

Р.А. Бирбраер, ■ И.Г. Альтшулер

Приложения  
на  
**CD**

# ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО КОНСАЛТИНГА

Технология, экономика, организация



Издательство «Дело»

2-е издание

Р.А. Бирбраер, И.Г. Альтшулер

# **ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО КОНСАЛТИНГА**

**Технология, экономика,  
организация**

2-е издание

Москва  
Издательство "ДЕЛО"  
)/ш /

УДК 658  
ББК 65.290-2  
Б64

**Бирбраер Р.А., Альтшулер И.Г.**

**Б64** Основы инженерного консалтинга: Технология, экономика, организация. — 2-е изд., перераб., доп. М.: Дело, 2007. — 232 с, ил. ISBN 978-5-7749-0466-2

Книга претендует на открытие новой области консультирования, находящейся на стыке науки и бизнеса, основанного на производстве. Эту область авторы назвали инженерным консалтингом.

В большей степени они опираются на опыт, накопленный при решении проблем машиностроительного производства, но предложенные подходы справедливы и для других отраслей промышленности. В книге, по существу, впервые систематизированы основы инженерного консалтинга, поэтому ссылок на соответствующие первоисточники в тексте книги мало.

Авторы очень надеются на широкий интерес к новому направлению, так как уверены, что стремление активно воздействовать на совершенствование процессов производства является основой для достижения успеха в бизнесе предприятия.

Во втором, расширенном издании книга дополнена методологическими положениями инженерного консалтинга, связанными с новыми рыночными тенденциями в развитии машиностроения.

Книга адресована руководителям и менеджерам машиностроительных предприятий, потенциальным инвесторам, консультантам, аналитикам и журналистам, а также студентам технических и управленческих вузов.

**УДК 658  
ББК 65.290-2**

ISBN 978-5-7749-0466-2

© Издательство "Дело", 2005  
© Издательство "Дело", 2007, с изменениями

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие к первому изданию</b> .....	<b>5</b>
<b>Предисловие ко второму изданию</b> .....	<b>10</b>
<b>Введение</b> .....	<b>13</b>
<b>Глава 1. ЧТО ТАКОЕ ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНСАЛТИНГ?</b> .....	<b>23</b>
Инженерный консалтинг и поставщики оборудования и программ.....	23
Инженерный консалтинг, инжиниринг и НИР.....	25
Инженерный консалтинг и обучение.....	26
Инженерный консалтинг и системы качества.....	27
Инженерный консалтинг и другие виды бизнес-консультирования.....	30
Инженерный консалтинг и управление проектами.....	37
Кто работает в инженерном консалтинге?.....	39
Цель инженерного консалтинга.....	43
Определение инженерного консалтинга.....	45
<b>Глава 2. ЗАЧЕМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЯМ ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНСАЛТИНГ?</b> .....	<b>47</b>
Проблемы машиностроительных предприятий.....	48
Организационно-методологические проблемы.....	48
Отраслевые (или рыночные) проблемы.....	51
Социально-психологические проблемы.....	52
Проблемы рассогласований.....	55
Что делать главному технологу?.....	57
Подходы к техническому перевооружению.....	60
Определение "умного производства".....	65

<b>Глава 3. КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО КОНСАЛТИНГА</b> .....	67
Лицо предприятия.....	69
Лицо изделия.....	80
Лицо инженерно-консалтинговой фирмы.....	83
Мир проектов (вместо мира планов).....	95
Электронная модель машиностроительного производства.....	99
Методология трех связанных проектов.....	106
Расчетный период окупаемости инвестиций.....	115
Фактический период окупаемости инвестиций и фактическая стоимость нового оборудования.....	118
Влияние модели трех связанных проектов на эффективность совершенствования производства.....	123
Управление рисками и затратами в системе трех взаимосвязанных проектов.....	127
Прототип производства и/или подготовки производства.....	132
Новые организационные формы.....	135
Нормативная база.....	143
Гарантийные обязательства инженерных консультантов.....	149
<b>Глава 4. ПРОЕКТЫ: ОПИСАНИЯ И ВЫВОДЫ</b> .....	153
Создание нового производства.....	155
Модернизация существующего производства.....	160
Создание новой системы технической подготовки производства.....	175
Проблемы взаимодействия.....	197
Вариативные расчеты и международное сотрудничество.....	205
Работа без остановок — вот что такое новые технологии.....	211
Если бы не директор.....	217
<b>Глава 5. ЧТО ДАЛЬШЕ?</b> .....	221
<b>Литература</b> .....	227
<b>Приложения (на диске CD)</b>	
<i>Приложение 1.</i> Проект внедрения по участку производства деталей насосов для нефтедобычи (к разделу "Работа без остановок — вот что такое новые технологии")	
<i>Приложение 2.</i> Экспериментальный проект нового производства изделий по тематике железнодорожной и пожарной техники (к разделу "Если бы не директор...")	
<i>Приложение 3.</i> Проект внедрения нового производства изделий по тематике железнодорожной и пожарной техники (к разделу "Если бы не директор...")	

## ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Наступает переломный момент в развитии нашей промышленности, период перепутья, неопределенности, когда можно продолжить восхождение, поддерживая достигнутые темпы экономического роста, или, напротив, начать скатываться под уклон, с каждым годом теряя темпы и дойдя, в конце концов, до стадии стагнации и депрессии. Краткий обзор динамики экономического развития России последних лет поможет читателю понять переломность нынешней ситуации и актуальность предлагаемой его вниманию книги.

С 1999 года начался серьезный подъем промышленности после 9-летнего спада в ходе глубокого социально-экономического кризиса, когда объем производства сократился в 2,2 раза. Вначале, в 1999 — 2000 годах, наблюдались рекордно высокие темпы, по 11 — 12% в год против 5%-ного сокращения в 1998 году. Такой взлет промышленности связан, с одной стороны, с так называемым восстановительным ростом после кризиса, а с другой, и это главное, — с воздействием девальвации рубля на рост экспортного производства и производства импортозамещающих товаров. Из-за повышения в ходе финансового кризиса цены за доллар в четыре раза (с 6,2 до 25 руб.) экспорт оказался сверхприбыльным и стал увеличиваться на 10—15% в год, а импорт из дальнего зарубежья из-за вынужденного четырехкратного повышения импортных цен при росте цен на отечественные товары только в 1,8 раза сократился почти вдвое. В результате от импорта освободились целые продуктовые ниши и туда хлынули российские товары. Поэтому в 1999 году машиностроение, например, выросло на 16%, а в 2000 году — на 15, химическая промышленность — соответственно на 22 и 14, продукция лесного комплекса — на 17 и 10, легкая промышленность — на 20 и 22, пищевая промышленность — на 7,5 и 7%, в то время как

в 1998 году объем производства этих отраслей существенно снизился. Но затем из-за высокой инфляции внутренние цены подтянулись к цене доллара, которая почти не росла, что создало условия для увеличения импорта из дальнего зарубежья по 15 — 25% в год, т.е. импорт рос в 2—3 раза быстрее отечественного производства. Он снова стал вытеснять неконкурентные товары, производимые в России, в результате чего темпы роста уже в 2001 — 2002 годах сократились, например, в машиностроении — до 7 и 2% соответственно, в химической промышленности — до 6,6 и 2, в лесном комплексе — до 2,6 и 2,4, в легкой промышленности — до 5 и минус 3%. В результате и темпы роста промышленности в целом с 11 — 12% в год сократились до 4,9% в 2001 году и 3,7% в 2002 году. Затем в 2003—2004 годах рост промышленности в целом несколько ускорился — до 6,5—7% в год. Это ускорение произошло за счет значительного повышения экспортных цен на топливо, производство которого выросло до 9% в год, на черные металлы — рост на 9%. Без учета этих отраслей рост промышленности составил бы в лучшем случае 4%. По расчетам Мирового банка, экономическое развитие страны в 2003 — 2004 годах на 70% было связано с повышением экспортных цен и только на 30% — с внутренними факторами экономического роста. К тому же в 2004 году происходит торможение экономического развития и темпы роста почти всех отраслей, и прежде всего экспортных, в силу исчерпания возможностей быстрого роста сокращаются.

