

Нашим читателям *Peter Bilello*, президент аналитической компании *CIMdata*, известен по переводным публикациям в *Observer'e*, посвященным *PLM*-системам (см., например, #5/2012, #3/2014), а также по интервью “*PLM* продолжает расширять свои границы!”, которое он дал нашему журналу в рамках проекта “Портретная галерея САПР” (#6/2013).

Предлагаем перевод еще одной статьи, написанной г-ном *Bilello*. Оригинал, опубликованный в сетевом журнале “*MoldMaking Technology*”, издаваемом компанией *Gardner Business Media*, можно найти по адресу: www.moldmakingtechnology.com/articles/systems-engineering-meets-moldmaking.

Системный инжиниринг при изготовлении пресс-форм

Peter A. Bilello, президент *CIMdata, Inc.*

©2014 *CIMdata, Inc.*



CIMdata

Главная мысль такая: объединение таких подходов, как системный инжиниринг и системная интеграция улучшает взаимодействие, что приносит пользу производителям пресс-форм.

Но действительно ли им так уж необходимо системное проектирование? Ответ зависит от того, что вы включаете и не включаете в это понятие.

Обычный ответ производителей: “Мы делаем пресс-формы уже 20 лет. Какой бы большой и сложной ни была работа, наши клиенты знают, что мы сможем её выполнить. А системное проектирование нацелено на изобретение новых вещей”.

Но, как часто бывает при поиске ответов на многие технические вопросы, истина не лежит на поверхности. Для того, чтобы докопаться до неё, рассмотрим большой рынок панелей для внутренней отделки автомобилей, которые изготавливаются литьем из пластмассы под давлением. Такими декоративными и функциональными пластмассовыми панелями оформляются интерьеры легковых автомобилей и легких грузовиков (рис. 1).



Lincoln MKC



Ford F-150



Buick LaCrosse



Chevrolet Traverse LTZ

Рис. 1. Интерьер автомобилей должен ласкать взгляд

Уровень отделки может служить серьезным коммерческим аргументом в дилерских автосалонах, где внешний вид очень важен. Много внимания (и, соответственно, затрат производителя) уделяется приборным доскам, внутренней обшивке крыши над ветровым стеклом, внутренним панелям дверей и консолям между передними сидениями. Отделочные панели регулярно перепроектируются, чтобы реализовать новые идеи в отношении роскоши и комфорта – такие, как текстура кожи или привлекающая взгляд древесина с напльвами. Увеличивается использование электроники, часто требуется разместить новые цифровые элементы, так что планировку приборов, индикаторов, устройств климат-контроля регулярно приходится переделывать.

Другими словами, важнейшими характеристиками бизнеса изготовителей пресс-форм для отделочных панелей являются сложность, непрерывные инновации и скорость выполнения заказов. Для того чтобы справиться со всем этим, многие из них в той или иной мере полагаются на системное проектирование.

Хотя в целом производители пресс-форм сходятся в том, что системный инжиниринг, в его формальном смысле, лучше оставить OEM-производителям, сами они тоже нуждаются в каком-то фрагменте V-диаграммы (рис. 2). Те из них, которые полагают, что в будущем роль системного проектирования возрастет, постоянно

углубляют свое понимание входящих в него процессов.

Изготовители пресс-форм, которые реально используют системный инжиниринг в производственном процессе, отмечают, что он связан с системной интеграцией.

Разбор терминологии

Сочетание принципов системного проектирования и системной интеграции может улучшить взаимодействие сотрудников, что скажется на всём процессе производства пресс-форм в целом. Для начала разберемся с терминологией.

