедуры и визуализации результатов диспетчирования в системе LS12 реализован механизм полуавтоматического формирования нарядов. По экранной кнопке [Шкала времени] в средней части рабочей области окна открывается дополнительная графическая панель с набором полосок по числу и с обозначением технологических операций выбранного производственного задания. Первоначально все полоски имеют одинаковую ширину и отображаются на календарной оси наложенными друг на друга в пределах текущего дня. «Двигая» их в разных направлениях и меняя ширину с помощью инструментов Drag-and-drop можно, – не нарушая определённой в технологической карте последовательности, – построить и представить в наглядном виде пооперационный график выполнения всего задания. После сохранения полученной конфигурации остаётся только конкретизировать работников и рабочие места описанным выше способом по уже созданным шаблонам.

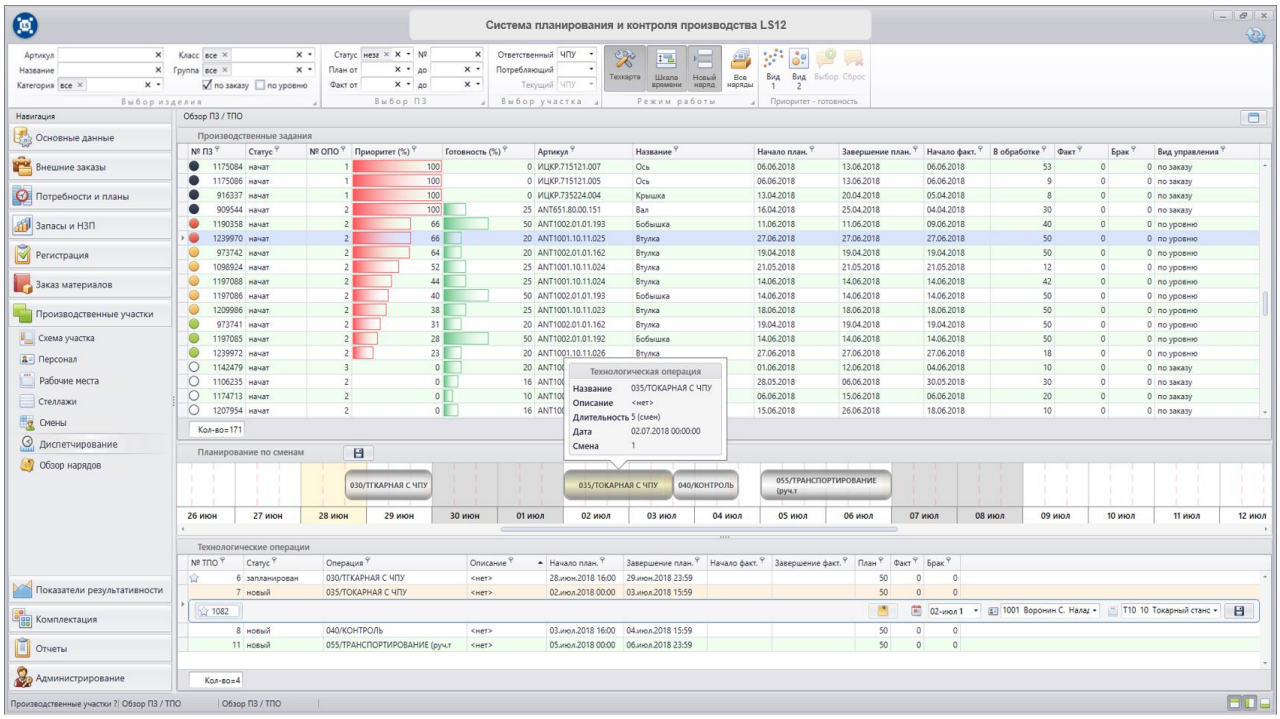


Рис. 3.7.6. Пример экранной формы диспетчирования работ на участке.

Экранная кнопка [Все наряды] используется для вывода в отдельной панели общего списка сформированных по выбранному заданию нарядов. Группа кнопок “Приоритет – готовность" в ленте управления окна дублирует описанный ранее функционал визуализации состояния производства (см. раздел 2 и пример в разделе 3.4 настоящего документа), но только применительно к заданиям текущего участка.

Базовая опция “Схема участка” (см. пример экранной формы на рис. 3.7.7) позволяет увидеть положение дел «с высоты птичьего полёта» на любой день и для любой смены. Рабочая область окна представляет собой аналог планировки участка, создаваемой «вручную» с помощью механизма Drag-and-drop путём «перетягивания» соответствующих графических объектов в нужные точки их расположения на схеме. Каждый такой объект соединяет в себе атрибуты смены и всех сформированных на эту смену нарядов. При наведении курсора на изображение рабочего места открывается дополнительное окно с набором всей необходимой информации. Так, в рассматриваемой ситуации на рабочее место «*T10_Токарный станок с ЧПУ_GTS150*» работнику «*518_Шатров Ар.В_Наладчик*» в текущую смену выданы два наряда (№ 468 и № 469) на разные операции из разных производственных заданий, причём первый из них уже начат (цвет индикатора жёлтый), а второй ждёт своей очереди на выполнение (цвет индикатора серый). Двойным щелчком мыши по изображению наряда вызывается его полная анкета (см. пример на рис. 3.7.5) с опциями редактирования, печати, отмены, регистрации начала и завершения.

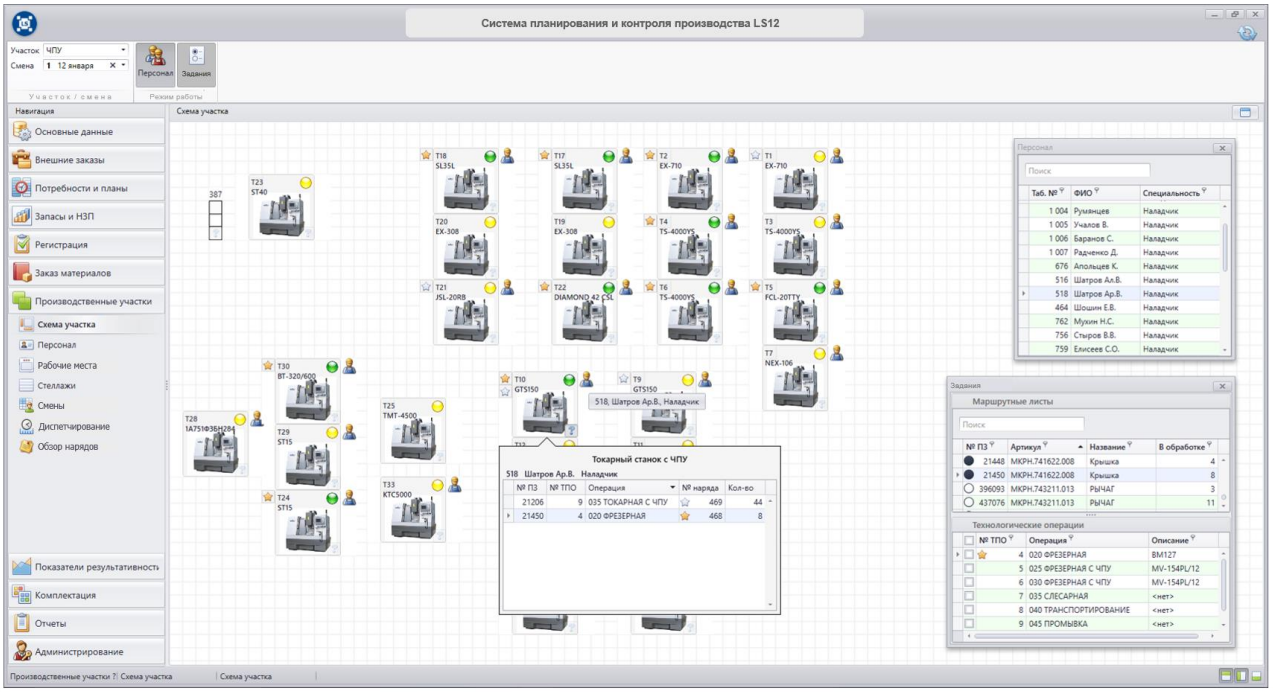


Рис. 3.7.7. Пример графического интерфейса анализа ситуации на участке.

