

# Комплексное проектирование и производство с использованием полного объема информации – путь к повышению эффективности

В статье описан совместный 3D-проект компаний Intergraph PP&M и NESTIX по автоматизации цеха изготовления трубных узлов второго по величине производственного предприятия Малайзии, предоставляющего полный диапазон услуг по проектированию и выпуску оборудования для нефтегазовой промышленности. Реализация проекта демонстрирует преимущества комплексного подхода к автоматизации работы сборочных цехов предприятий различных отраслей промышленности. Созданное решение одновременно обеспечивает многодисциплинарное проектирование, изготовление, управление материалами и качеством, а также производственным оборудованием.

### *Проблемы промышленности*

Одним из ранних этапов реализации проектов в области строительства промышленных объектов является предварительная сборка, которая оказывает значительное влияние на успешное осуществление проекта. Во время этого этапа в качестве основной задачи выступает эффективное планирование и оперативное управление производственной деятельностью при необходимости сокращения времени и стоимости реализации проекта. Однако производство в области строительства судов и морских сооружений представляет собой сложный процесс с высокой сте-



Компания *Intergraph Process, Power & Marine (PP&M)* является частью корпорации *Hexagon* и мировым поставщиком решений в области разработки инженерного ПО для проектирования, строительства и эксплуатации заводов, кораблей и морских сооружений. Компания *NESTIX Oy* (Финляндия) приобретена *Intergraph PP&M* в 2016 году. Решение *Smart Production*, выполненное на основе ПО *NESTIX*, имеет более чем 20-летнюю историю. Это решение развивалось совместно с основными верфями и предприятиями по строительству морских сооружений.

пению неопределенности, в связи с чем большинство производителей испытывают затруднения при оценке проектов. Проблемами, осложняющими проведение такой оценки, являются:

- ▶ огромное количество различных деталей и узлов, необходимых для каждого проекта;
- ▶ постоянная необходимость сокращения расходов;
- ▶ жесткие сроки реализации проекта;
- ▶ частые изменения конструкции;
- ▶ несовершенство традиционных методов планирования.

## Традиционный подход к процессу производства

В стремлении повысить эффективность производственных процессов многие предприятия пытаются увеличить производственные возможности своих цехов. Как правило, это делается за счет размещения все более автоматизированного станочного оборудования, такого как станки с ЧПУ, а также роботизированных сборочных и сварочных машин. Однако верфи, которые инвестировали в такое оборудование, столкнулись с тем, что традиционные процедуры планирования и выбора маршрутов не в состоянии эффективно управлять взаимосвязанными процессами, характерными для автоматизированных рабочих мест.

На описываемой малазийской верфи существовали аналогичные проблемы. В процессе планирования заказы на изготовление трубных узлов оформлялись на дату готовности комплектного оборудования без учета загрузки цехов. В результате заказы оформлялись на более ранние даты для достижения требуемого уровня производственных возможностей цеха. Трубные узлы изготавливались из доступных материалов, имеющих в наличии.

При строительстве судов и морских сооружений планирование загрузки рабочих мест не может быть оптимизировано из-за серийного характера производства, его целесообразно производить с учетом критериев трудоемкости. Решения в области планирования и маршрутизации должны учитывать такие параметры, как время, затраченное на отдельные процессы, производительность рабочих комплексов, изменения конструкции и сроков исполнения, а также загрузку цеха. Традиционные способы планирования не способны в полной мере учитывать указанные переменные и вносить соответствующие

изменения в силу динамичного характера процессов в области судостроения. В этой связи внедрение эффективного планирования и управления при производстве деталей и трубных узлов для корпусов судов и морских сооружений должно основываться на принципах "цифрового завода".

## Целостный подход к процессу производства

В процессе реализации описываемого проекта стало очевидным, что для обеспечения своевременности поставок, оптимизации ресурсов, а также четкого распределения материальных ресурсов при одновременном повышении эффективности и производительности процесс производства в условиях многопрофильной интегрированной среды должен быть целостным (рис. 1).

