

Д. Конвичка,
председатель правления
и генеральный директор,
ЛОГИС (г. Френштад под Радгоштем,
Чешская Республика),

В. Солодовников,
к. т. н., доцент кафедры управления
цепями поставок, НИУ ВШЭ,
директор по развитию бизнеса,
ЛОГИС (г. Френштад под Радгоштем,
Чешская Республика – Москва,
Россия)

Сравнительный анализ архитектур систем оперативного планирования производства с точки зрения их применения в условиях комплексных сред (на практическом примере TimkenSteel, США)

Аннотация: в статье приведены результаты сравнительного анализа архитектур систем оперативного планирования производства с точки зрения их применения в условиях комплексных сред. В качестве примера приведен опыт внедрения многопользовательской системы планирования с распределенной рабочей областью у производителя специальных сталей – TimkenSteel, США.

Ключевые слова: комплексные среды планирования, планирование в команде, архитектуры систем оперативного планирования производства.

Annotation: the results of the comparative analysis of planning software architectures from the perspective of their application in demanding planning environments are provided in the article. Example of implementation of multi-user planning software with multiple working spaces at special steel maker TimkenSteel, USA is provided.

Keywords: demanding planning environments, team planning, production planning system architectures.

Выбор оптимальной архитектуры системы[8] для поддержки процесса оперативного планирования производства является залогом качественных планов. Этот вопрос особенно актуален для сложных с технологической точки зрения производств с комплексными средами планирования[2] (таких как, например, производство стали[1-5]), где в ходе планирования используется труд группы планировщиков[3,4]. Данный вопрос слабо освещен в современной научной и бизнес-литературе и требует дальнейшего изучения и формализации.

В рамках настоящей статьи будет проведен сравнительный анализ различных архитектур систем оперативного планирования с точки зрения их поддержки коллективной работы планировщиков, приведен опыт внедрения системы оперативного планирования в металлургической компании TimkenSteel, США.

Однопользовательская система планирования

Однопользовательские системы планирования не способны одновременно поддерживать работу более одного планировщика в каждый конкретный момент времени (см. рис. 1).

Примечание. На рисунке 1 приведена история работы двух планировщиков, которые создают Окончательный План (ОП), используя систему планирования. Направление времени обозначено стрелкой «Время». Перед началом работы планировщиков необходимо выпол-

нить определенные подготовительные/технические операции (для примера, загрузка данных из соответствующих систем). Планировщик А начинает планировать в системе после выполнение этих работ. В процессе работы с системой планировщик принимает решения и вносит изменения (Действия Планирования) в план. На рисунке 1 Действия Планирования представлены стрелками, направленными от иконки планировщика. При этом вершина стрелок указывает на временной период, куда вносятся изменения. После того, как Планировщик А закончил свою работу, с планом начинает работать Планировщик В. Выделенная жирным стрелка на рисунке 1 показывает Действие Планирования В4, выполненное планировщиком В. В результате этого были удалены действия планирования А2 Планировщика А. Подвергшееся изменению Действие Планирования представлено жирной прерывистой серой стрелкой и удаленный результат планирования представлен красным кругом. Красный круг в ОП демонстрирует тот факт, что проблема из-за скрытого конфликта, которую Планировщик А считал разрешенной, в действительности не решена в ОП. Ценность Окончательного плана, таким образом, уменьшена.

Использование однопользовательской системы планирования является затратным по времени. В такой системе пользователи могут работать только последовательно. Это значительно увеличивает время необходимое для создания финального плана.