Системный инжиниринг – целостный междисциплинарный подход, который начинается с точной фиксации требований заказчика и функциональных характеристик, их проработки и документирования; затем идет синтез конструкции и валидация системы с учетом всей полноты задач (стоимость и планирование операций, эксплуатационные характеристики и их оценка, производство, тестирование, обучение персонала, техническая поддержка, утилизация). Этот подход тесно объединяет различные дисциплины и группы специальностей, позволяя обеспечить коллективное усилие, организовать структурированный процесс создания изделия, который последовательно идет от концепции к производству и эксплуатации. *Системный инжиниринг* учитывает как технические, так и бизнес-требования

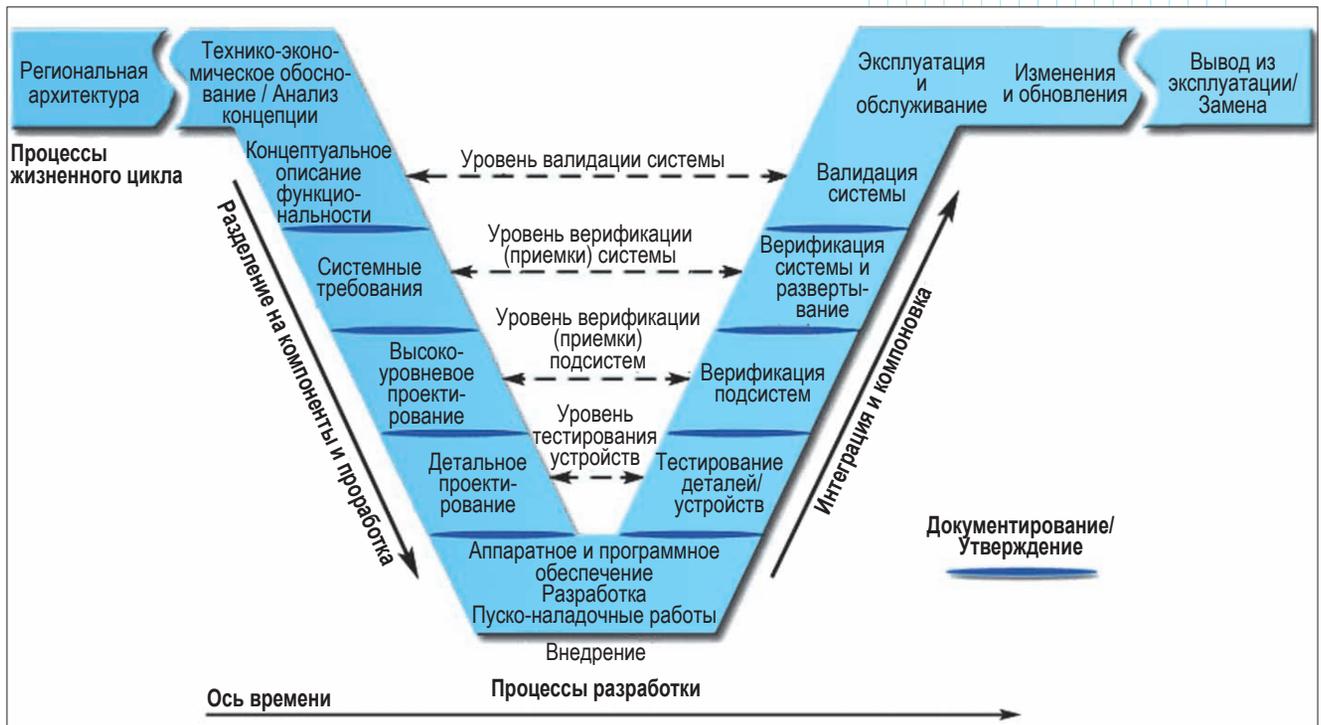


Рис. 2. Классическая V-образная схема процессов системного инжиниринга – без учета некоторых факторов, важных для производителей пресс-форм. Как считает Wayne Hertlein из Wilbert Plastics, здесь не отражена необходимость постоянной коммуникации между поставщиками 1-го, 2-го и 3-го уровней, а также между ними и OEM-производителями; кроме того, отсутствуют петли обратной связи

Системный инжиниринг – целостный, ориентированный на изделие подход, отвечающий за создание и выполнение процессов, охватывающих различные инженерные дисциплины и обеспечивающих удовлетворение требований заказчика и непосредственных пользователей изделия. На практике такой подход реализуется за счет использования методов достижения высокого качества и надежности, стоимостной эффективности и соответствия расписанию проекта на протяжении всего жизненного цикла системы.