С помощью дополнительных информационных панелей, открываемых по экранным кнопкам [Персонал] и [Задания] ленты управления окна можно тут же на схеме создавать или корректировать смены, – «набрасывая» работников и/или операции из соответствующих списков прямо на рабочие места.

Опция “Стеллажи” предназначена для ведения, при необходимости, справочника промежуточных мест хранения НЗП на участке (см. рис. 3.7.1).

3.8. Комплектация

Модуль управления комплектацией (AK, Assembly Kitting) системы LS12 предназначен для информационной поддержки логистических операций комплектования (как ключевого звена принятой общей модели управления производством) сложных сборок за счёт реализации функций:

- анализа сформированных ранее графиков комплектации и текущего состояния укомплектованности сборочных узлов (с различными способами организации входимости);
- обеспечения работы «линеек комплектации».

В типовых схемах автоматизации бизнес-процессов управления производственными предприятиями, как правило, не делается различий между сборочными единицами (конструкциями, собираемыми из нескольких элементов в заготовительных или обрабатывающих подразделениях) и сборочными узлами. Между тем, специфика конечной сборки на сложных производствах довольно часто определяется перечисленными ниже особенностями:

- существенно бóльшим (по сравнению со сборочными единицами) количеством комплектующих, – как изготавливаемых, так и закупаемых, – составляющим десятки, сотни, а иногда даже тысячи позиций;
- высокой применяемостью отдельных комплектующих, – с точки зрения входимости как в разные узлы, так и в одинаковые узлы, собираемые по разным позициям внешних заказов;
- несколькими уровнями сборки, на каждом из которых в качестве комплектующих могут выступать как исходные ДСЕ (поступающие из основного производства либо покупные), так и сборочные узлы более низких уровней входимости; как следствие, управлением на основании «производственного состава».

Любая адекватная модель управления производством должна учитывать указанные особенности в виде некоторой организационной схемы и соответствующих информационных объектов. Поскольку в рамках применяемых подходов (см. выше раздел 2 настоящего документа) важнейшим элементом, определяющей ритм работы сборки и, следовательно, всего производства в целом, считается комплектация, в системе LS12 предусмотрены специальные инструменты управления и визуализации на основе описанной ниже логистической конструкции в виде так называемых «линеек комплектации».

В верхней части диаграммы рис. 3.8.1 показана схема управления комплектацией *в идеальном случае*, – когда рассматриваемый бизнес-процесс имеет пять этапов:

(1) анализ актуального плана комплектации сборки;

(2) выбор позиции плана на определённый день и формирование соответствующей ведомости комплектации;

(3) физический подбор комплектующих по ведомости;

(4) документальное оформление подготовленного комплекта;

(5) передача комплекта на сборку.

Автоматизация такой схемы предполагает полную обеспеченность на момент комплектования выбранных позиций сборки и соответствие физического наличия запасов комплектующих данным информационной системы. На практике подобные ситуации встречаются крайне редко, а фактические работы по подбору комплектов обычно выполняются поэтапно и по общей продолжительности могут занимать не один день.

В качестве альтернативы предлагается организационная схема, при которой найденные (имеющиеся в наличии) комплектующие размещаются в специально отве-

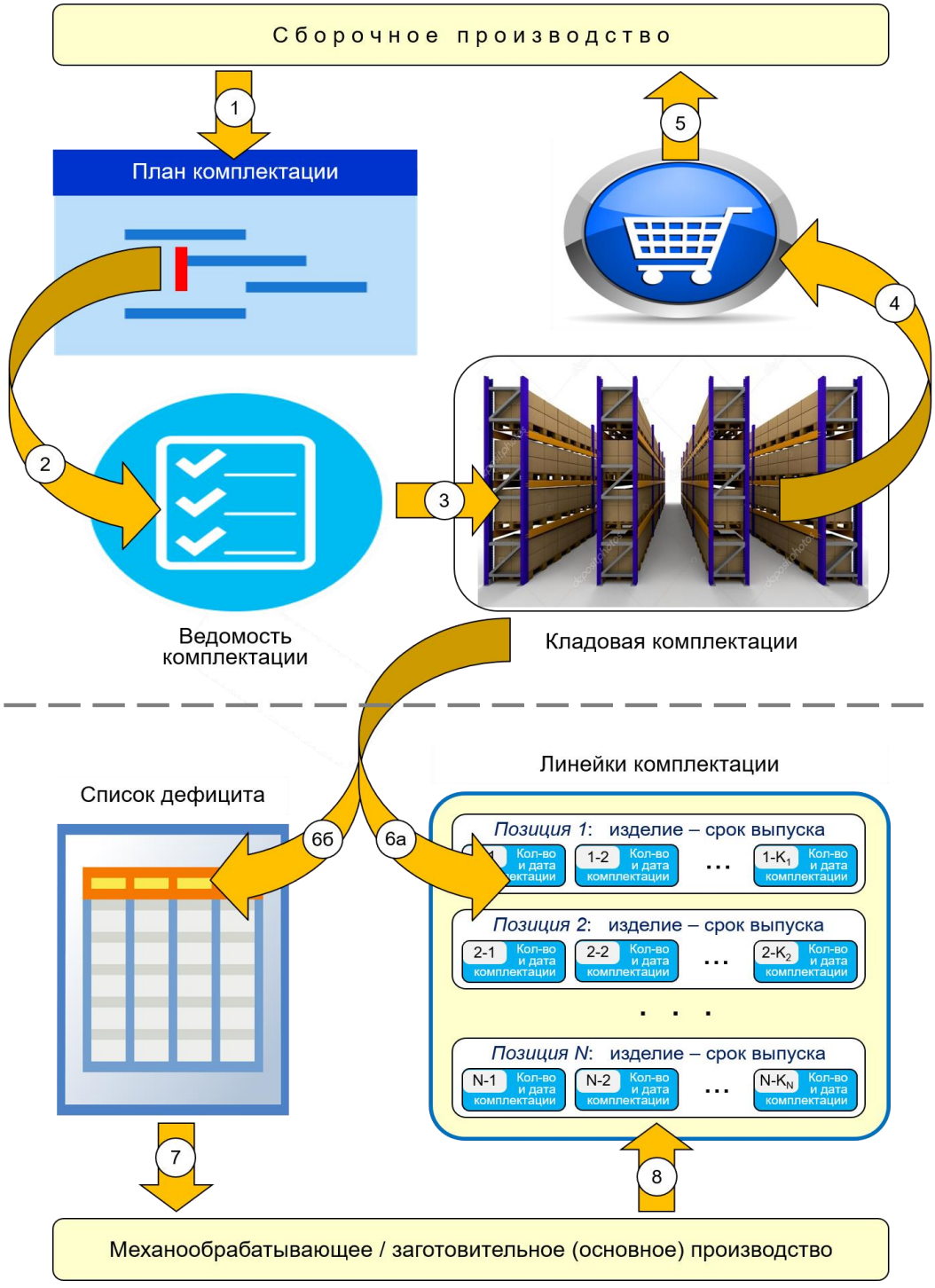


Рис. 3.8.1. Варианты организации комплектации конечной сборки.

дённых для этого местах хранения (логических или физических), а обнаруженный дефицит либо расхождение с данными информационной системы анализируется на предмет будущей обеспеченности и, при необходимости, «вытягивается» из основного производства. В этом случае в кладовой или на участке комплектации конечной сборки образуются так называемые «линейки», причём в зависимости от особенностей номенклатуры, внешних заказов и инструментов комплектования возможны два варианта их структурирования:

(А) *по времени*, – когда в линейках группируются позиции плана комплектации либо производственные задания с одинаковыми сроками запуска;

(Б) *по изделиям*, – когда линейки формируются по конечным изделиям либо сборочным узлам более высокого уровня, а в качестве их элементов выступают входящие узлы.