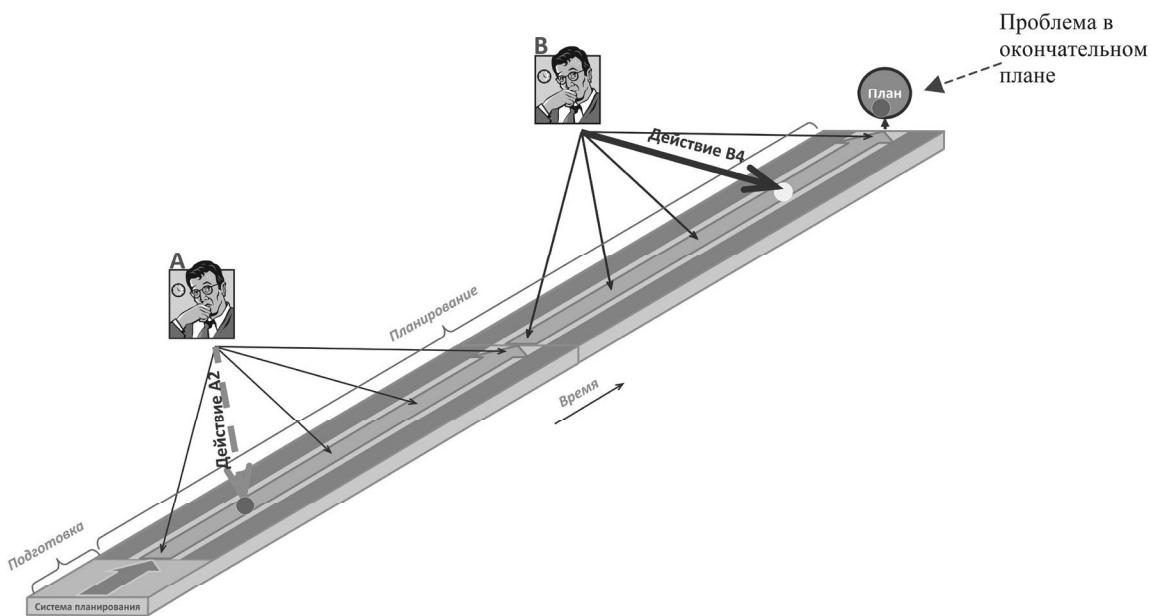


Рис. 1. Процесс последовательного планирования в однопользовательской системе планирования

Также в процессе планирования даже относительно простых производств сложно избежать, а иногда и невозможно конфликтов связанных с удалением корректировок плана одного планировщика действиями других специалистов. При этом может значительно пострадать реалистичность и качество плана.

Другим важным аспектом применения однопользовательской системы является длительность процесса планирования. Длительность процесса планирования стремительно возрастает с увеличением количества планировщиков. Но даже с небольшим числом планировщиков, возникают проблемы с поддержкой устойчивого цикла планирования и обеспечения возможностей быстрой реакции на изменяющиеся условия. Для любой группы планировщиков команда-

ная работа является ключом к высокой эффективности. У однопользовательских систем планирования подобной функциональности нет и не может быть.

Многопользовательская система планирования с общей рабочей областью

Наиболее часто встречающаяся архитектура – это многопользовательская система с общей рабочей областью для всех планировщиков.

Процесс планирования с использованием данных систем схож с ранее рассмотренным. Отличие заключается в том, что в ходе планирования одновременно работать с планом могут больше чем один планировщик (см. рис. 2).

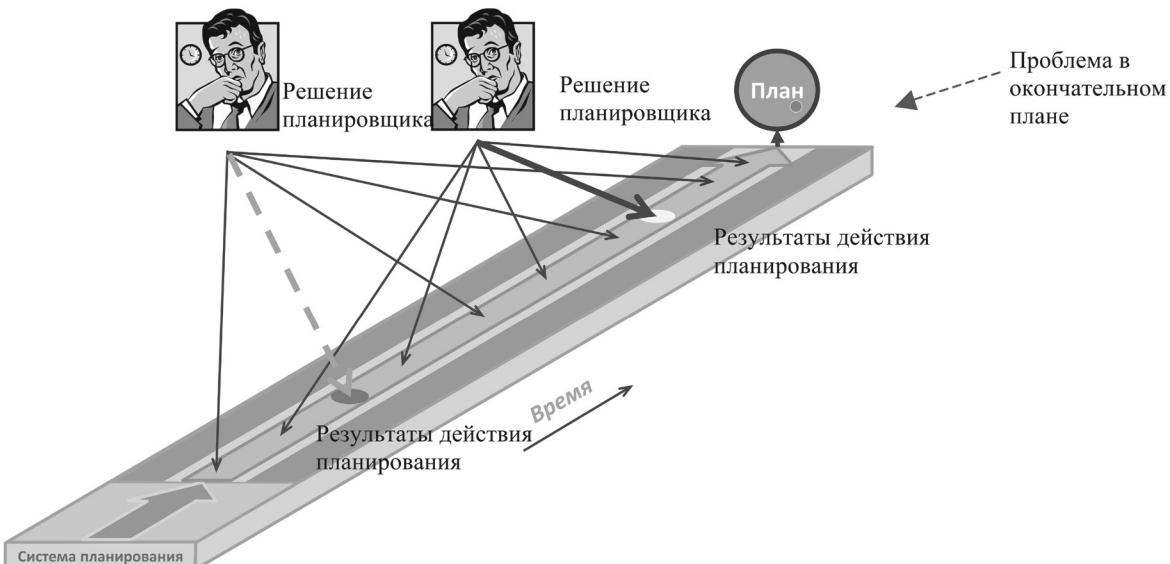


Рис. 2. Процесс планирования в многопользовательской системе планирования с общей рабочей областью

