



➤ ВЕДЕНИЕ СОСТАВА ИЗДЕЛИЯ – ПРЯМОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Откуда взялась задача?

Историки часто спорят о том, когда зародилась компьютерная автоматизация производства. Большинство сходится во мнении, что эта эпоха началась с появлением первых процессоров в середине 50-х годов прошлого столетия. Естественно, что прежде всего автоматизации подвергались самые "тяжелые" направления, такие как управление оборудованием, задачи учета и контроля производства, а с развитием компьютерной техники и конструкторско-технологическое проектирование. Прошло более полувека, и сейчас нет ни одного предприятия, где все эти задачи не решались бы теми или иными программными средствами. Казалось бы, на дворе четвертая промышленная революция [1] и каждый, даже небольшой шаг в развитии программных средств должен существенно увеличивать эффективность производства, но, занимаясь внедрением промышленных систем, наши специалисты начали сталкиваться со странными вещами...

Как правило, в компаниях, особенно

крупных, всегда хорошо организована конструкторская подготовка производства. Куплены продвинутые CAD-системы, организован единый архив конструкторской документации, обучен персонал; может, даже есть система управления конструкторской подготовкой (PDM/PLM), которая раздает задания и отслеживает их выполнение. Чуть проще устроены технологические системы. От них обычно требуется маршрут с укрупненными операциями, а также трудовые и материальные нормы. Ну и, конечно, современное производство немислимо без MES-системы, которую, к слову сказать, предприятия либо разрабатывают сами, либо покупают у крупного (зачастую зарубежного) производителя. Вроде бы все должно работать как швейцарские часы, но близится конец года, сроки подготовки сорваны, заказы затягиваются, плановые даты выпуска переносятся. Результат такой замечательной автоматизации – оправдания перед холдингом/акционерами/кредиторами. На следующий год история повторится снова, вы обновите ваш до-

рогостоящий парк ПО, вашим конструкторским и технологическим службам станет работать еще удобнее, а экономические и производственные показатели останутся на месте... Почему так происходит?

Внимательное рассмотрение таких явлений показало, что, как это ни странно, существенный ряд проблем лежит именно в области ведения состава изделия. Дело в том, что большинство современных CAD-систем имеют собственные базы данных для организации совместной работы специалистов и хранения (ведения) электронного конструкторского состава (структуры) изделий. Вместе с тем системы управления производством (MES) также требуют состав изделия, дополненный технологическими операциями и нормами. И естественно, что подавляющее большинство компаний-интеграторов и собственных ИТ-специалистов предприятий с завидной настойчивостью пытаются передать в MES-систему и далее планировать конструкторский состав. А правильно ли это? Давайте разберемся подробнее.

Особенности проблемы

Проблемы внедрения комплексных решений не раз рассматривались нашими специалистами на страницах этого издания [2-4]. Основной трудностью такого внедрения всегда является большая номенклатура используемых программных средств, зачастую очень разнородных и практически не связанных друг с другом. Такое явление носит объективный характер и, как правило, связано с недостаточной функциональностью какого-то одного выбранного продукта или продуктов одной компании-производителя. Данный факт вынуждает разработчика постоянно наращивать функциональность своих продуктов, а компанию-интегратора заниматься кропотливой разработкой различного рода регламентов, программных интерфейсов или специальных структур для конвертирования и передачи данных из одних систем в другие и обратно. А поскольку ни CAD- ни MES-системы, как правило, не имеют встроенной функциональности для трансформации и ведения различных составов и структур изделия, то, естественно, самым быстрым кажется простое решение: взять конструкторский состав и "перелить" его в MES. Далее поправить его руками/скриптами и сделать из него состав и структуру изделия, пригодную для планирования производства. Казалось бы, что может быть проще? Но тут-то и появляются самые нехорошие нюансы.

Во-первых, современные ГОСТы предполагают ведение множества различающихся электронных структур (ЭСИ) одного и того же изделия. Так, например, в ГОСТ 2.053-2013 [5] определены:

- **Функциональная ЭСИ** – для определения назначения изделия и его частей на стадии разработки технического предложения на изделие;
- **Конструктивная ЭСИ** – для отображения конкретных определяющих конструкций комплексов, сборочных единиц и комплектов;
- **Производственно-технологическая ЭСИ** – для отображения особенностей технологии изготовления и (преимущественно) сборки изделия. Такая ЭСИ выполняется на стадиях технологической подготовки производства и используется в процессе планирования и производства изделия;
- **Физическая ЭСИ** – для отображения информации о конкретном экземпляре изделия. Выполняется на стадии производства изделия и может

корректироваться в течение всего срока эксплуатации;

- **Эксплуатационная ЭСИ** – для отображения информации о тех частях изделия, которые подлежат обслуживанию и/или замене в ходе использования изделия по назначению;
- **Совмещенная ЭСИ** – для отображения комплексной информации об изделии. Включает в себя отдельные разновидности ЭСИ.