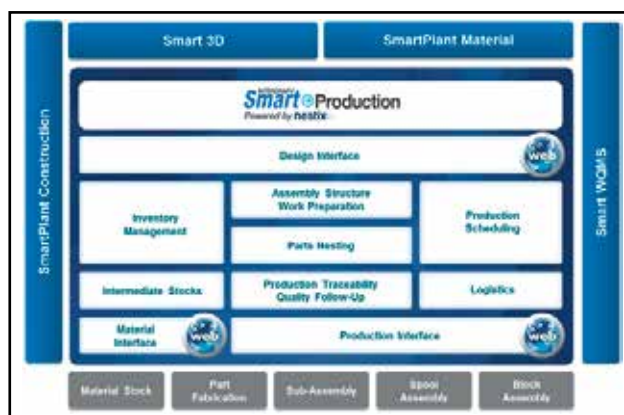


Рис. 1. Общий вид интегрированной системы

## Интерфейс данных о конструкции трубных узлов

Проектные данные являются ключевым компонентом в процессе планирования производства. В этот процесс на макроуровне входят также рабочие инструкции, сведения о разметке трубных деталей, обрезке, изготовлении и сборке.

В рамках рассматриваемого проекта для конструирования, моделирования и буферизации данных использовалась 3D САПР *Intergraph Smart 3D (S3D)*. Данное ПО позволяет создавать изометрические изображения и чертежи трубных вставок (рис. 2),



Рис. 2. Модель CAD в S3D

спецификации (BOM) и файлы PCF, необходимые производственному отделу для обеспечения его работы. Данные о трубных деталях и порядке сборки импортируются из S3D в производственную систему путем чтения файлов PCF.

## Планирование проекта

Система взаимодействует с графиком реализации проекта для планирования производства трубных узлов в соответствии с потребностями или датой поставки.

Верфь использует SmartPlant Construction (SP Construction) для управления процессом сборки, основанным на концепции комплекса работ (WP). Комплексы работ по производству трубных узлов считываются в производственной системе, включая идентификационные номера трубных узлов, даты начала и окончания комплексов работ, этапы работы и приложения.

## Планирование производства

Целью планирования производства является ликвидация разрыва между проектом и производством. При этом используются данные 3D САПР, график производства и другая информация, касающаяся производства, то есть сведения о материалах, очереди заданий и уровне загрузки цеха.

Через интерфейс с системой управления материалами (SmartPlant Materials – SPM) те же каталоги материалов направляются в систему 3D САПР. Одновременно она копирует сведения о материалах и состоянии запасов в производственную систему. Заказ на изготовление не будет сформирован системой, если необходимые материалы недоступны. Это предотвращает возникновение ситуаций, при которых трубные узлы изготавливались бы не полностью и складировались в середине производственной линии.

В соответствии с выпущенным заказом разметка необходимых труб и реальные геометрические остатки формируются автоматически с использованием различных методов разметки в целях оптимизации расхода материалов.

Во время определения этапов работы время, необходимое для изготовления различных деталей и узлов в цехах, рассчитывается с учетом реальной длины

нарезаемых труб, разметки и сварки швов. Поэтому требуемая мощность производства для любых этапов выполнения заказов может быть указана с высокой степенью точности (рис. 3). Время движения продукции сокращается, если загрузка цехов сбалансирована и оптимизирована заранее (с учетом производственных мощностей).

## Процесс производства

На верфи управление производственным процессом организовано в соответствии с популярной методологией теории ограничений (Theory of Constraints, TOC). Согласно ей, очереди заданий формируются по методу “Барабан-буфер-канат” (ББК), который определяет планирование производственных заданий только для того участка, возможности которого являются ограничением для увеличения производительности остальных участков производственной цепи. На предприятии таким ограничителем для движения материалов в цеху является время ожидания станка для приема новых материалов. Поэтому доставка материалов в цех осуществляется в соответствии с правилом “точно в срок” (JIT) концепции Бережливого производства (LEAN). Отгрузочные накладные с подробными сведениями о расположении материалов на складе, их качестве и габаритах позволяют оператору получить необходимые материалы и доставить их в цех точно в установленное время.