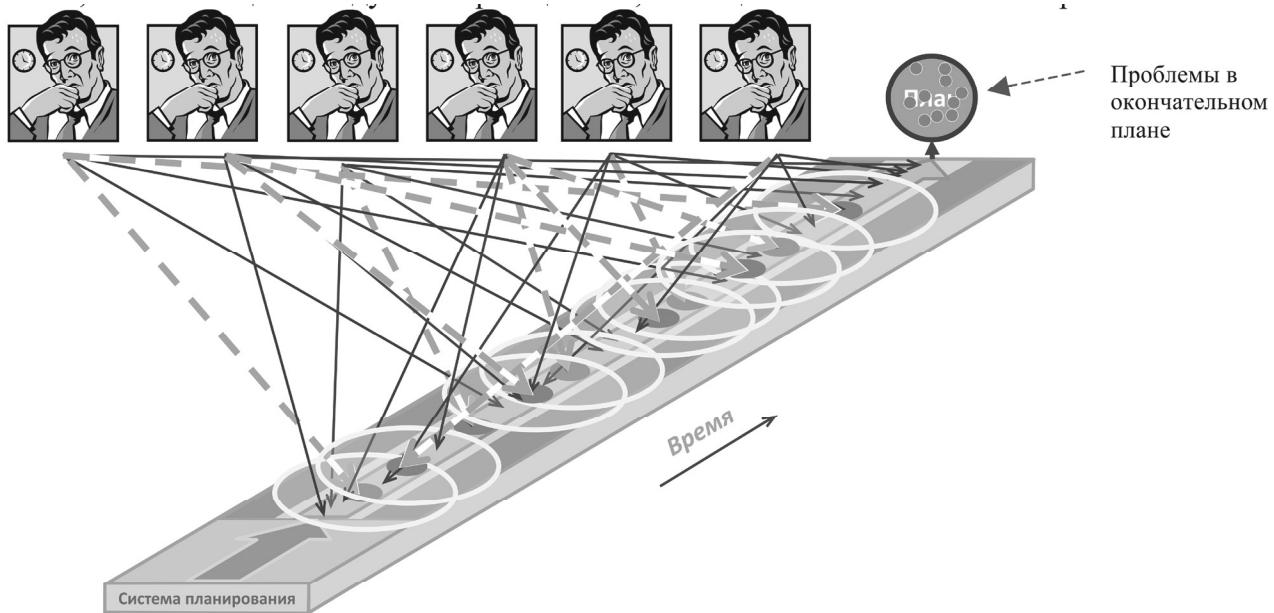


Рис. 3. Корреляция между числом планировщиков и количеством конфликтов

В данном случае по сравнению с однопользовательскими системами рабочее время планировщиками используется более эффективно.

Однако остается нерешенной проблема конфликтов, которая оказывает негативное влияние на качество плана. Даже при небольшом количестве планировщиков количество конфликтных ситуаций может быть значительным, что отрицательно влияет на качество плана.

По мере увеличения числа планировщиков, число конфликтных ситуаций также возрастает (см. рис. 3). Даже в случае, если время процесса планирования не ограничено, конфликты, возникающие между планировщиками, все еще являются основной проблемой.

Таким образом, в рассматриваемых системах, несмотря на некоторое первоначальное снижение длительности всего цикла планирования, все еще невозможно эффективно решить проблему с конфликтными ситуациями планировщиков. Также следует отметить, что эти системы

планирования не имеют функциональности поддержки и координации коллективной работы планировщиков.