В задачах подготовки, планирования и учета производства важнейшими являются конструктивная, производственно-технологическая и физическая ЭСИ.

Во-вторых, поскольку исходной структурой все-таки является конструктивная (а все остальные, как правило, построенные на ее основе), сразу возникает задача поддержания связей между различными структурами. Ведь любое конструкторское изменение должно отразиться на остальных структурах – и наоборот, каждая структура должна "знать", на основе какого конструкторского состава она построена. А если они находятся в разных базах данных? Если учесть, что алгоритм взаимодействия структур может быть достаточно сложным, может получиться так, что данная задача станет просто неразрешимой...

В-третьих, при проектировании производственно-технологической ЭСИ всегда возникают элементы, отсутствующие в исходной структуре. Например, для оптимизации сборочных работ схему сборки всегда трансформируют относительно конструкторского состава изделия. Это позволяет лучше загрузить площади, сократить технологический цикл сборки и т.д. Но тогда неизбежно появляются технологические сборочные единицы, которых нет в конструкторском составе изделия. А ведь для них нужны техпроцессы, трудовые/материальные нормы, маршруты движения по цехам и участкам и много чего еще. И тут одним конструкторским составом никак не обойтись. Да и количество материалов и составных частей производственно-технологической ЭСИ тоже всегда отличается от конструктивной, поскольку нужно учесть брак в производстве, технологический отход материалов, комплектующие, которые будут подвергаться разрушающему контролю, и т.д., и т.д., и т.п.

Данный список можно продолжать до бесконечности, и каждая из этих особенностей говорит о том, что хорошая промышленная система просто обязана иметь механизмы трансформирования

и поддержания различных структур изделия. А если учесть тот факт, что помимо собственно структур необходимо поддерживать связи и изменения, то становится очевидным, что все они должны находиться в единой базе данных. Именно поэтому в TechnologiCS 7 нашими специалистами был разработан режим "Итоговый ТП" (ВОМ), который и предназначен для решения подобного рода задач.

Как это было сделано?

Модуль ведения итоговых техпроцессов изначально был предназначен для работы со сводной информацией об изделии, содержащей в себе как конструкторскую, так и технологическую информацию. Основное назначение модуля – подготовка исходных данных для решения задач планирования и управления производством.

С помощью этого модуля можно:

- вести итоговые техпроцессы как в упрощенном виде (состоящие только из сводных данных), так и с различной степенью детализации;
- создавать итоговые техпроцессы на узлы, блоки, сборочные единицы и т.д., основываясь на структуре изделия, заложенной в конструкторских или итоговых спецификациях;
- создавать итоговые техпроцессы на изделия, вообще не имеющие ни спецификаций, ни техпроцессов;
- разрабатывать собственные структуры изделий (схемы сборки), отличные от заложенных в конструкторской документации;
- вести консолидированную информацию о потребностях, трудоемкостях и т.д.;
- быстро получать сводные данные для использования в задачах планирования и управления производством.

В модуле возможно ведение неограниченного количества версий электронной структуры изделия, которые можно использовать в собственной MES-подсистеме и передавать во внешние системы различного производственного назначения. Как работает этот модуль, покажем на простом примере.

Как это работает?

Рассмотрим на примере изделия "Калитка с кронштейном" (рис. 1) отличия в структурах и составах: конструкторском, технологическом, производственном.