Начавшееся торможение в экономическом развитии может быть преодолено за счет повышения конкурентоспособности российских товаров, которые могут и должны противостоять импорту. Положительный пример — развитие пищевой промышленности, которая, несмотря на растущее давление импорта, сохраняет устойчивые и достаточно высокие темпы экономического роста — 5,8% в год. Благодаря тому что в эту отрасль пришел отечественный и зарубежный капитал, она консолидировалась, многие предприятия были технически реконструированы, освоили выпуск новых товаров, которые производятся с высокой эффективностью.

Из отраслей машиностроения значительная консолидация прошла в электротехнической промышленности, которая сохраняет свои позиции и растет на 4—5% в год, поставляя все больше товаров не только на внутренний, но и на внешний рынок. Высокую конкурентоспособность демонстрируют и некоторые изделия нашей оборонной промышленности, и прежде всего боевые самолеты, зенитно-ракетные комплексы, благодаря которым Россия вышла на второе место в мире по экспорту вооружений, превысив в 2003 — 2004 годах рубеж в 5 млрд долл. в год.

К сожалению, в большинстве обрабатывающих отраслей промышленности, и прежде всего в машиностроении, химии, лесном комплексе и легкой промышленности, конкурентоспособность остается на низком уровне и импорт имеет все больший удельный вес. Многие неконкурентоспособные отечественные предприятия попросту деградируют, снижая производство. Мы дошли до опасной критической черты, и, если действующие тенденции продолжатся, нас ждет потеря темпов, вместо рывка вперед мы будем пятиться назад, все больше сужая возможности для экономического роста.

Выход очевиден — нужны продуманная техническая реконструкция, обновление устаревших фондов, освоение новых технологий, переход к инновационному, интенсивному типу развития, связанному с повышением качества, эффективности производства, освоением новой продукции. И осуществить все это нужно в короткое время с минимальными инвестициями и наилучшими результатами. Как никогда, здесь важен научный системный подход.

Предлагаемая вниманию читателей книга "Основы инженерного консалтинга" показывает на примере машиностроительного предприятия, как эффективно провести техническое перевооружение производства.

Инженерный консалтинг — новая область деятельности, обеспечивающая при техническом перевооружении производства, переходе на новые технологии гарантированное достижение высоких результатов в отношении качества изделий, затрат на их производство и сроков вывода новых изделий на рынок. Во главу угла здесь ставится системный, комплексный подход, базирующийся на философии "четырёх этажей бизнеса". Верхний, четвертый этаж — стратегия предприятия заказчика, его рыночное позиционирование; третий этаж — оперативное управление предприятием, его бизнес-процессами; второй этаж — конструкторская, технологическая подготовка производства, а первый этаж — само производство. Генеральный план реконструкции и развития бизнеса и производства, с которого нужно начать, нацелен на сбалансирование всех этажей единого четырехэтажного здания.

В книге описывается методология инженерного консалтинга, предполагающая последовательные этапы: сначала разработку экспериментального проекта с помощью электронной модели производства, затем реализацию проекта внедрения — опытное производство конкретного вида изделий, связанное в том числе с освоением нового оборудования и программного обеспечения, и, наконец, осуществление индустриального проекта, реализующего полномасштабное машиностроительное производство.



Как видно, для инженерного консалтинга авторы предлагают принципиально новый инструментарий. Этот инструментарий опробован при осуществлении более 130 промышленных проектов за 10 лет работы инженерно-консалтинговой фирмы "Солвер", которую возглавляет один из авторов — Радислав Бирбраер, являясь ее генеральным конструктором и техническим руководителем. Социально-экономическую направленность придает этим проектам соавтор книги Игорь Альтшулер, известный в нашей стране бизнес-аналитик и консультант по управлению, и прежде всего стратегическому менеджменту и маркетингу.

Думаю, что любознательный читатель с особым интересом прочтет главу 4, где проанализированы значимые реализованные проекты на конкретных промышленных предприятиях: в объединении "Атоммаш" (г. Волгодонск), на чебоксарском научно-производственном приборостроительном предприятии "Элара", на альметьевском насосном заводе "Алнас" — крупнейшем в стране производителе насосов для добычи нефти из скважин и др. Каждый из примеров не только детально разработан, авторы завершают анализ обобщениями и выводами, имеющими более широкое применение.