всех заказчиков с целью предоставить качественный продукт, который отвечает нуждам пользователей.

(Определение и толкование понятия дается по материалам международного некоммерческого объединения *INCOSE (International Council on System Engineering, www.incose.org)*, которое является ведущей профессиональной организацией по этому направлению. – *Прим. ред.*)

Системная интеграция в цеху подразумевает объединение производственных систем (обработки, тестирования и оценки, сборки) и электронных устройств их управления, плюс погрузочно-разгрузочные операции и упаковка, а также учет таких аспектов, как эргономика и безопасность. Системная интеграция фокусируется на материальных, а не на интеллектуальных активах. Это “физический” аналог системного инжиниринга.

Оба эти процесса, системный инжиниринг и системная интеграция, являются стратегически важными. Это признанные подходы для управления созданием изделия.

Сложность требует постоянного взаимодействия сотрудигов

Системный инжиниринг и системная интеграция – две стороны одной монеты при создании пресс-форм, которые необходимы для аккуратного управления несметным количеством процессов, на которых стоит предприятие. Производство пресс-форм – дело сложное.

Поскольку производители пресс-форм думают, что так будет и впредь, они должны учитывать возрастание сложности. Это касается как конечных изделий, усложняющихся вследствие бесконечной потребности в инновационности, так и процесса создания технологической оснастки для них. Поэтому сейчас удобный момент рассмотреть применение системного инжиниринга и системной интеграции в прессформостроении. В качестве примера возьмем три американские компании с несколько отличающимися подходами.

✓ Компания *Wilbert Plastic Services*

“При создании пресс-форм сложность присутствует везде”, – утверждает **Wayne Hertlein**, администратор производственных программ компании *Wilbert Plastic Services* (гор. Троя, штат Мичиган). – “В результате у нас теперь много мастеров [своего дела]”. По его мнению, взаимодействие в ходе выполнения производственной программы и глубокое её понимание имеют преимущество перед любым формализованным подходом системного инжиниринга.

Обычно *Wilbert Plastics* работает как поставщик 2-го уровня (*Tier 2*), изготавливающий пресс-формы по специальному заказу. Свою продукцию компания продает на рынках медицинского оборудования, телекоммуникаций, игрушек, автомобилестроения (рис. 3).

“Мы стараемся избегать неожиданностей, которые почти всегда бывают болезненными”, – рассказывает г-н Hertlein.

Постоянный обмен информацией помогает решить многие конфликтные ситуации, возможные в ходе производственной программы создания пресс-формы, считает г-н Hertlein. Как показывает его опыт, эти ситуации могут возникать на разных этапах:

- Рассмотрение технико-экономических аспектов, вопросов технологичности и точности для определения того, можно ли получить пластиковую деталь прессованием именно такой, какой она была спроектирована.
- Конструирование и изготовление пресс-формы, компьютерный анализ проливаемости и оптимизация.
- Согласование этапов производственной программы по срокам, условиям и расценкам, решения по началу/завершению этапов и т.д.



Рис. 3. Небольшие детали автомобильных интерьеров извлекаются из пресс-формы, а затем помещаются на ленточный конвейер и перемещаются для выполнения последующих сборочных операций (фотография любезно предоставлена компанией *Wilbert Plastic Service*)

- Увязка сроков изготовления деталей с поставкой [готовых стандартных блоков] и стальных заготовок, из которых будут изготавливаться компоненты пресс-форм.

К этому добавляется необходимость полного понимания организации процессов (и вовлеченных в них людей) на всех уровнях: автопроизводителя (OEM); большого поставщика 1-го уровня (Tier 1), поставляющего кабины; поставщиков 3-го уровня, изготавливающих единичные детали по чертежам заказчика (“build-to-print”), а также и на предприятии самого изготовителя пресс-форм.