Согласно конструкторскому составу, изделие содержит три номенклатурных по-

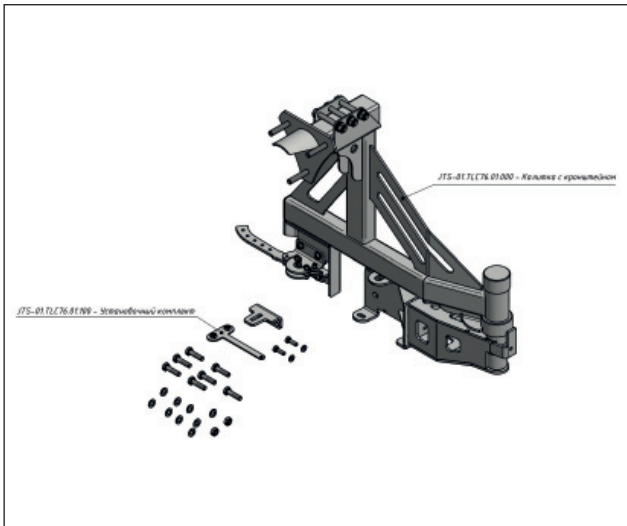


Рис. 1. Пример изделия "Калитка с кронштейном"

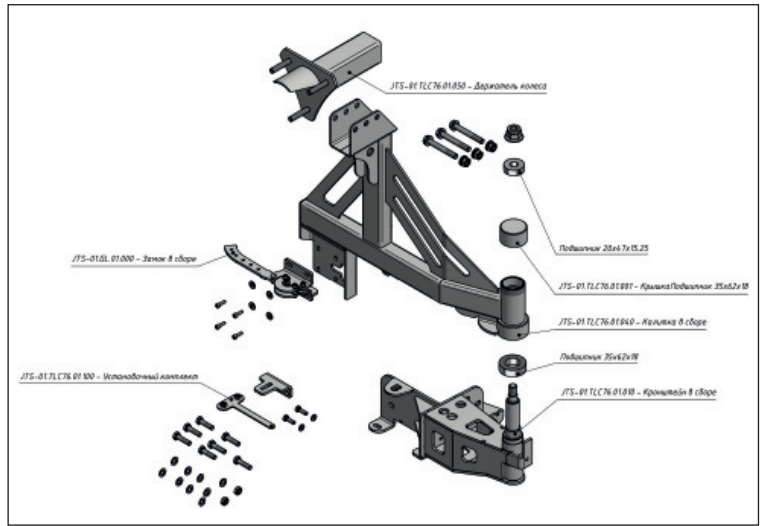


Рис. 2. Конструкторский состав изделия

| Номенклатура | Колво | ЕИ | Исполнение |
|---|--------|----|------------|
| JTS-01.TLC76.01000 - Калитка с кронштейном | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01050 - Держатель колеса | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01040 - Крышка в сборе | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01010 - Крышечка в сборе | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01010CS - Крышечка в сборе. Сборочный чертеж | 0,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01014 - Пластина 3 | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01015 - Пластина 4 | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01016 - Пластина 5 | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01012 - Пластина 1 | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01013 - Пластина 2 | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01017 - Пластина 6 | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01003 - Шпа | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01021 - Ограничитель | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01022 - Ребро | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01018 - Вал | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01019 - Крышка | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01001 - Крышка | 1,0000 | шт | САПР |
| Валки 12 DIN 125 | 8,0000 | шт | САПР |
| Болт M10x90 DIN 934 | 3,0000 | шт | САПР |
| Валки 12 DIN 7980 | 1,0000 | шт | САПР |
| Гайка M10x1,5 DIN 934 | 1,0000 | шт | САПР |
| Гайка M12 DIN 934 | 3,0000 | шт | САПР |
| Подшипник 35x62x18 | 1,0000 | шт | САПР |
| Подшипник 35x47x15,25 | 1,0000 | шт | САПР |
| JTS-01.TLC76.01100 - Установочный комплект | 1,0000 | шт | САПР |