Я говорю об этом не понаслышке, не только после внимательного прочтения рукописи, но и потому, что лично был на упомянутых чебоксарском и альметьевском заводах и видел впечатляющие достижения этих передовых предприятий.

Занимаясь разработками в области экономики и бизнеса, мне приходится знакомиться со значительным числом публикуемых материалов, на некоторые из них писать отзывы. После резкого сокращения числа публикаций в период кризиса сейчас издается все большее количество работ. Многие из них интересны, являются плодом большого труда, заслуживают уважения. Авторов лучших работ отличает самостоятельность, особое видение проблемы. Они вносят то или иное новшество в разработку, выбранный бизнес, дисциплину, будь то маркетинг, корпоративные финансы, международный бизнес или менеджмент. Для хороших авторов характерны знание работ своих предшественников, оценка сильных и слабых сторон уже проведенных исследований. Но в этом потоке крайне редко встречаются публикации, которые прокладывают новые пути, формируют новую бизнес-дисциплину со своим специальным инструментарием, а тем более демонстрируют на практических примерах результаты разработанного ими нового подхода. Такие работы по праву можно назвать новаторскими, инновационными в самом высоком значении этого слова.

По преданию, великий естествоиспытатель Кювье, умирая, произнес: "Если у меня в жизни была хоть одна собственная мысль, то я — гений!" А ведь он совершил переворот в своей области, восстанавли-

вая облик давно вымерших на Земле животных. Действительно, крайне редко встречаешь что-то принципиально новое, а не поданное под новым углом зрения уже известное.

На мой взгляд, эта книга открывает принципиально новые направления системного, комплексного подхода с новым инструментарием к техническому перевооружению предприятия на примере машиностроения. Это, по-видимому, первая работа по инженерному консалтингу, которая подытоживает многолетнюю теоретическую и прикладную деятельность авторов.

Нашей стране предстоит небывалое в мировой практике по масштабам, глубине и последствиям обновление устаревших производственных фондов. Из-за специфических условий, в которых она оказалась, пережив десятилетний (1990—1998/1999) социально-экономический кризис, когда производственные инвестиции в стране сократились более чем в пять раз, мы имеем крайне устаревшие основные фонды. Достаточно сказать, что средний срок службы машин и оборудования превышает сейчас 20 лет, в то время как при столь стремительных научно-технических переменах старыми считаются уже десятилетние машины и оборудование. Тот, кто обновляет производственные фонды последним, имеет преимущество — он может сразу перескочить через несколько поколений техники, от отсталой базы сразу перейти к самой передовой, самой последней. Используем ли мы этот шанс при предстоящем массовом обновлении наших фондов, будет зависеть во многом от системного, комплексного подхода к этому обновлению, от использования самых современных научных методов в процессе подготовки проектов технической реконструкции и их реализации. Инженерный консалтинг, развиваемый авторами, является многообещающим, а главное, проверенным на практике методом отбора самых эффективных решений на этом пути.

Рекомендуемая книга отлично иллюстрирована, написана прекрасным языком, четко и ясно, с изумительно подобранными эпиграфами. Одним из них я хочу заключить свое короткое предисловие: "Можно быть самым сильным, можно быть самым умным, но выживает ни тот и ни другой, а тот, кто быстрее приспосабливается к изменениям" (Ч. Дарвин).

*Академик А. Г. Аганбегян*

## ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

В предисловии к первому изданию книги академик А. Г. Аганбегян отметил, что "нашей стране предстоит небывалое по масштабам, глубине и последствиям обновление устаревших производственных фондов", и благословил "новую бизнес-дисциплину" — инженерный консалтинг.

К тому же действительность нередко опережает даже самые смелые наши прогнозы. За время, прошедшее с выхода первого издания, в отечественном машиностроительном комплексе произошли заметные перемены:

- собственники и руководители предприятий осознали, что время внедрения новых технологий стало сегодня фактором критичным и счет идет уже не на годы, как считалось допустимым раньше, а на месяцы;
- вопросы эффективности производства из разряда желательных переходят в разряд необходимых и ключевых, без этого становится просто невозможно конкурировать не только на мировом, но уже и на российском рынке;
- накопленный за последние годы инженерными консультантами опыт новых проектов выявил целый ряд глубоких и серьезных проблем и препятствий как технического, так и организационно-психологического характера, мешающих предприятиям оперативно внедрять новые производственные возможности и использовать их на полную катушку.