Многопользовательские системы планирования с распределенной рабочей областью

Следующий тип систем — многопользовательские системы планирования с распределенной рабочей областью. Процесс планирования в этих системах отличается от всех рассмотренных ранее. Он разделен на три этапа (см. рис. 4). За этапом подготовки исходных данных, который является общим для всех архитектур, следуют два этапа вместо одного: формирование предложений; финализация плана. В многопользовательской системе планирования с распределенной рабочей областью каждому планировщику предоставляется собственная рабочая область с копией исходного плана. Планировщики имеют воз-

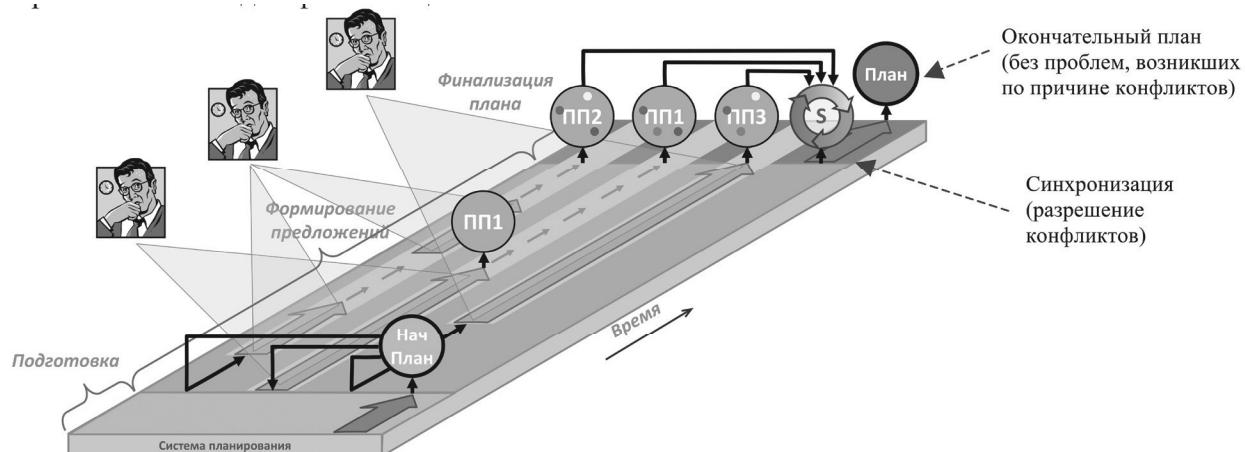


Рис. 4. Процесс планирования в многопользовательской системе планирования с распределенной рабочей областью

Сравнительный анализ архитектур систем оперативного планирования производства для условий комплексных сред

Архитектура	Качество плана (Конфликты)	Продолжительность цикла планирования	Командная работа	Координация группы планирования
Однопользовательская				
Многопользовательская с общей рабочей областью	/			
Многопользовательская с распределенной рабочей областью				

можность работать в параллельном режиме, время от времени обмениваясь информацией между собой. Конфликты, которые не удалось решить в рамках сессии формирования предложений, разрешаются на стадии финализации плана.

В отличие от других архитектур, в рассматриваемом варианте отсутствуют инциденты непреднамеренного и невозвратимого удаления предложений разных планировщиков. Ни одна деталь плана не удаляется в результате конфликтов. Многопользовательские системы планирования с распределенной рабочей областью единственны в своем роде приложения, которые позволяют решать проблемы потери ценной информации в ходе коллективной работы с планом, тем самым повышая качественный уровень всего процесса. Это значит, что данная архитектура первая в своем роде, которая позволяет оценивать различные конфликтующие предложения с целью максимизации ценности финального плана. Эта задача решается в рамках заключительного этапа планирования.

Этап финализации включает в себя так называемую, синхронизацию, цель которой сбалансировать предложения разных экспертов между собой. Финальная синхронизация может осуществляться автоматически, полуавтоматически или в ручном режиме. Главный планировщик является главным пользователем этого инструмента.

Многопользовательская система планирования с распределенной рабочей областью является первой системой, которая обеспечивает эффективную поддержку как работы планировщиков между собой, так и их координации извне. Представленные доводы говорят о том, что рассматриваемые системы имеют существенные преимущества перед другими системами и с большей вероятностью обеспечивают подготовку более

качественного плана. Ключом к успеху является систематическое разрешение возникающих конфликтных ситуаций без потери какой-либо информации.

Время планирования, дневной цикл планирования значительно сокращаются, так как планировщики имеют возможность работать в параллельном режиме. Рассматриваемые системы в полной мере поддерживают коллективную работу планировщиков. Немаловажным аспектом является поддержка данными системами функций координации группы планирования главным планировщиком.

Архитектуры систем оперативного планирования – Сравнительный анализ

При анализе трех архитектур систем планирования, рассмотренных ранее, с точки зрения их вклада в повышение качества плана, очевидны преимущества многопользовательских систем планирования с распределенной рабочей областью с точки зрения: длительности цикла планирования, возможностей поддержки коллективной работы планировщиков и их координации (см. таблица 1).