Рис. 3. Полный конструкторский состав изделия

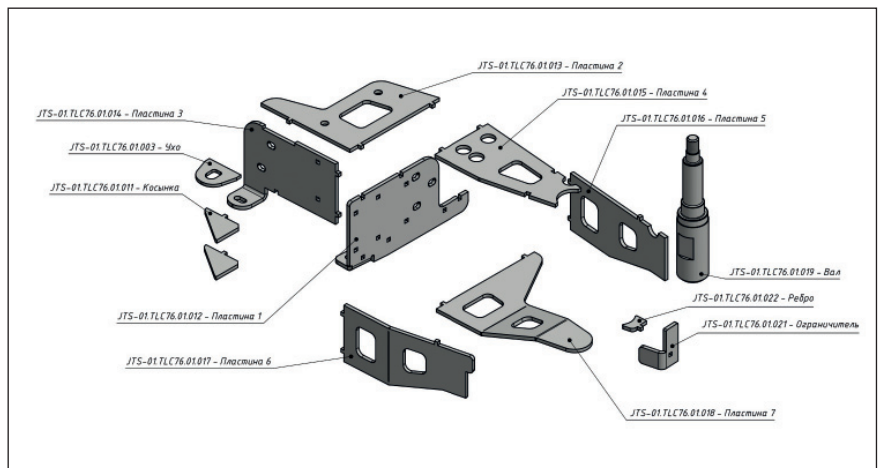


Рис. 4. Узел изделия 1-го порядка "Кронштейн в сборе"

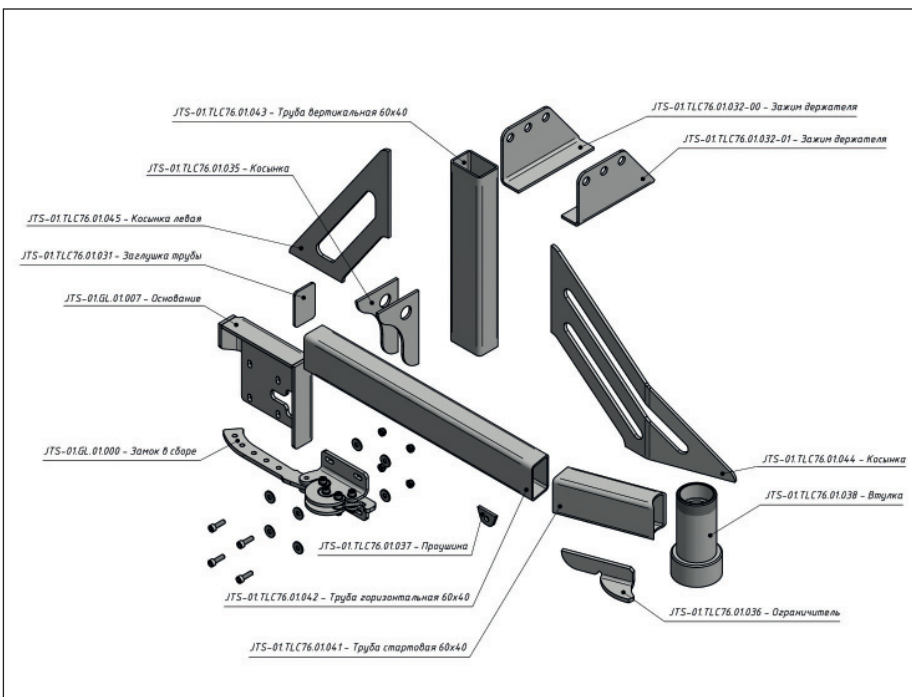


Рис. 5. Узел изделия 1-го порядка "Калитка в сборе"

зиции узлов 1-го порядка, одну номенклатурную позицию детали, семь номенклатурных позиций стандартных и прочих изделий, один установочный комплект (рис. 2).

В TechnologiCS конструкторский состав изделия ведется в режиме "Спецификация" (СП) и далее в автоматическом режиме "Итоговая СП" (ИСП) формируется полный конструкторский состав изделия, включая сборочные единицы, комплексы и комплекты (рис. 3).

В процессе разработки технологии изготовления изделия, как правило, необходимо выбрать соответствующий вид сборки (в соответствии с ГОСТ 14.320-81 [6]). Часто это приводит к тому, что требуется ввести дополнительные позиции, которые отсутствуют в конструкторском составе, но при этом необходимы для производства.

В нашем примере в конструкторский состав узлов 1-го порядка (рис. 4, 5)