Описанный механизм позволяет начинать формирование необходимых комплектов заранее, – ещё до планируемых сроков запуска в производство соответствующих позиций, – причём даже при отсутствии полной обеспеченности с возможностью анализа текущего дефицита и последующего доукомплектования. В нижней части диаграммы рис. 3.8.1 показаны новые элементы схемы в варианте Б, а весь модифицированный бизнес-процесс в целом теперь описывается приведенной ниже последовательностью действий:

(1) анализ актуального плана комплектации сборки;

(2) выбор позиции плана либо производственного задания для головного изделия (сборочного узла верхнего уровня) и формирование соответствующих ведомостей комплектации по всем входящим потокам;

(3) физический подбор комплектующих по ведомостям;

(6а) выкладка найденных в запасах комплектующих на линейки;

(6б) внесение не найденных комплектующих в список дефицита;

(7) анализ дефицитных позиций (в привязке к ответственным участкам основного производства) и возможностей пополнения текущего дефицита;

(8) при поступлении дефицитных позиций в кладовую комплектации их выкладка на нужную линейку.

При этом документальное оформление и передача на сборку готовых комплектов (этапы 4 и 5 на рис. 3.8.1) могут осуществляться непосредственно с самих линеек. Модуль АК системы LS12 содержит программные средства обеспечения информационной поддержки описанной процедуры.

Базовая опция “План” (см. пример на рис. 3.8.2) предназначена для общего обзора актуального состояния позиций утверждённого плана комплектации сборки. Здесь верхний грид рабочей области окна содержит список позиций соответствующего плана по заданному в ленте управления набору фильтров, средний – перечень обеспечивающих выбранную позицию производственных заданий; нижний – сведения о движении указанного задания по этапам обработки. С помощью экранных кнопок выполняется активирование (разрешение на запуск) отдельных заданий, автоматическое бронирование под них необходимых комплектующих из имеющихся свободных запасов, а также «разбронирование» (перевод в свободный запас всех забронированных ранее комплектующих), замена материалов, печать маршрутных листов и ведомостей комплектации. В некотором смысле это аналог опции “Обзор

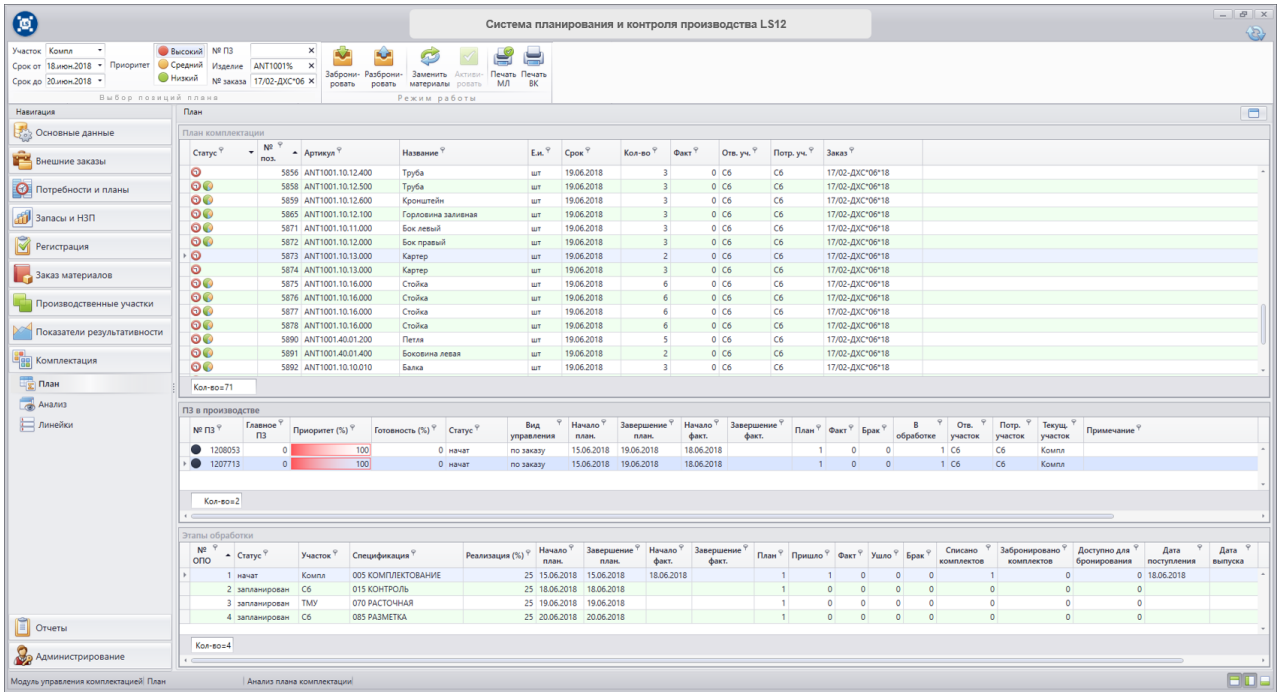


Рис. 3.8.2. Пример экранной формы обзора реализации плана комплектации.

НЗП” модуля IW (см. раздел 3.4 настоящего документа) для сборочных подразделений предприятия.

Базовая опция “Анализ” (см. пример на рис. 3.8.3) дополняет предыдущую за счёт предоставления бóльшей детализации по состоянию укомплектованности позиций плана. В этом случае в отдельном гриде экранной формы выводится список материалов, применяемых на указанном этапе выполнения выбранного производствен-

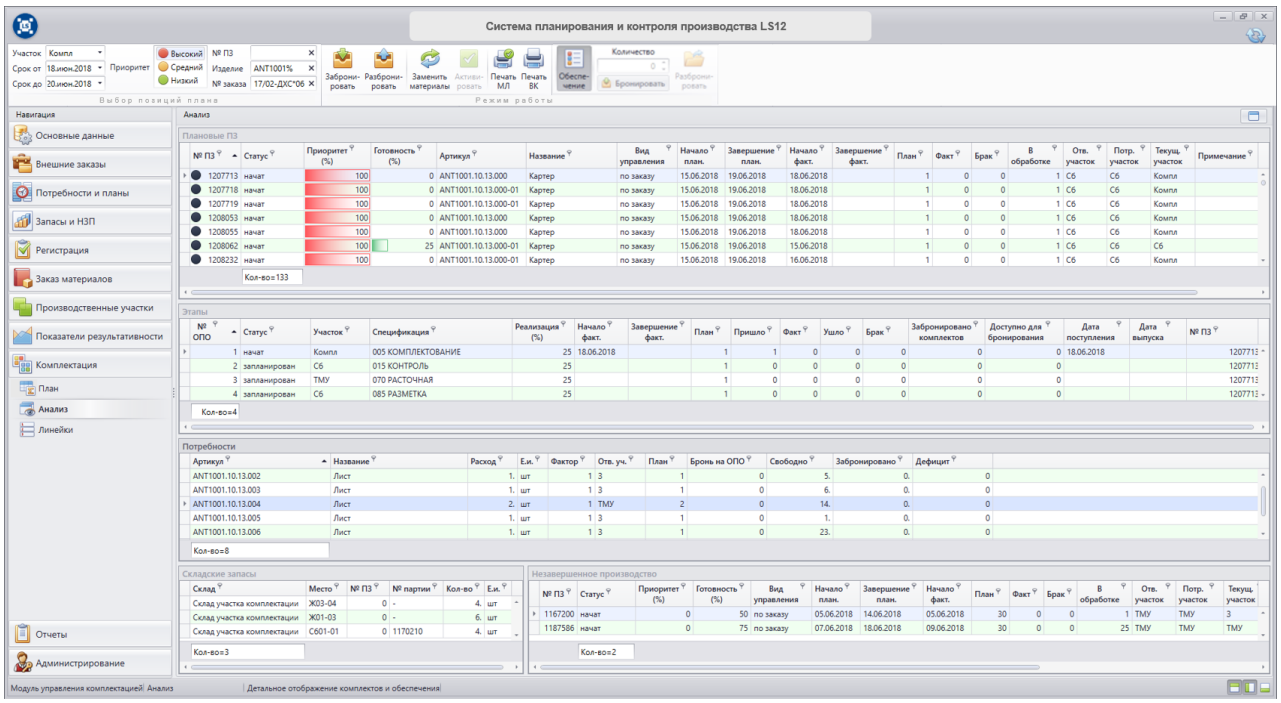


Рис. 3.8.3. Пример экранной формы анализа укомплектованности заданий.