Пример внедрения многопользовательской системы планирования с распределенной рабочей областью у производителя специальных сталей – TimkenSteel

TimkenSteel производит под заказ сортовые заготовки, слитки, трубы и высокотехнологичную продукцию из специальных марок стали, которые отличаются высоким качеством и непревзойденными эксплуатационными характеристиками. Продукцию компании можно

найти в подшипниковых узлах; в буровых установках; в двигателях ветряных мельниц; в крановых установках и в оборудовании многих других отраслей.

Производственно-логистическая цепь поставок компании (см. рис. 5) включает в себя три производственные площадки. На первых двух осуществляется выплавка и разливка стали как на МНЛЗ, так и путем разливки в изложницы сифонным способом. Третья отвечает за дальнейшие переделы, а именно производство бесшовных труб, термическое отделение. Перед отгрузкой продукция проходит финальные стадии подготовки продукции.

Планирование в команде

Процесс производственного планирования в компании охватывает цепь достаточно сложных материальных потоков с большим количеством агрегатов, имеющих специфические требования к планированию. Для одного планировщика создание качественного производственного плана всего этого производственного комплекса было бы непосильной задачей. Поэтому в компании работает группа, состоящая из 10-ти планировщиков.

Одним из наиболее значимых результатов внедрения системы оперативного планирования с распределенной рабочей областью является тот факт, что в компании удалось создать решение, которое позволяет планировщикам работать в команде. Это значит, что конфликты между решениями планировщиков в ходе планирования решаются систематически и благодаря этому удается достичь синергетического эффекта в повышении качества плана. Ключевыми элементами новой системы планирования являются так называемые домены планирования и функции

ональность по синхронизации решений планировщиков.

Домены планирования

Многопользовательское планирование с распределенной рабочей областью

Одной из ключевых особенностей новой системы планирования является применения концепции доменов планирования или рабочих областей планировщиков. Домены планирования это частично независимые рабочие области планировщиков, число которых определяется сложностью производства. На рисунке 6 можно увидеть покрытие доменами цепи поставок компании.

Проектная группа по внедрению новой системы планирования решила разбить производственный комплекс на 5 доменов планирования: выплавка и разливка (LCS), горячий прокат (HRM), производство бесшовных труб (PRC), термообработка (TT) финализация (FIN). За подготовку производственного плана для каждого домена планирования отвечает один или несколько планировщиков. Кроме вышеназванных пяти доменов планирования, существуют специальные домены планирования. Эти домены созданы для пользователей, работающих с планами в режиме просмотра.

Каждый планировщик может создать свою отдельную версию плана в своем домене планирования. Таким образом, эти версии планов доменов будут независимы друг от друга на этом этапе планирования, и все решения планировщиков будут в них сохранены.

Базовые настройки к различным доменам планирования в основном одни и те же. В то же время отдельные домены планирования могут иметь специфичные требования. Ниже для примера приведены требования некоторых доменов:

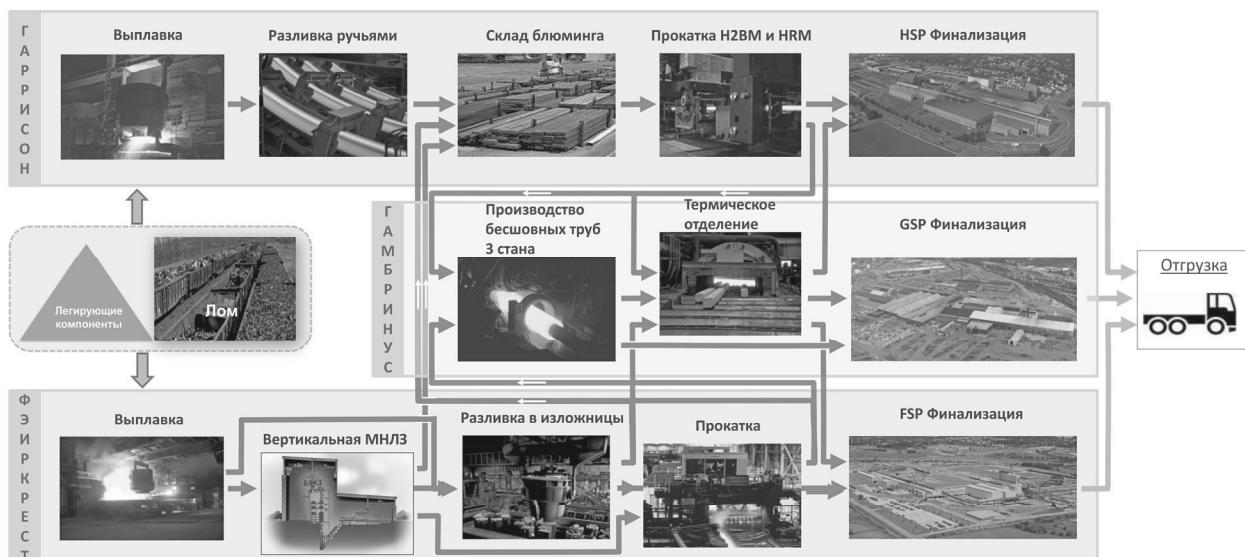


Рис. 5. Схема производственно-логистической цепи поставок



ОРГАНИЗАЦИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ

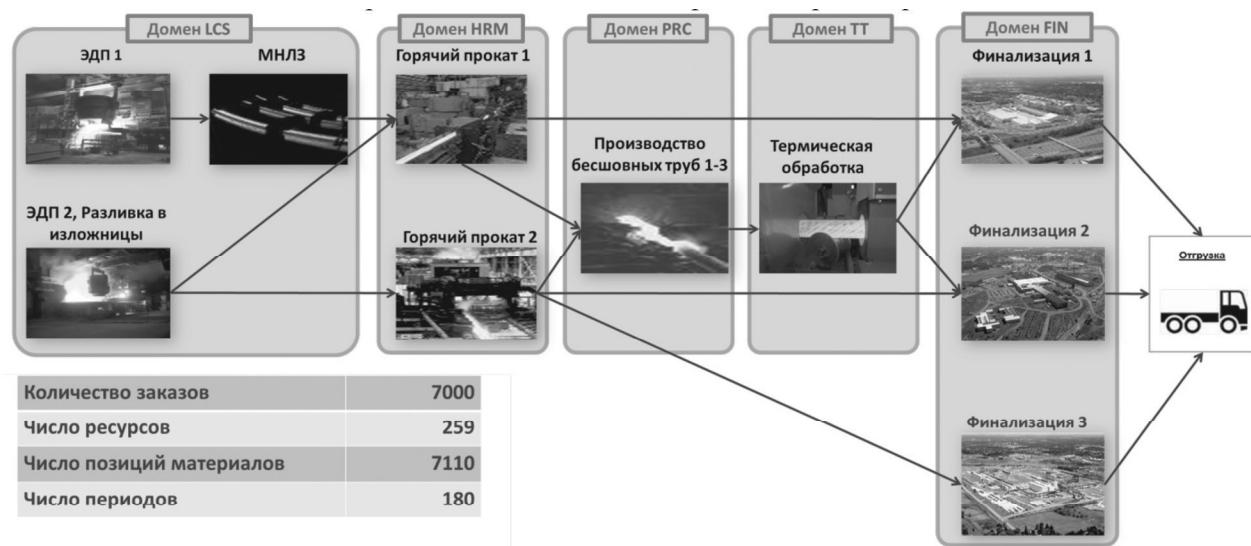


Рис. 6. Разбиение цепи поставок на домены планирования

- ♦ тесная связь домена сталеплавильного производства (домен LCS) с решением по графикованию выплавки и разливки;

Примечание: Домен можно использовать для интеграции данных из внешних программных модулей. Таким образом, решение можно применять в качестве общего информационного пространства для других модулей планирования и составления графиков. TimkenSteel использует специальный инструмент для составления графиков выплавки и разливки – LOGIS Caster Scheduler, который интегрирован в систему планирования в качестве отдельного домена (см. рис. 7).

- ♦ три уровня производственных кампаний и детальный график производства на площадке горячего проката (HRM домен планирования);
- ♦ производственные кампании и альтернативные ресурсы в трубопрокатном производстве (PRC домен планирования);
- ♦ динамичное планирование кампаний на основании актуального портфеля заказов, множе-

ство альтернативных ресурсов, требования по формированию производственных партий для термического участка (TT домен планирования);

- ♦ альтернативные маршруты производства.

Сессии производственного планирования

Следующие абзацы посвящены сессиям по производственному планированию.