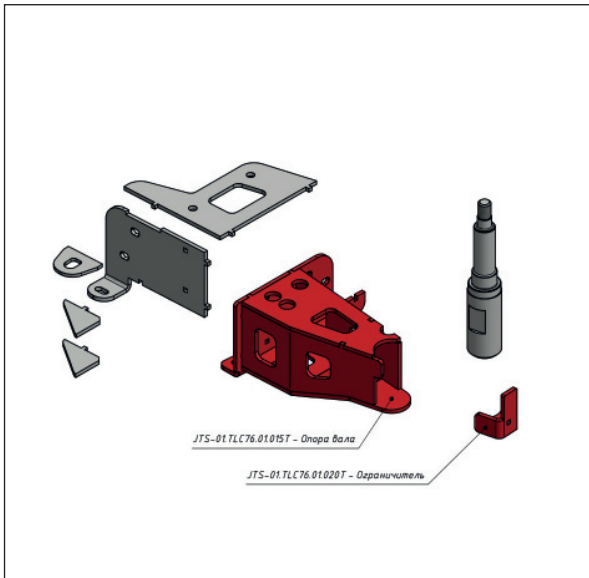


Рис. 6. Технологические узлы изделия

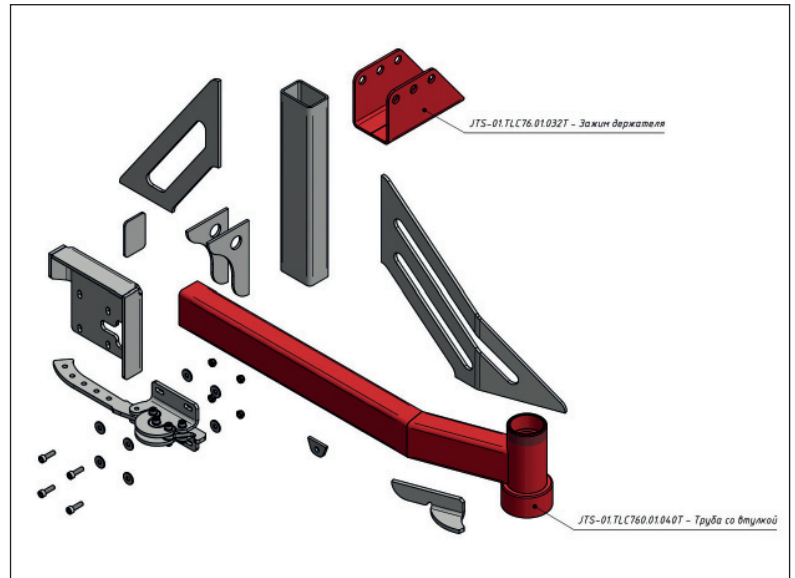


Рис. 7. Технологические узлы изделия

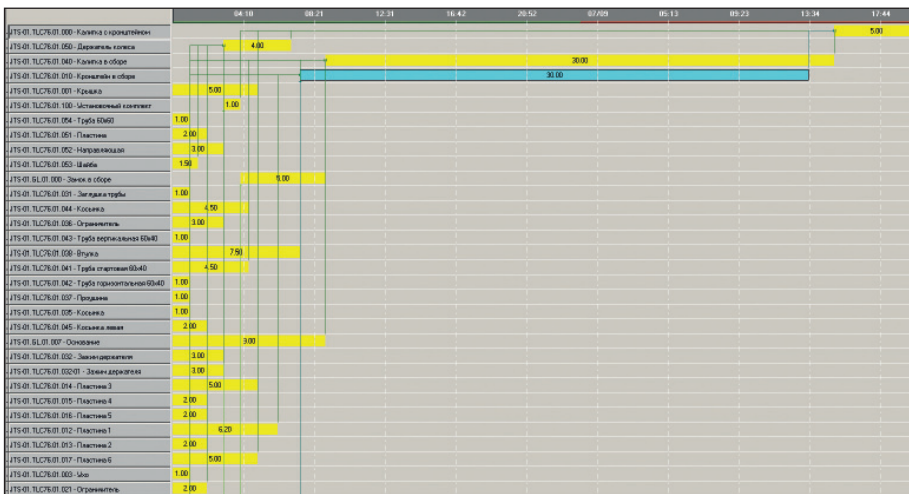


Рис. 9. Циклограмма на основе конструкторского состава изделия

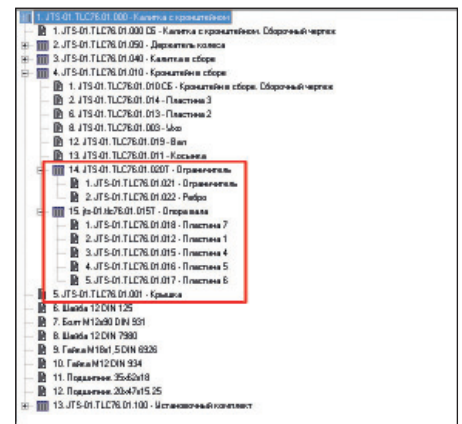


Рис. 8. Технологический состав изделия

введем технологические узлы 2-го порядка (рис. 6, 7).