ного задания, а для позиции конкретного материала – нажатием экранной кнопки [*Обеспечение*] – в нижней части рабочей области окна открываются две дополнительные панели с обзором текущего состояния обеспеченности данным материалом, причём как складскими запасами, так и находящимися в основном производстве заданиями. Операции активирования заданий, автоматического бронирования – разбронирования комплектов, замены материалов и печати сопроводительных документов реализованы по аналогии с предыдущей опцией. Однако добавлена функция «ручного» бронирования материала из обеспечивающего складского запаса (с выбором, при необходимости, нужного количества, конкретного номера партии и/или адреса места хранения).

Базовая опция “Линейки” предназначена для информационной поддержки описанной выше организационной схемы с использованием линеек комплектации. На рис. 3.8.4 показан пример экранной формы в варианте Б (группировки по изделиям). В данном случае при структурировании кладовой комплектации средствами модуля MD (см. раздел 3.1 настоящего документа) предварительно сформировано 5 линеек по 50 ячеек в каждой, из которых пока задействовано только три. Линейки соответствуют тактам выпуска из главного плана производства, – по 30, 32 и 30 штук изделия «*В-01255470000 Прибор в сборе*» со сроками сдачи 15, 16 и 17 мая 2018 года по позиции 4 заказа № 347. Ячейки содержат сведения по десяти сборочным узлам выбранного конечного изделия со своими сроками запуска из плана комплектации (см. описание условных обозначений на рис. 3.8.5). В рассматриваемом примере настроена модель конвейерной сборки, поэтому первая ячейка в каждой линейке заполняется конечным изделием; в шапке линейки указывается плановый срок его выпуска, в ячейке – дата запуска. Для наглядности все ключевые характеристики выделяются цветом как по времени (зелёный – в будущем, красный – в прошлом, синий – текущая дата), так и по статусу укомплектованности позиции в ячейке (зелёный индикатор – полный комплект, красный – дефицит, жёлтый – дефицитная позиция, по которой имеется свободный запас, голубая стрелка – выдано на сборку).

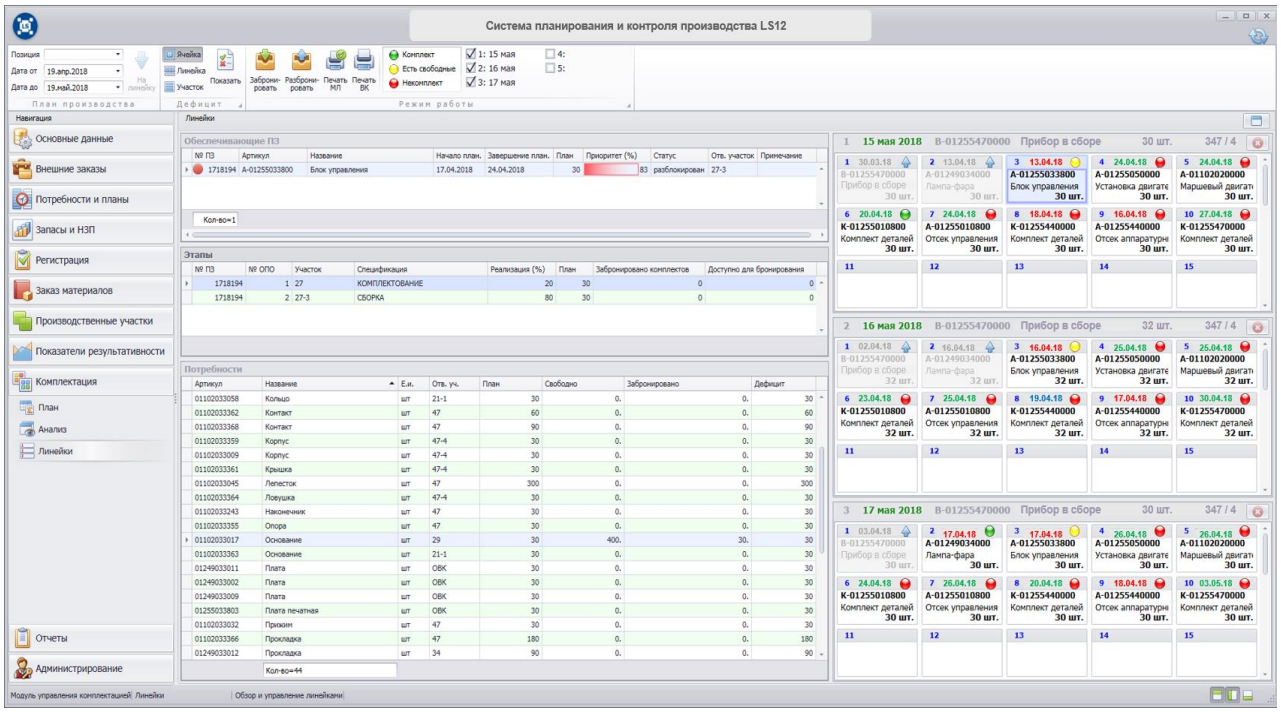


Рис. 3.8.4. Пример экранной формы для работы с линейками комплектации.

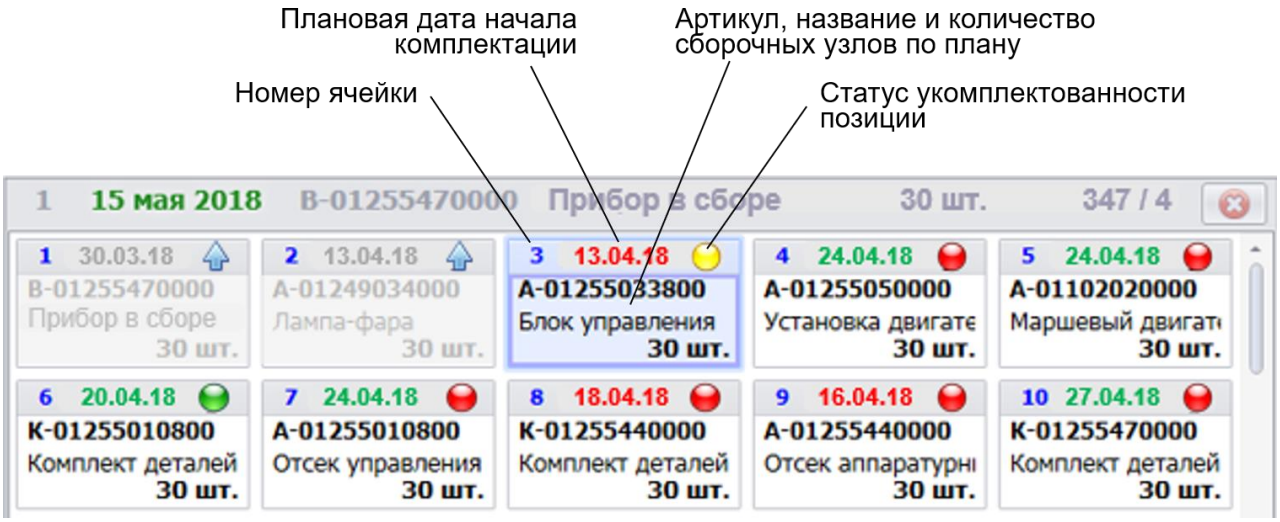


Рис. 3.8.5. Элементы визуализации линейки комплектации.