✓ MGS Manufacturing Group

Компания MGS Manufacturing Group (гор. Germantown, штат Висконсин) использует оба метода – и системный инжиниринг, и системную интеграцию. Являясь одним из самых крупных производителей пресс-форм для автопромышленности, эта компания изготавливает порядка 300 пресс-форм в год, общая стоимость которых достигает 40 млн. долларов.

Оба метода аккуратно “смешиваются”, образуя собственный практичный подход MGS Manufacturing к управлению проектами.

“Мы выступаем за методологию системного инжиниринга”, – говорит **John Berg**, директор по маркетингу. – “Без нее было бы невозможно бесперебойно поставлять высококачественные сложные и многофункциональные инструментальные системы”.

Проект изготовления пресс-форм для литья пластмассы под давлением включает десятки этапов, и всё это надо отслеживать и всем управлять. “Слишком много жесткости в допусках на размеры, слишком много жестких контрольных сроков, слишком много разных задач, чтобы ожидать, что каждым этапом можно управлять независимо. Мы должны постоянно взаимодействовать, видеть отчеты и оценки”, – отмечает г-н Berg. Обеспечить это может только согласованный подход, включающий системный инжиниринг и системную интеграцию в цеху.

Та часть операций компании MGS Manufacturing, которая относится к сфере системного инжиниринга, основана на необходимости сблизить основы изготовления всех пресс-форм и инструментов. Для любого производителя пресс-форм такими основами являются вопросы технологичности пластиковых деталей, проектирование формообразующих, выбор и закупка материалов, операции обработки и их программирование, валидация и подгонка стальных компонентов, сборка и тестирование пресс-форм, выборочное тестирование функциональности готовых деталей.

Многие проекты MGS Manufacturing являются очень амбициозными.

“Геометрия получаемых изделий может быть очень сложной, с жесткими допусками на размеры, со строгими параметрами гладкости и толщины стенок. Чтобы создать некоторые элементы деталей, необходимы сложные действия пресс-форм. Нередко приходится работать с несколькими материалами и с несколькими наборами матриц и пуансонов. Время цикла и сроки поставки зачастую очень жесткие. Всё это требует дополнительных ресурсов, более тщательного планирования и более плотного управления проектом. Возможность применения системного инжиниринга для нас бесценна”, – считает г-н Berg.

Системную интеграцию в цеху компания MGS Manufacturing использует для тестирования своих ключевых производственных операций. “Системная интеграция является хорошим решением тогда, когда клиенту надо всё”, – поясняет г-н Berg. – “Вот мы и будем предоставлять инженерные услуги: проектирование под производство, изготовление технологической оснастки, такой как пресс-формы и специальное формовочное оборудование, подготовка роботизированных систем, рабочих органов манипуляторов, контрольных приспособлений для сборки, раскроя, нанесения покрытий и окраски”.

Для ключевых формовочных операций тоже может потребоваться большая автоматизация (рис. 4), упаковка готовых деталей по спецификациям OEM-производителя, а также обучение пользователей, устранение неполадок и обслуживание. Кроме того, компания занимается литьем под давлением для собственных нужд.



Рис. 4. Гибкая производственная ячейка использует пресс-форму с возможностью впрыска двух разных материалов для изготовления двух наборов внутренних дверных панелей. Извлекает детали из пресс-формы промышленный робот со специально оснащенный рабочий органом. На завершающем этапе сборки два 5-осевых манипулятора вставляют предварительно отлитые пластмассовые заклепки (фотография любезно предоставлена компанией MGS Manufacturing)

Определения и толкования понятия и термина “система” включают все искусственные (*man made*) системы, в отличие от систем природных (см. *ANSY/EIA 632, ISO/IEC 12207, ISO/IEC TR 15271, ISO/IEC 15288*, а также *ISO/IEC WD3 TR N0475:2001:(E)*).

Компьютерные компоненты систем не выделяются как главенствующий предмет разработки, но отмечаются как компонент, без которого не создается и не функционирует практически ни одна современная система. В примерах и руководствах по применению стандартов специально указывается, что система может быть любого размера и устройства (от системы отображения координат самолета на экране до всего авиатранспорта в целом), может быть чисто автоматической или человеко-машинной, быть бизнес-системой или чисто информационной, организационно-управленческой и т.д.