Технологический состав изделия ведется в режиме "Итоговый ТП" (ВОМ) и позволяет прорабатывать разные варианты технологического состава изделия (рис. 8) с учетом производственных возможностей.

Теперь, когда один или несколько вариантов технологического состава изделия сформированы, на позиции состава разработаны техпроцессы, проставлены нормы и т.д., можно переходить к планированию производства.

Возвращаясь к нашему примеру, создадим две производственные спецификации. Состав первой будет сформирован на основе конструкторского состава изделия, состав второй — на основе технологического состава. Количество планируемых в производство изделий в обоих вариантах составляет 10 шт. Для каждого из составов построим свою циклограмму (рис. 9, 10), чтобы визуально оценить

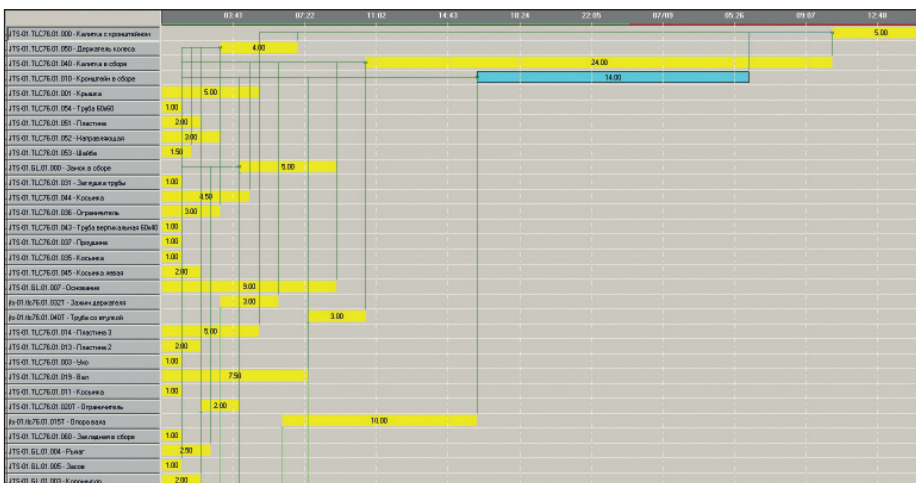


Рис. 10. Циклограмма на основе технологического состава изделия

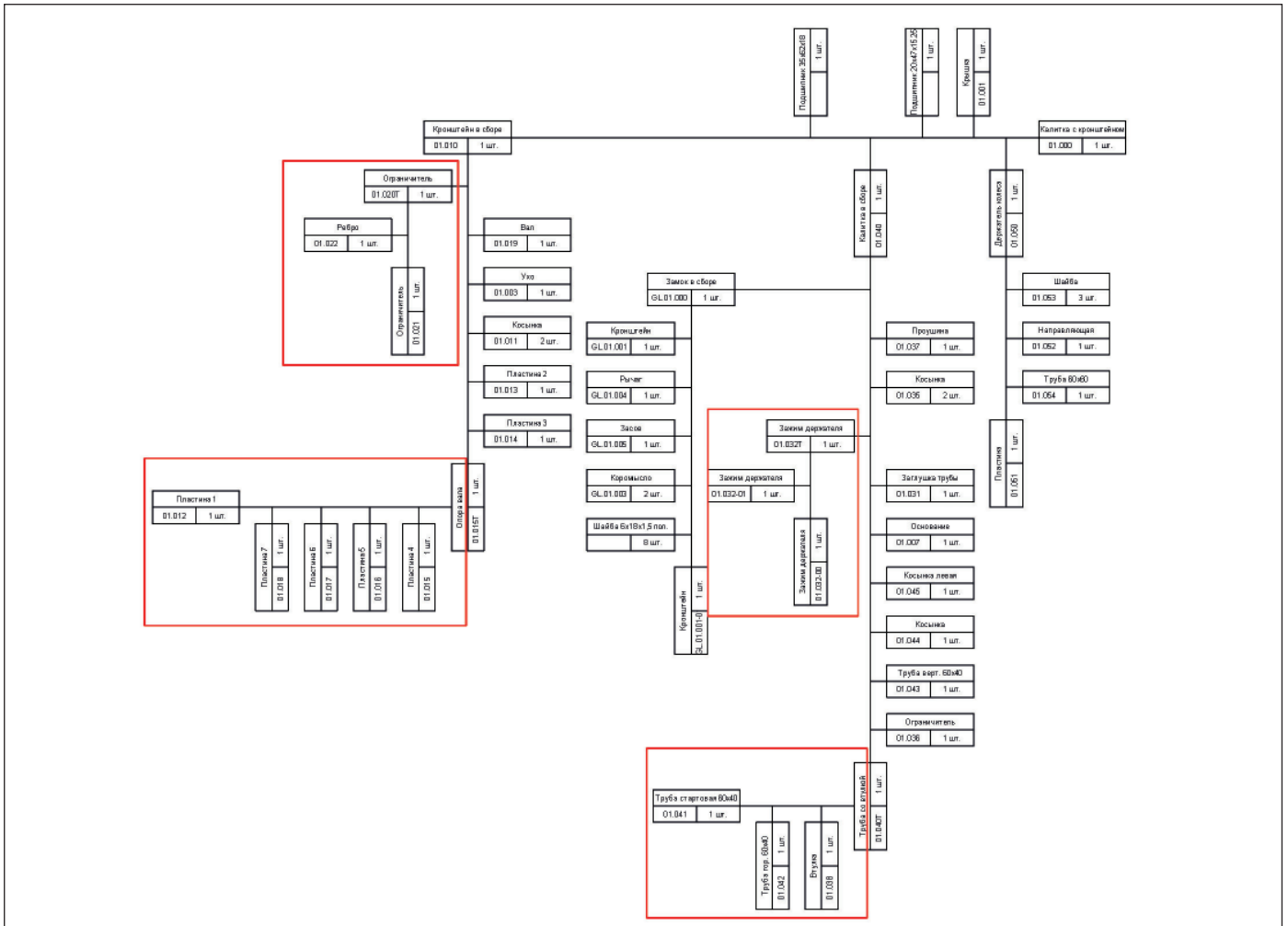


Рис. 11. Схема сборки изделия по технологическому составу

разницу во времени технологического цикла. Как видим, в первом случае расчетное время составляет 44 часа (4 ч. 24 мин. на одно изделие). Во втором – 39,5 часов (3 ч. 57 мин. на одно изделие). Сокращение технологического цикла произошло за счет того, что технологические сборки выполняются параллельно (рис. 11).

Что в итоге?

В итоге нашими специалистами был разработан режим, который позволяет осуществлять трансформирование и ведение производственных структур изделия не только для своей MES, но и для других (внешних) производственных систем, а главное решать эту задачу комплексно, с учетом изменений, особенностей технологии, складов, снабжения и производственного плана. Что это дает? По оценкам наших специалистов, точность расчета потребностей при использовании конструкторского состава для целей планирования и управления производством (конструктивная ЭСИ)