В нашем случае из первой линейки выбрана ячейка 3 (её контур выделен синей рамкой), по которой на сегодняшний день (19.04.18) плановая дата начала комплектации (13.04.18) тридцати сборочных узлов «*A-01255033800 Блок управления*» уже просрочена, однако индикатор жёлтого цвета в ячейке свидетельствует о наличии свободного запаса дефицитных материалов. Более подробная информация по выделенной ячейке отображается в левой панели рабочей области окна в виде трёх связанных гридов, – как в описанной выше опции “Анализ, но только по тем производственным заданиям, которые обеспечивают сборку конкретного узла. Здесь это задание № 1718194 с плановым сроком запуска 17.04.18 и текущим приоритетом 83%, для начала которого на первом переделе требуется комплектация по 44-м позициям входящих материалов. В частности, по изделию «*0110203317 Основание*» при дефиците 30 штук в кладовой имеется 400 штук свободного запаса и ещё 30 штук зарезервированных ранее под другие задания.

С помощью экранной кнопки «*Показать*» можно, – в зависимости от указанной опции, – получить список всех дефицитных позиций по выбранной ячейке, по линейке в целом либо по всем линейкам сразу. Остальные кнопки действуют аналогично описанным выше другим базовым опциям модуля АК. Так, в результате бронирования 30 изделий «*0110203317 Основание*» под задание № 1718194 потребность в данном материале по ячейке будет полностью удовлетворена, причём в свободном запасе их останется ещё 370 штук. Однако, поскольку по ячейке имеются другие дефицитные позиции, статус её укомплектованности изменится с жёлтого на красный. В дальнейшем при полной комплектации цвет индикатора станет зелёным, а после выдачи соответствующих заданий на сборку эта ячейка будет более недоступна для любых операций.

Новая «выкладка» на свободную линейку с автоматическим заполнением всех ячеек происходит в результате выбора из выпадающего списка в ленте управления окна необходимой позиции плана производства и подтверждения операции экранной кнопкой «*На линейку*». При этом все обеспечивающие производственные задания активируются, пересчитывается дефицит и обновляются статусы ячеек. «Освобождение» линейки выполняется автоматически после выдачи на сборку всех обеспечивающих заданий, либо в ручном режиме по кнопке сброса в правой части шапки линейки.

3.9. Показатели результативности

Модуль показателей результативности (PE, Performance Evaluation) системы LS12 предназначен для анализа интегральных характеристик работы отдельных подразделений и всего производства в целом. В рамках принятой модели управления при формировании потребностей используются механизмы укрупнённого планирования и учёта теории ограничений S-DBR / MTA / DBM, поэтому и в качестве главных контрольных критериев рассматриваются соответствующие показатели, ориентированные на конечные (командные) результаты. А поскольку базовым элементом производства считается участок, то такой подход позволяет проводить общий анализ на основе оценки состояния дел по участкам.

С точки зрения роли в процессе удовлетворения внутренних потребностей производства при изготовлении любой детали, сборочной единицы или сборочного узла каждый конкретный производственный участок должен либо выполнить задание к некоторому установленному сроку (для изделий с видом управления «по заказу», по которым данный участок является выпускающим), либо просто как можно быстрее завершить или передать задание на следующий передел (для изделий с видом управления «по уровню» и выполнения работ по кооперации). Следовательно, в первом случае результативность участка следует оценивать по степени отклонения от плановых сроков (оптимальное значение – ноль), во втором – по размеру находящегося в обработке НЗП (чем меньше, тем лучше). С этой целью в модуле PE реализована процедура расчёта двух разработанных в теории ограничений показателей:

TVD (*Throughput-Value Days*) – показатель срыва сроков плана производства или плана комплектации; для любого момента времени t определяется по формуле:

$$TVD(t) = \sum (V_i * TVD_i(t)),$$

где V_i – «ценность» изделия с номером i; $TVD_i(t)$ – дефицит по изделию с номером i на момент времени t; суммирование выполняется по всем позициям, которые на момент времени t должны быть завершены, но по факту ещё находятся в производстве.

IVD (*Inventory-Value Days*) – показатель пролёживания изделий; для любого момента времени t определяется по формуле:

$$IVD(t) = \sum (C_i * IVD_i(t)),$$

где C_i – «замороженная стоимость» изделия с номером i; $IVD_i(t)$ – наличие в производстве изделий с номером i на момент времени t; суммирование выполняется по всем позициям, которые в момент времени t находятся в производстве.

Как известно, даже при изготовлении изделий только «по заказу» плановые сроки можно выдерживать при бóльшем или мéньшем размере НЗП. Кроме того, по одной номенклатуре участок может быть выпускающим, а по другой работать по кооперации. Иными словами, имеет смысл раздельно контролировать НЗП по «своим» изделиям (целиком находящимся в зоне ответственности участка) и по «чужим» (за окончательный выпуск которых отвечают другие подразделения). Поэтому в самом общем случае результативность участка целесообразно оценивать тремя показателями (TVD, IVD_0 и IVD_1), при отсутствии работ по кооперации – двумя (TVD и IVD_0), а при выполнении только работ по кооперации – одним (IVD_1). Тогда интегральная

характеристика в виде комбинации Q этих показателей (например, линейной, – как на схеме рис. 3.9.1) даёт возможность анализировать состояние дел на любом из участков в динамике, а критерий q = Q_0 / Q позволяет сравнивать между собой подразделения, находящиеся на разных этапах производственного процесса: заготовительные, обрабатывающие и сборочные, – где Q_0 это некоторое исходное значение величины Q, принятое за точку отсчёта (для каждого участка своё).

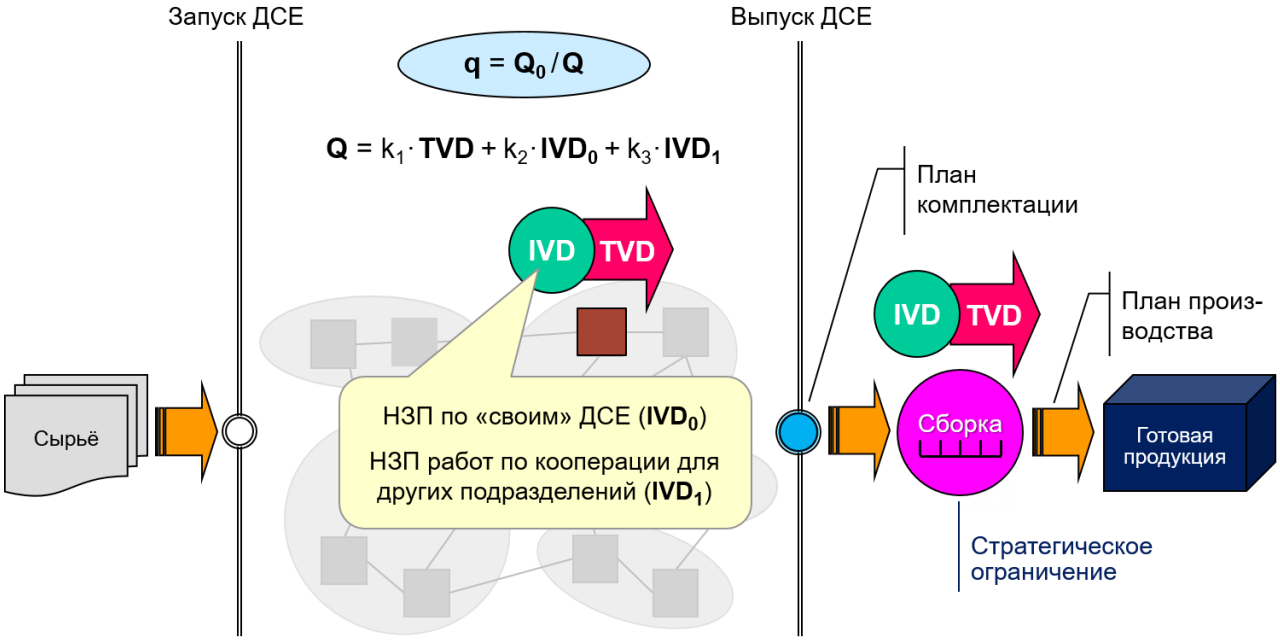


Рис. 3.9.1. Схема применения показателей результативности TVD и IVD.