Работа в доменах планирования

Основная часть работы с планом осуществляется планировщиками в течение дня в соответствующих доменах планирования (см. рис. 7). Планировщики оценивают план исполнения заказов и загрузку ресурсов в зоне своего домена планирования и, комбинируя автоматический и ручной режимы планирования, создают план производства в этом домене. Планировщики доменов видят

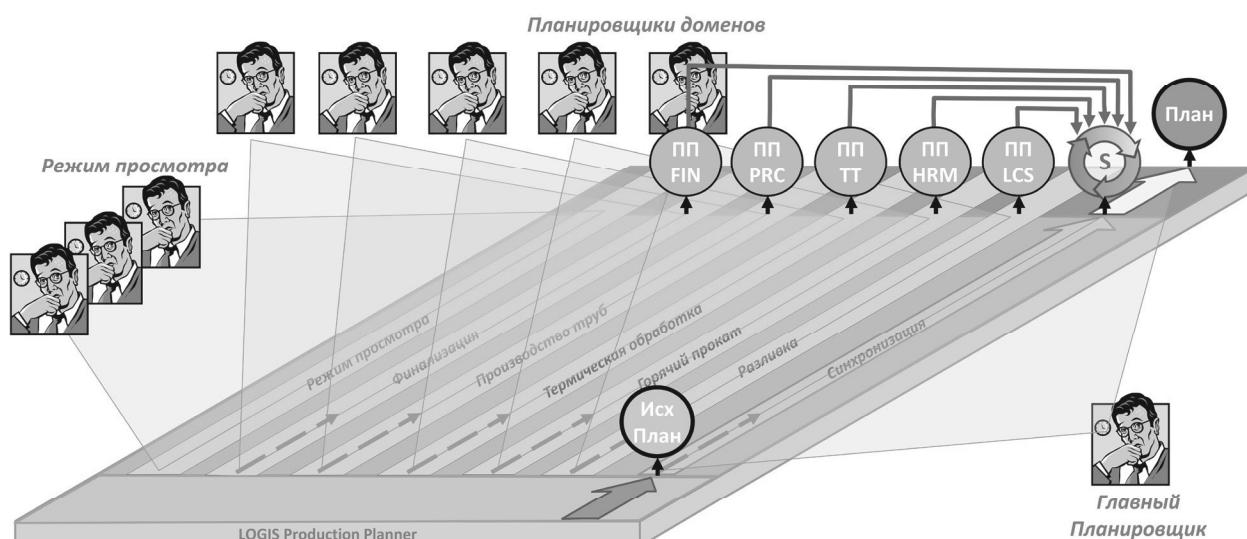


Рис. 7. Организация процесса планирования

актуальные планы производства друг друга в каждый момент времени, однако эти планы не оказывают влияния на их собственные версии производственного плана до определенного момента времени.

Рабочая область главного планировщика

Для главного планировщика разработана специальная рабочая область (см. рисунок 7). Она доступна для него в течение всего процесса планирования, а не только в рамках планирования доменов. В этой рабочей области главный планировщик может настроить график сессий планирования, задать время на независимое планирование доменов, проанализировать планы доменов и возможные конфликты между ними, запустить процедуру синхронизации планов доменов (см. описание ниже) и т.д.

Конфликты между планами различных доменов

Благодаря тесной зависимости доменов планирования, связанных между собой материальными потоками, часто возникают ситуации, когда решения планировщиков различных доменов конфликтуют друг с другом.

Подобные конфликты можно воспринимать как неизбежное зло при планировании. Однако с точки зрения бизнеса, при планировании в команде, подобные конфликты являются возможностью повышения качества плана. Отслеживание этих конфликтов позволяет проанализировать причины их возникновения и логику принятия решений планировщиками, а также выбрать наиболее подходящее решение для каждого конкретного случая. В этом случае ни одно предложение планировщиков не должно быть потеряно, как это обычно происходит в классических системах планирования. Ситуации, когда при работе нескольких планировщиков одновременно в системе, решения одного планировщика отменяют решения другого без детального анализа значимости отмеченных изменений и выбора наилучшего решения, должны быть исключены.

Новая система планирования выявляет подобные конфликты автоматически и информирует об этом всех участников процесса планирования незамедлительно. Таким образом, планировщики могут отреагировать на эти конфликтные ситуации по мере их возникновения или дождаться процедуры синхронизации, основная цель которой разрешение подобных конфликтов.

Синхронизация

Финальный план производства должен трактоваться однозначно всеми участниками планирования, т.е. он не должен содержать противоречий. Для получения такого плана, планы различных доменов должны быть синхронизированы.