не превышает 70-75%. Особенно это проявляется в части покупных позиций: материалов, стандартных и прочих изделий. Вместе с тем точность расчета потребностей на основе производственно-технологического состава составляет 95% и более, при этом возможно учесть потери, особенности технологии и наличие комплектующих на складах предприятия. Совместно все эти факторы позволяют существенно повысить точность планирования, прозрачность управления и общую эффективность производства.

Литература

1. www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf.
2. Андрей Синельников. TechnologiCS 6 – процессный подход к разработке и внедрению. – CADmaster, № 1/2011, с. 46-49.
3. Евгений Слинкин. TechnologiCS 6 – разработка новой функциональности собственными силами. – CADmaster, № 4/2011, с. 32-39.

4. Алексей Бачурин. Расширенная интеграция TechnologiCS 6.3 с CAD-системами. – CADmaster, № 2/2013, с. 34-40.
5. ГОСТ 2.053-2013 ЕСКД. Электронная структура изделия. Общие положения.
6. ГОСТ 14.320-81 ЕСТПП. Виды сборки.
7. ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий.

*Алексей Бачурин
АО "CuSoft разработка"
E-mail: a.bachurin@nsk.csoft.ru
Новосибирский государственный
технический университет
E-mail: a.v.bachurin@corp.nstu.ru*

*Андрей Синельников
АО "CuSoft разработка"
E-mail: a.sinelnikov@nsk.csoft.ru
Новосибирский государственный
технический университет
E-mail: sinelnikov@corp.nstu.ru*

TechnologiCS

TechnologiCS – единая система для автоматизации технической подготовки, планирования и управления производством.