Следует особо подчеркнуть, что сумма каждого из показателей TVD, IVD_0 и IVD_1 по группе участков представляет собой соответствующую характеристику состояния дел для группы, например, цеха, отдельно обрабатывающего, либо всего производства в целом.

При работе с любой из экранных форм модуля PE необходимо предварительно через набор фильтров в ленте управления выбрать нужные подразделения (один или несколько производственных участков), задать интервал времени (дата «до» и период) и один из двух интересующих показателей. В базовой опции “Анализ TVD / IVD” рабочая область открываемого окна представляет собой графическую панель, показывающую изменения выбранного показателя за указанный период времени. В варианте [TVD] выводятся графики выпуска по плану и по факту, текущие и средние значения (см. пример на рис. 3.9.2), в варианте [IVD] – графики текущих и средних значений показателя (см. пример на рис. 3.9.3). Вид и параметры интегральной характеристики Q и критерия q при необходимости настраиваются под конкретный проект, – как и нормирующие коэффициенты «ценности» и «замороженной стоимости» из приведенного выше определения TVD и IVD. Заметим, что при выровненных графиках выпуска для мелкосерийного и единичного многономенклатурного позаказного производства в первом приближении обычно разумно бывает принять соответствующие коэффициенты равными единице, то есть всё считать в натуральном выражении (например, в штуках ДСЕ или сборочных узлов).

Базовая опция “Анализ НЗП” позволяет анализировать динамику поступления, пролёживания и выхода заданий с производственных переделов (отдельных участ-

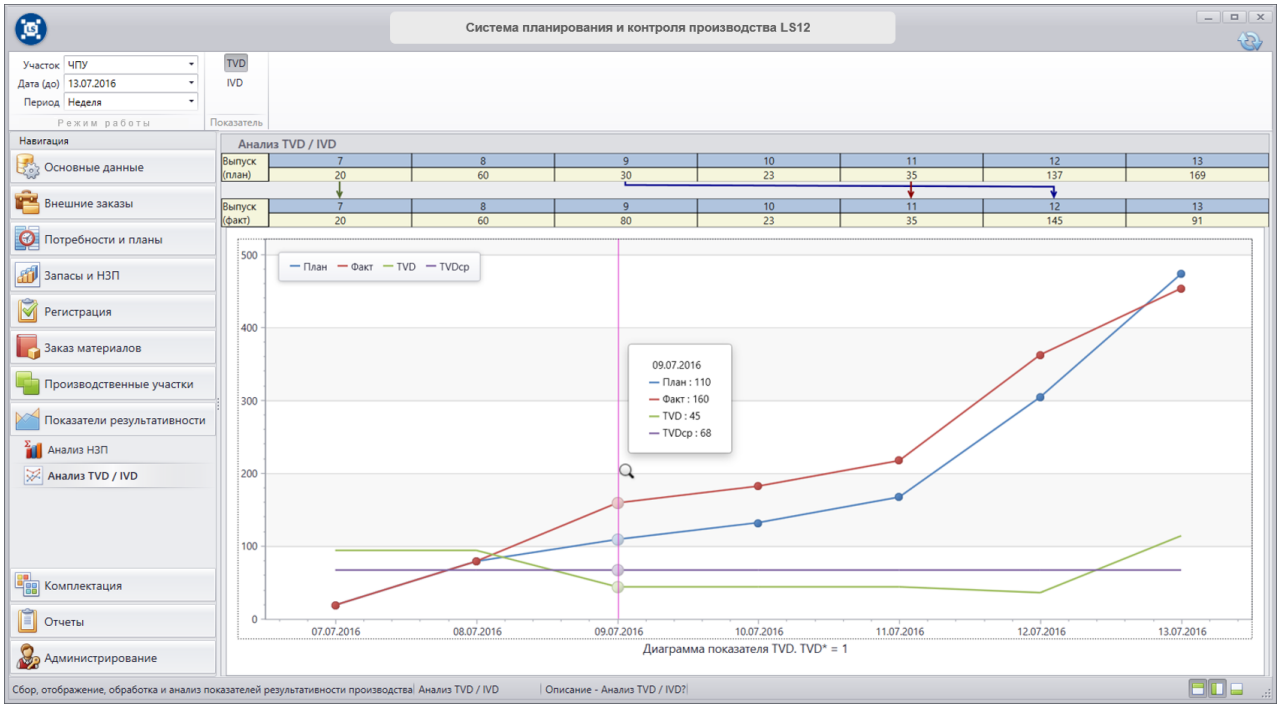


Рис. 3.9.2. Пример экранной формы анализа показателя TVD.

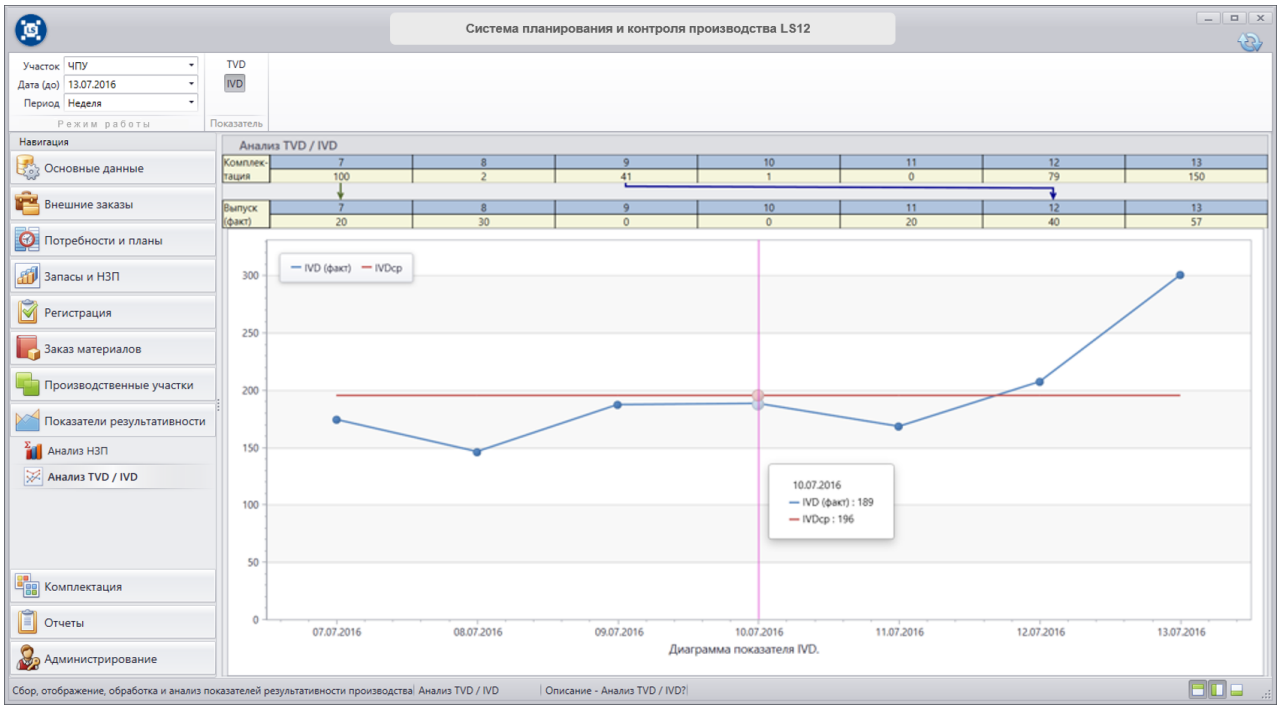


Рис. 3.9.3. Пример экранной формы анализа показателя IVD.