Определение системы по *ISO/IEC 12207:95* (в редакции ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207:99): комплекс, состоящий из процессов, технических и программных средств, устройств и персонала, обладающий возможностью удовлетворять установленным потребностям или целям.

В отличие от менее крупных производителей пресс-форм, у *MGS Manufacturing* есть свои программисты. Они пишут автономные проприетарные приложения, а также плагины и дополнения к коммерческим пакетам. Компания много инвестирует в обрабатывающие центры, в координатно-измерительные машины, в приложения виртуальной обработки (симуляция процессов/цифровое производство), анализа проливаемости (*CAE*), *CAD/CAM*, а также в роботизацию.

По словам г-на *Berg*, компания *MGS Manufacturing*, как и многие другие, компьютеризовала методы управления проектами, но по-прежнему использует привычные, естественные способы коммуникации. Под этим подразумевается следующее:

- Личный разговор с каждым, кого затрагивает какое-то решение;
- Планирование организовано на основе автоматизированных систем, но дублируется проверенным временем способом. Большие компьютерные распечатки планов и объемов работ вывешиваются в заводской столовой, где все их могут видеть, и регулярно обновляются. Так рабочие группы могут узнать, что запланировано по каждой производственной единице. На распечатках видно, каким командам могут понадобиться дополнительные ресурсы, а какие могут поделиться своими ресурсами.

Г-н *Berg* отмечает, что все решения и действия документируются, и доступны в электронной форме. “Мы не можем рисковать появлением ошибок из-за недопонимания или необоснованных предположений”, – говорит он. В противном случае не

будет ни эффективного системного инжиниринга, ни системной интеграции.

✓ *Plastic Technology*

Подразделение *Rockwell Automation – Plastic Technology* – применяет основанный на 3D-моделях системный инжиниринг, так как такой подход является обычным в аэрокосмической промышленности.

“В целом мы полагаемся на традиционные системы управления жизненным циклом. Мы применяем и несколько самодельных систем, но пользуемся поддержкой поставщиков корпоративных приложений и баз данных, а также *PLM*, средств твердотельного *CAD*-моделирования, решений для управления цепочкой поставок, – рассказывает **Victor Baez**, менеджер подразделения в гор. Милуоки.

“Мы разработали внутренний поэтапный (*stage-gate*) процесс управления жизненным циклом изделий. Наши инженеры управляют всеми процессами – от разработки новой конструкции, проработки вопросов качества и технологичности, подготовки производства и вплоть до изготовления”, – говорит г-н *Baez*.

Использование собственных процессов – проверенный способ обеспечить согласованность в рамках обоих подходов: системного инжиниринга и системной интеграции. Узкие места обходятся, требования заказчика и заданные сроки выдерживаются, минимизируются потери, обеспечивается качество, не раздувается бюджет.

“Самые большие преимущества скрываются в управлении потоками информации – от заказчика к заказчику и обратно. Это же является самым большим источником головной боли”, – полагает г-н *Baez*. – “Будущее *Rockwell Plastics* видится в расширении рамок системного инжиниринга – от уровня изделие/оснастка до уровня компонентов. Это означает [информационную] интеграцию с поставщиками, а также внутренние усовершенствования”.

Выводы

История не завершается этапом учета изготовленных пресс-форм и устройств выгрузки формованных деталей. Не завершается она и на поставщике 1-го уровня, который производит детали для внутренней отделки легковых автомобилей и маленьких грузовиков, и даже на сборочной линии головного автопроизводителя.

Конец и результат процессов системного инжиниринга/интеграции систем – в автосалоне дилера. Продавцы хорошо знают, как важно то, что увидит глаз потенциального клиента, когда он первый раз заглянет внутрь автомобиля: приборная панель, консоль управления между передними сиденьями, обшивка потолка, отделка дверей. Когда эти элементы хорошо выглядят и сочетаются, то на лицах покупателей появляются улыбки, и договоры о продаже с ними подписывать легче. 🍷