Основная проблема в том, что предприятия пытаются внедрять новое под наркозом старого — старых представлений, нормативов и стандартов, старых систем планирования, учета, контроля и мотивации. Без перестройки системы управления внедрение технических

инноваций (оборудования, программ), как правило, не дает серьезного экономического эффекта.

Новому производству трудно родиться в рамках старой системы управления. Она всячески мешает ему появиться на свет и встать на ноги. Поэтому необходимо менять систему управления, и здесь инженерные консультанты выступают в роли акушеров, "родовспомогателей" для нового производства.

В новое издание книги мы внесли следующие основные изменения и добавления:

- точнее определили место инженерного консалтинга в системе бизнес-консалтинга и, в частности, его взаимосвязи с управленческим, стратегическим консультированием и организацией производства;
- уточнили основное понятие инженерного консалтинга — "пирамида" предприятия;
- ввели новое понятие "жизненный цикл производства", увязав его с методологией трех связанных проектов;
- более четко определили место методологии трех связанных проектов для достижения запланированного экономического эффекта в производстве;
- предложили методику экспресс-оценки ключевых параметров нового производства;
- сформулировали способы минимизации периода внедрения новых технологий как минимизацию потерь при переходе от старых технологий к новым;
- определили индустриальный проект прежде всего как проект совершенствования организации производства — своеобразную акупунктуру его "болевых" точек;
- проанализировали ряд характерных проблем, мешающих реализации новых производственных возможностей, и предложили пути их преодоления;
- дополнили примеры наиболее интересных проектов (в главе 4) и привели фрагменты их рабочих презентаций в приложениях 1 — 3.

Авторы еще раз пересмотрели введенное ими понятие "умного производства". "Умное производство" — это динамический процесс постоянного отслеживания себя и рынка, с тем чтобы не прозевать момент (время критично!), когда нужно переходить к новым технологиям, новому оборудованию и т.д.

"Умное производство" — это саморазвивающееся и самосовершенствующееся производство. Оно должно иметь прежде всего современную адаптивную систему управления с саморегулирова-

нием и контурами обратной связи, быть тесно увязано с современной финансово-экономической и маркетинговой системами и т.п. Это совокупность маркетинговых и технологических усилий компании, особенно крупной, по преобразованию самой себя.

"Умное производство" — это управляемый по рискам и затратам переход от старого производства к новому, это важнейшая часть, фундамент "умного" предприятия.

Книга по инициативе фирмы *Hardinge* (США) была переиздана за рубежом и вызвала там живой интерес. Авторы выражают искреннюю благодарность Ф.М. Багирову и Ж. Бразеру за помощь в английском издании книги. Успех книги мы относим прежде всего к актуальности ее тематики и системности подхода к сложнейшим проблемам перестройки не только производительных сил, но и производственных отношений.

Многочисленным читателям первого издания мы признательны за добрые отзывы и конструктивные предложения. Надеемся, что и данное издание читатели не оставят без внимания и оно окажется полезным в их практической деятельности.

Как и первое издание, данное рождалось авторами в творческом уединении на благословенном, хотя и не очень известном в нашей стране, словенском курорте Рогашка Слатина, горный воздух и волшебная вода которого в немалой степени стимулировали наши пешеходные диалоги о судьбах инженерного консалтинга и путях его развития.

*Радислав Бирбраер, Игорь Альтшулер*

## ВВЕДЕНИЕ

*Как мир меняется,  
И как я сам меняюсь,  
Лишь именем одним я называюсь...*

Н. Заболоцкий

Эта книга — первая попытка ввести в мировую деловую практику понятие "инженерный консалтинг" и изложить его основы на практических примерах. Подобный вид деятельности оказался эффективным в различных отраслях машиностроения, таких, как:

- автомобилестроение;
- приборостроение;
- атомное машиностроение;
- нефтегазовое машиностроение;
- специальное машиностроение.

При всей специфике каждой из них есть задачи, которые приходится решать практически везде и всегда. Они связаны с:

- повышением конкурентоспособности предприятий;
- повышением качества;
- ускорением выпуска новых изделий на рынок, обеспечением обновляемости продукции;
- снижением себестоимости изделий, сокращением накладных расходов;
- повышением роли заказчика в управлении жизненным циклом изделия.