ков либо их групп). В варианте [Движение] в центральной панели рабочей области открываемого окна выводится таблица сводных данных: <Пришло> – <Ушло> – <Изменение> – <Наличие>, – в натуральном выражении (штуках) и в количестве заданий или маршрутных листов (см. пример на рис. 3.9.4) раздельно по рабочим дням выбранного периода времени; в правой панели эти же данные представлены в виде столбиковых диаграмм. В варианте [Наличие] выводится более детальная информация по текущему состоянию НЗП, – списком соответствующих заданий с

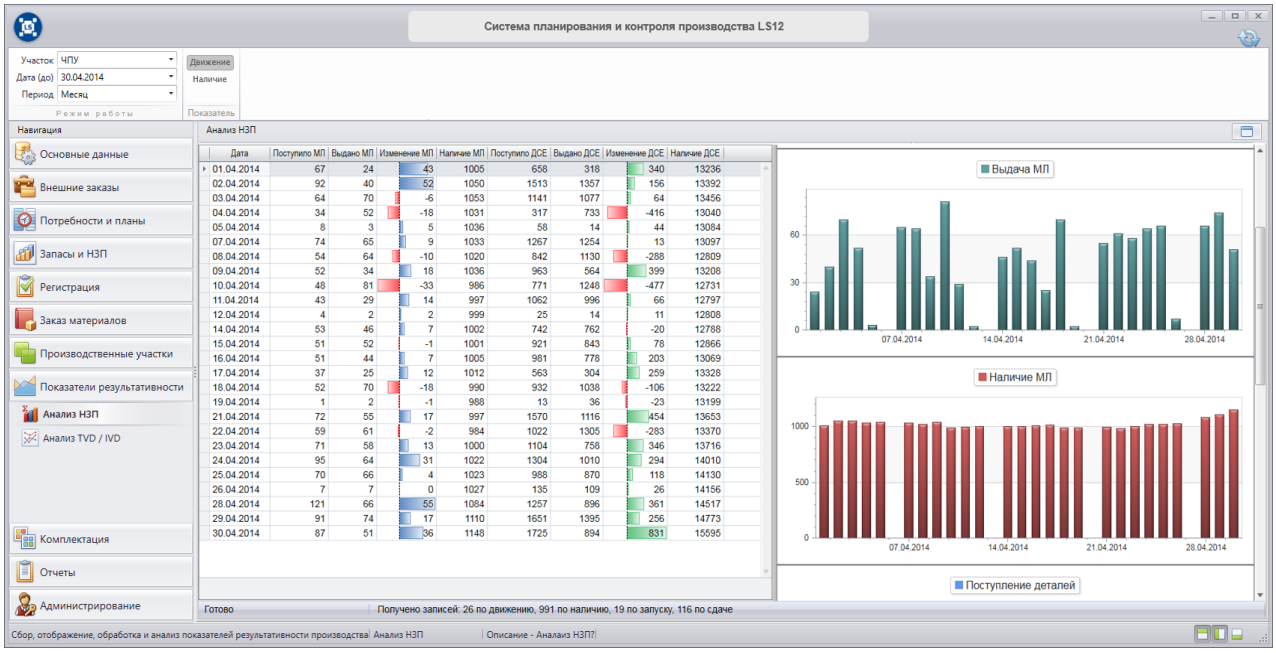


Рис. 3.9.4. Пример экранной формы анализа движения НЗП.

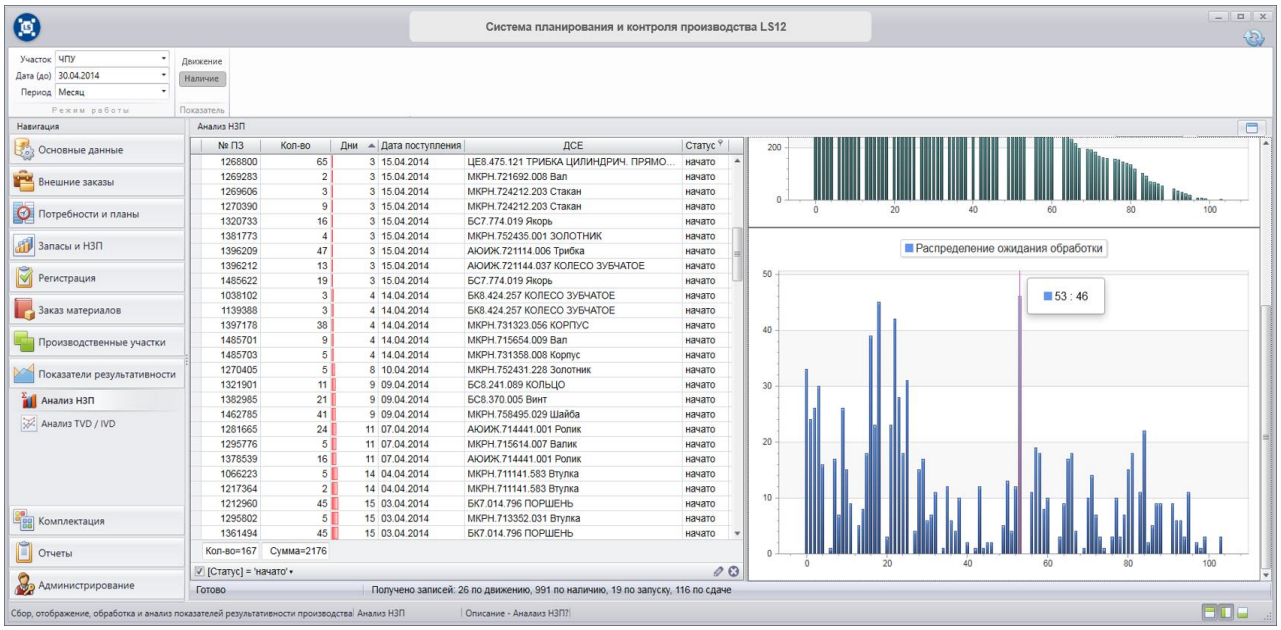


Рис. 3.9.5. Пример экранной формы анализа наличия НЗП.

указанием количества, даты поступления и времени нахождения в указанных подразделениях в днях, а также в виде диаграмм распределения по времени пролёживания (см. пример на рис. 3.9.5).

В рамках принятой модели управления выполняемый средствами модуля PE анализ обеспечивает обратную связь на запуск новых заданий с целью поддержания уровня НЗП в «оптимальном режиме» и, как следствие, стабилизации материальных потоков в производстве.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ

Система LS12 является многопользовательской и рассчитана на работу в локальной вычислительной сети в реальном масштабе времени. Архитектура системы распределённая трёхзвенная “клиент-серверная” (реляционная СУБД – сервер приложений – клиентское приложение), в базовом варианте:

- СУБД Oracle 11+ на базе MS Windows Server 2008R2 (и новее);
- сервер приложений на базе MS Windows Server 2008R2 (и новее);
- клиентское приложение на базе MS Windows 7 SP1 (и новее).

Допускается размещение сервера базы данных и сервера приложений на одном физическом сервере, а также в виртуальной среде.

Программное обеспечение системы LS12 разработано на языке C# 6.0 и программной платформе MS.NET Framework 4.5; пользовательский интерфейс клиентского приложения – на технологии WPF и компонентах DevExpress. Могут рассматриваться варианты реализации отдельных опций в виде веб-клиента.

Требования к аппаратному обеспечению:

- *сервер БД* – x64 система с многоядерным процессором; объём оперативной памяти от 16 ГБ; быстрая дисковая система (предпочтительно SSD) с резервированием данных (RAID); сетевой адаптер 10 Гбит;
- *сервер приложений* – x64 система с многоядерным процессором; объём оперативной памяти от 8 ГБ; стандартная дисковая система; стандартный сетевой адаптер 10 Гбит;
- *клиент* – многоядерный процессор (от 2 ГГц); оперативная память от 2 ГБ; дискретная видеокарта (или встроенная на базе HD Graphics и мощнее), широкоформатный монитор (с диагональю от 19”); стандартный сетевой адаптер (от 100 Мбит);
- *устройства ввода-вывода* – принтер и сканер штрихкодов (USB).