## Комплексность производства и обратная связь

На этапе производства сведения о его состоянии, использованных материалах и их расположении играют весьма важную роль, поскольку тысячи изготовленных деталей должны занять свое место в предусмотренных сборных изделиях и цехах в точно заданное время. После завершения сборки, а также работы с материалами и деталями состояние соответствующего заказа изменяется. Соответственно, в масштабе реального времени изменяется и информация о трудозатратах и времени работы оборудования, качестве и использованных материалах.

Наличие обратной связи позволяет команде управления производством осуществлять дальнейшее планирование или проводить необходимые изменения, а также другие действия в зависимости от степени завершенности работ. Эта информация в дальнейшем служит эталонным критерием для постоянного совершенствования правил, зарегистрированных в 3D САПР.

## Управление изменениями

Изменения проекта и графика учитываются производственной системой через интерфейс с 3D САПР (S3D) и системой управления строительством (SP

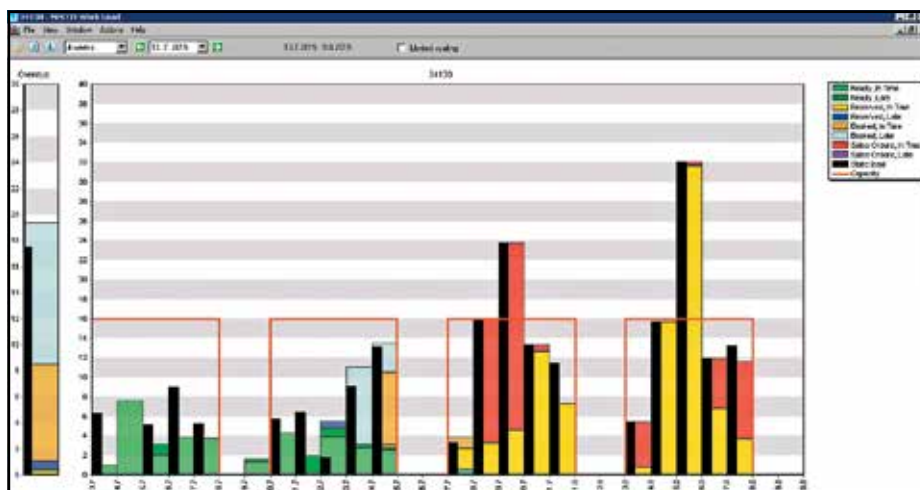


Рис. 3. Диаграмма загрузки заказами



Construction). В производственной системе с помощью различных позиций меню возможен просмотр соответствующих событий (нарушения, паузы, отклонения и завершение работ) или просмотр перечня мест складирования. Это позволяет исполнителю останавливать производство и быстро оценивать требуемые изменения и, соответственно, принимать наиболее эффективные меры по их осуществлению.

## Результаты выполнения проекта

Начальный этап реализации проекта был сопряжен с рядом проблем, связанных с изменениями порядка работы. Зачастую при необходимости выполнения процессов, определенных системой, работники оказывали сопротивление. Рабочие цеха работали с только теми деталями, которые они видели перед станками, а от них требовалась постоянная работа для полной загрузки мощности станков – простои попросту не разрешались.