Результатом этой процедуры является финальный план производства.

Главный планировщик назначает время в течение дня для начала процедуры синхронизации. При синхронизации выявляются конфликты между решениями планировщиков различных доменов и предлагаются возможные решения на основе заданных правил и приоритетности доменов.

Оценка качества плана

Для главного планировщика очень важно иметь оценку в каждый момент времени качества синхронизированного плана. Показатели эффективности оценивают качество производственного комплекса в целом, а также на уровне каждого производственного ресурса и на уровне каждого клиентского заказа.

Формирование окончательного плана / Завершение сессии планирования

После синхронизации начинается этап публикации финальной версии плана. Главный планировщик еще раз оценивает результаты планирования и принимает решение о публикации новой версии плана. После сохранения плана, он становится доступным для заданных участников процесса планирования и исполнения и с этого момента может начаться следующая сессия планирования.

Внедрение новой системы планирования в TimkenSteel позволило существенно повысить качество планов, их ключевых показателей эффективности [3]. На рисунке 8 приведена динамика показатели дисциплины отгрузки готовой продукции до и после внедрения системы планирования нового поколения.

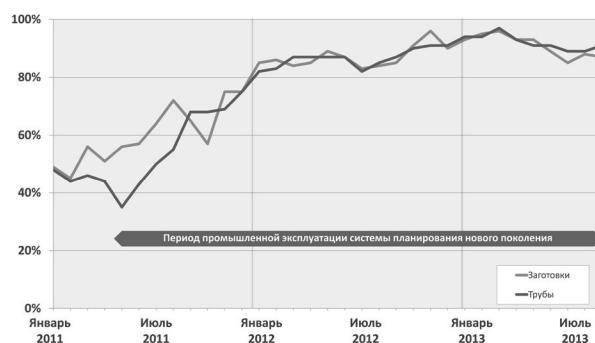


Рис. 8. Дисциплина отгрузки в TimkenSteel

Выводы

Несмотря на стремительное развитие информационных технологий, создание адаптивной системы автоматического управления цепью поставок, которая бы могла работать без значительного вовлечения человека, на сегодняшний день не представляется возможным. Более того, усложнение материальных потоков в производственно-логистических цепях поставок современных пред-

приятий зачастую требует привлечения целой команды экспертов по планированию[6,7]. В связи с этим к информационным технологиям по оперативному планированию сегодня предъявляются новые требования — поддержка и управление командной работой группы планирования в ком-

плексных средах[2]. Исходя из этого, можно сделать вывод, что в ближайшие годы на рынке APS систем будут активно развиваться решения нового поколения, которые будут отвечать этим новым требованиям.

РИСК

Библиографический список

- Degner M. and others. Steel Manual. – Dusseldorf: Steel Institute VDEh, 2008. – 185 p.*
- Конвичка Д., Солодовников В.В. Инновационное планирование и составление графиков в комплексных средах// Логистика и управление цепями поставок. 2015. № 6 (71).*
- Конвичка Д., Солодовников В.В. Повышение качества клиентского сервиса и производственной эффективности производителя спецсталий благодаря улучшению процессов планирования удовлетворения заказов// Логистика и управление цепями поставок. 2014. № 4 (63).*
- Конвичка Д., Солодовников В.В. Усиление конкурентных преимуществ производителя стали бла-*

годаря повышению качества составления графиков выплавки и разливки// Логистика и управление цепями поставок. 2014. № 6 (65).

- Ойкс Г.Н. Производств стали. – М.:Металлургия, 1974. – 440 с.*
- Сергеев В.И. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов – М.:Инфра-М, 2005. – 975 с.*
- Сергеев В.И. Управление цепями поставок: учебник. – М.: Юрайт, 2015. – 480 с.*
- Трутнев Д.Р. Архитектуры информационных систем. Основы проектирования: учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 66 с.*

Российский экономический интернет-журнал

www.e-rej.ru

Научное электронное издание ориентировано на широкий круг читателей, интересующихся вопросами экономики, и адресуется ученым, преподавателям, аспирантам и студентам, работникам федеральных и региональных органов государственного управления и местного самоуправления, а также предпринимателям и менеджерам. Выходит с 2001 года.

Издание включено в Перечень Высшей аттестационной комиссии России (ВАК) — список изданий, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.



Доступ ко всем статьям журнала бесплатный

реклама