В зависимости от условий приобретения (серверная лицензия либо аренда права пользования) сервер БД и сервер приложений могут размещаться «локально» или в облачной инфраструктуре, с лимитированным либо неограниченным количеством клиентских рабочих мест. СУБД не включена в комплект поставки, поэтому при «локальном» размещении системы приобретается отдельно (допускается эксплуатация на основе бесплатной версии Oracle 11g XE с ограничением объёма пользовательских данных до 11 ГБ и оперативной памяти до 1 ГБ).

Система LS12 может применяться как самостоятельное решение для управления производством, так и в качестве основы или составной части АСУ предприятия (группы предприятий, холдинга). Используемые при разработке и внедрении технологии позволяют в рамках рассматриваемой модели управления адаптировать и при необходимости модифицировать стандартное программное обеспечение под конкретные условия и особенности любого производственного предприятия, а также интегрироваться с другими информационными системами.

5. ИНТЕГРАЦИЯ С ДРУГИМИ СИСТЕМАМИ

Система LS12 может быть интегрирована в единый комплекс автоматизации и информационной поддержки бизнес-процессов управления предприятием в условиях следующего разграничения функций (рис. 5.1):

- *Бизнес-процессы управления производством* автоматизируются на основе системы LS12, реализующей необходимую функциональность решения задач планирования, учёта и контроля производственных процессов и настроенной на особенности конкретного предприятия.
- *Корпоративные бизнес-процессы*, – включающие бухгалтерский и управленческий учет, работу с персоналом, конструкторскую и технологическую подготовку производства, отношения с контрагентами – поддерживаются в рамках одной или нескольких информационных систем (ERP / PLM / SCM и др.).
- *Управление технологическими процессами* организовано с использованием специализированных программно-аппаратных средств мониторинга работы оборудования.

Предполагается, что обмен данными между системами управления разных уровней обеспечивается специализированными интерфейсами. В общем случае соответствующие информационные потоки могут быть разнонаправленными; в типовом варианте так называемого универсального интерфейса – только из системы LS12 во внешнее окружение, что на рис. 5.1 обозначено стрелками красного цвета.

Интеграция с внешними системами (ВС) проводится на основе перечисленных ниже принципов:

- Логическое разграничение реализуемых функций разных систем по схеме «управление производством (материальные потоки: LS12) – корпоративное управление (прежде всего, финансовые потоки: ВС) и соответствующая организация работы управленческого персонала по принципу «один АРМ – одна система».

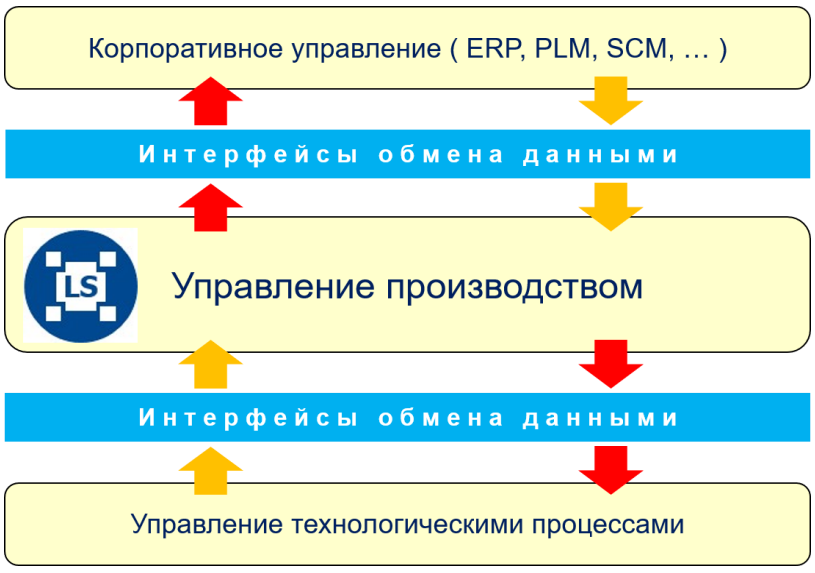


Рис. 5.1. Общая схема обмена данными системы LS12 с внешним окружением.

- Использование унифицированных базовых справочников: номенклатуры, единиц измерения и других, – с возможностью (по крайней мере, на первых этапах интеграции) режима «ручной» синхронизации.
- Фиксирование следующих точек соприкосновения систем (информационных потоков обмена данными):
  - *данные об изделиях*; номенклатурный справочник и спецификации изделий (изготавливаемых и закупаемых), – составы, маршруты / этапы обработки и технологические карты;
  - *данные о внешних заказах* на изготовление / отгрузку конечной продукции;
  - *данные о заказах на закупку* сырья, материалов и комплектующих;
  - *данные о движении складских запасов*, включая поступление и списание по всем производственным складам;
  - *данные о движении НЗП* (по переделам, – от активации / разрешения на запуск соответствующих производственных заданий до регистрации их завершения);
  - *данные по выработке* производственного персонала на основе сформированных наряд-заданий / сменно-суточных заданий.
- Получение необходимых данных путем прямого доступа из ВС к интерфейсным таблицам базы данных LS12. По каждому из информационных потоков передающая сторона обеспечивает заполнение интерфейсных таблиц, а принимающая – их обработку.
- Разработка на основе перечисленных принципов интеграции технического регламента информационного обмена с подробным описанием форматов и режимов загрузки-выгрузки данных.
- Осуществление физического взаимодействия систем по развёрнутой на предприятии локальной вычислительной сети.

Практическая реализация интерфейсов предполагает выполнение заинтересованными сторонами перечисленных ниже действий:

➢ *Со стороны LS12*
  - создание необходимых интерфейсных таблиц и настройка / доработка программного обеспечения для загрузки-выгрузки данных в соответствии с согласованным регламентом информационного обмена;
  - тестирование интерфейсов в процессе их опытной эксплуатации;
  - техническая поддержка «своего» программного обеспечения.

➢ *Со стороны ВС*
  - разработка программного обеспечения для загрузки-выгрузки данных из интерфейсных таблиц в соответствии с согласованным регламентом информационного обмена;
  - тестирование интерфейсов в процессе их опытной эксплуатации;
  - техническая поддержка «своего» программного обеспечения.

6. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

По адресу http://lipro.ru/Page/ResourcesPage.html размещена подборка печатных, аудио- и видеоматериалов с более подробным описанием парадигмы, принципов и подходов, на основе которых система LS12 разработана и используется в практике управления производством:

- «*Как стать Тойотой при мелкосерийном производстве*» (видеофайл презентации основных принципов и подходов реализованной в системе модели управления производством).
- Материалы о развитии производственной системы Ковровского электромеханического завода, включая статью «*Инновационные подходы к созданию системы управления высокотехнологичным производством*» и демонстрационный видеоролик «*Новая российская система управления производством для машиностроения и металлообработки*».
- «*Заметки консультанта по управлению производством*» (серия статей с обоснованием применяемой парадигмы управления производственным предприятием):
  - О здравом смысле и системном мышлении
  - О вариабельности и зависимости процессов
  - О детальном и укрупнённом планировании
  - О себестоимости и трудоёмкости
  - О мотивации и демотивации работников
  - О сдельной и не-сдельной оплате труда
  - Почему 1С не годится для управления мелкосерийным производством
- «*Как всё начиналось и что в результате получилось»* (аудиофайл интервью об истории и этапах разработки новых моделей управления и системы LS12).

За консультациями и по вопросам внедрения системы LS12 следует обращаться в компанию – разработчик либо к её официальным партнёрам:

ООО «ЛИПРО Решение» (РФ, г. Москва):

http://www.lipro.ru

E-mail: info@lipro.ru

Тел.: +7.985.999.8039

Вы можете не меняться,
выживание не является обязанностью.

Эдвардс Деминг