Для решения этих проблем в период внедрения системы и запуска проекта были проведены коллективные обсуждения и учебные занятия. После стабилизации работы системы Smart Production, интегрированной с системой управления жизненным циклом Smart Yard, были получены заметные результаты внедрения в следующих областях:

- ▶ **Снижение трудозатрат и длительности планирования производства.** Наличие интерфейса с системой 3D САПР и автоматизация процессов резки, а также обработки трубных узлов, разметки труб, вычисления производительности и распределения нагрузки позволили сократить длительность подготовки работ.
- ▶ **Снижение количества обрезков и отходов.** Точное управление запасами и автоматическая разметка деталей обеспечили снижение времени оборота остатков и количества отходов.
- ▶ **Снижение количества обрабатываемых материалов, находящихся в цехе.** Значительно сократилось количество материалов, находящихся на промежуточных стеллажах цеха. Это происходило потому, что заказ на проведение работ выпускался лишь при наличии всех необходимых материалов на складе. Более того, оператор получал материалы и направлял их в цех в соответствии с очередью заданий, а детали производились по графику, составленному в соответствии с принципом JIT.
- ▶ **Улучшение прослеживаемости и наглядности состояния производства в реальном времени.** Система отслеживает каждый шаг каждого этапа производства в реальном масштабе времени. Улучшение прослеживаемости стало возможным за счет получения данных об исполнителях, характере и месте



Рис. 4. Интегрированная панель для упорядоченного отображения различных уровней процесса

проведения работ с любым сырьем или деталями. Получение данных о производстве в реальном времени улучшило управление изменениями, что помогло снизить объем доработок и временные затраты на изготовление трубных узлов.

- ▶ **Повышение точности данных о производстве.** Производство получает проектные данные через интерфейс с системой 3D САПР и превращает динамические технические данные в статические данные о заготовках. При передаче данных не используются бумажные носители, что снижает риск ошибок при преобразовании. Исключены такие ошибки персонала, как неверные расчеты и опечатки.

## Заключение

Очевидно, что интеграция системы управления производством с 3D САПР и такими системами управления жизненным циклом, как Smart Yard, предоставляет возможность оптимизации процесса изготовления трубных узлов, который часто является узким местом большинства верфей.

За счет эффективной интеграции систем управления проектным решением, заготовками и материалами улучшается связь и обмен информацией на всех уровнях предприятия (рис. 4), что делает более эффективными планирование и управление производством. Исключается дублирование усилий и значительно сокращаются трудозатраты на восстановление информации за счет высокой степени наглядности. Это в свою очередь позволяет улучшить анализ и ускорить процесс принятия решений, а также соблюдать график и осуществлять своевременные поставки. В целом к коммерческим преимуществам решения относятся сокращение времени поставок, более точное управление процессами, снижение рисков и улучшение управляемости процессом производства.

*Rachel Yee, консультант по развитию бизнеса, компания Intergraph PP&M, Hannu Kakela, директор компании NESTIX Oy*

# ЛУЧШЕЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ШЕЛЬФОВЫХ ПРОЕКТОВ

Intergraph SmartMarine™ Enterprise



## УСКОРЬТЕ РЕАЛИЗАЦИЮ ПРОЕКТА И ДОБЕЙТЕСЬ ВЫСОКОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

Убедитесь в том, что **Intergraph SmartMarine Enterprise** - это единственный выбор лидеров в области морских сооружений.

Компания **Intergraph PP&M** предлагает цифровое трехмерное решение для конструирования, сооружения и безопасной эксплуатации морских сооружений и промышленных объектов. Оцените преимущества интегрированного комплекта решений, содержащего автоматизированные и настраиваемые технические правила, которые гарантируют высокую точность всего процесса - от проектирования до производства.

Повысьте Вашу рентабельность на **30%** и обеспечьте высокий уровень безопасности конструкции, начиная с момента запуска проекта.

Также управление проектной информацией с помощью решения **SmartMarine Enterprise** оптимизирует глобальное распределение работ, эксплуатацию и управление активами в течение всего срока службы. Оно является промышленным стандартом, поддерживающим проектные данные вашей платформы в течение десятилетий.

**Будущее проектирования - сегодня.**

[www.intergraph.com/ppm/sme.aspx](http://www.intergraph.com/ppm/sme.aspx)