Описанные в книге методы и подходы, направленные на решение этих задач, применялись на крупных и средних предприятиях различных форм собственности (государственных, коммерческих, смешанных) для мелко- и среднесерийного производства, связанного с механообработкой различных видов изделий. Там особенно важны сроки подготовки производства и качество изделий, а в перспективе просматривается переход к "позаказному" производству.

Успешные бизнесмены давно уже поняли, что любые товары/изделия имеют ограниченный срок жизни и даже лучшие из них быстро устаревают. Поэтому долгосрочный успех компаниям приносят не товары, а эффективные *процессы их создания*. Сегодня речь идет уже о качестве не только конкретной продукции, но и самого бизнеса. Мир быстро изменяется, и стратегии, которые вели к успеху вчера, сегодня не работают (что не мешает людям воспроизводить их снова и снова). Приходится постоянно искать ответ на вопрос, как стать успешным и остаться успешным.

Открывают дорогу к успеху три ключа: сроки, качество, цены. У американцев есть поговорка: "Первый получает орех, второй — скорлупки от него". Сегодня принципиально важно выходить на рынок с новыми изделиями раньше, чем это сделают конкуренты. Неделя (а то и день) промедления — и важнейший клиент уже не ваш.

В условиях высокой конкуренции бессмысленно предлагать потребителям, клиентам изделия невысокого качества ("как смогли, так и сделали"), хотя только монополисты (а их осталось не так уж много) могут диктовать цены. Все остальные вынуждены считаться с рыночными реалиями. Цены определяются спросом и конкурентной ситуацией. Как же в таких условиях бороться за увеличение прибыли? Только постоянной работой над снижением себестоимости продукции — и это при том, что нельзя опаздывать и нельзя жертвовать качеством.

Как действуют в таких условиях сложившиеся методы управления предприятиями, базирующиеся на старой плановой системе, морально и физически устаревшем оборудовании, бумажной конструкторско-технологической документации, слабых связях подразделений между собой? Можно ли на такой основе серьезно бороться за клиента на отечественном и тем более зарубежном рынке — в условиях растущей глобализации и развития интернет-технологий? При том что промедление в осуществлении преобразований может сделать отставание машиностроительных предприятий от конкурентов необратимым.

К сожалению, веяния и колебания рынка практически не доходят до традиционного производства. Маркетинговые и сбытовые проблемы сталкиваются с вопросами проектирования и производства только на директорских оперативках, при этом стороны практически не слышат друг друга, разговаривая на разных языках. Одни говорят о конкурентах, клиентах, их пожеланиях и капризах, другие — о сложившихся связях, старом оборудовании и о том, что они не волшебники, чтобы в такие сжатые сроки освоить и выпустить качественно новую продукцию, да еще и без повышения себестоимости.

Вопрос ведь не в том, чтобы ударно спроектировать и изготовить одно изделие (героически штурмовать и преодолевать трудности наши люди умеют и даже любят), а в том, чтобы создать регулярный поток инноваций. Обеспечение оперативной обработки необходимых изменений поставит на более прочный фундамент весь бизнес предприятия. "Система создания эффективных производств" (одно из ключевых понятий инженерного консалтинга) — вещь сложная, и выстраивание ее займет не один год. Как минимум она включает в себя такие компоненты, как:

- разработка новых и оптимизация существующих технологических процессов;
- разработка новых бизнес-процессов и оптимизация существующих;
- система управления проектами.

В [45] приводится интересный пример: один финский концерн, освоив фиксированный производственный цикл, предусматривающий переналадку прокатного стана за 12 минут, увеличил ассортимент продукции до 2 тысяч наименований и сократил объем минимального заказа до 2 тонн. Сделав свое производство более гибким и внедрив систему электронного обмена данными с заказчиками, он смог поставлять продукцию заказчикам не за 70 дней, как прежде, а всего за 14 (его главный конкурент — за 42 дня). Вот так информационные и технологические инновации позволяют кардинально изменить рыночную позицию предприятия, вывести аутсайдера или середняка в лидеры.

*В быстроменяющемся индустриальном мире задача технического и технологического перевооружения предприятия становится важнейшей и регулярной. Техническое перевооружение необходимо и неизбежно, но методы, которыми оно сегодня проводится на многих машиностроительных предприятиях страны, безнадежно устарели и нуждаются в коренном изменении.*

Большинство руководителей предприятий изучают рынки своей продукции, потребности заказчиков и потому знают, чего хотят от собственного производства. Но не знают, как этого добиться от своих производственников, конструкторов и технологов, тем более — с оптимальными затратами и минимальными рисками. Чем более масштабную задачу ставит предприятие в рамках программы перевооружения, тем больше риски, связанные с принятием не очень эффективного (или вообще ошибочного) решения. Решение должно быть глубоко проработанным и максимально надежным.



За советский период в стране были накоплены хорошие производственные традиции, созданы мощные системы государственных и отраслевых стандартов, система повышения квалификации рабочих и инженерно-технического персонала. Огромные коллективы успешно решали грандиозные по сложности задачи, прежде всего в различных отраслях машиностроения. Однако эта система глобальной централизации имела и немало минусов:

- нормативная рентабельность и большое число предприятий-монополистов не стимулировали развитие и работу по повышению эффективности;
- центр принятия стратегических решений был вынесен за пределы предприятия, сверху не только решали, что и когда производить, но и спускали и финансировали планы технического перевооружения.

Теперь же руководителям предприятий приходится самостоятельно принимать подобные решения и изыскивать средства. Для одних — это новые проблемы, для других — новые возможности. Вспомним красивый девиз шведской корпорации *ATLAS COPCO*: "Когда начинают дуть ветры перемен, большинство людей возводят преграды, чтобы защититься от ветра, но находятся и те, которые строят ветряные мельницы".

Ведущие японские производители оборудования (а во многих сферах они — законодатели мод) не без оснований утверждают, что техника должна быть максимально ориентирована на человека, что технологические возможности должны давать новый простор дизайнерской и технической мысли. Они даже ввели новое понятие — "производство, создающее ценности". Такое производство, обеспечивающее удобство эксплуатации и обслуживания, эргономику, безопасность для оператора и окружающей среды, эффективность, дает уверенность в том, что и все вновь возникающие задачи будут успешно решаться.

Понятно, что само по себе использование новой техники и программного обеспечения (как, впрочем, и прием на работу отдельных квалифицированных специалистов или групп специалистов) мало что дает предприятию, если оно не меняет оргструктуру, существующие процедуры взаимодействия подразделений, стандарты предприятия, систему мотивации сотрудников. Многие проекты "спотыкаются" на том, что нет процедур и регламентов внедрения и эффективного использования инноваций. Дорогостоящее оборудование и программы существуют сами по себе, номенклатура изделий — сама по себе. Новая техника оказывается инородным телом и не "вживляется" в реальный процесс производства и управления, сложившиеся

производственные отношения. Все упирается в обычаи, устоявшуюся деловую практику, неподготовленность людей к изменениям. Организационные, методические, психологические проблемы оказываются более сложными, чем технические, технологические, информационные.

Невозможно "безнаказанно" изменять части системы (тем более такой сложной и многоплановой, как машиностроительное предприятие), нужно все время видеть систему в целом. Эффективно развернуть предприятие в сторону клиента, в сторону рынка можно только целиком, включая все его "этажи" и "отсеки". Классические методы разбиения систем на части с последующим анализом этих частей не учитывают многообразия и сложности взаимосвязей между ними, и, таким образом, чем сложнее система, тем менее применимы к ней подобные аналитические методы. Поэтому заниматься нужно не отдельно каждым "этажом" и "отсеком" — их автономная коррекция приведет к еще большей путанице и несогласованности. В [39] показано, что гораздо более эффективно — для сложных систем — находить основную "болевою" точку для системы в целом и начинать воздействовать на нее и через нее — на систему. Далее ищется следующая болевая точка (при этом не нужно терять из виду происходящее с предыдущей болевой точкой). Так выстраивается система управления, подобная системе акупунктурного лечения в медицине.

Стоит ли тратить деньги на глубокие рыночные исследования и проработку элегантных конструкторских решений, если производственная база не готова к выпуску качественных современных изделий, востребованных рынком? "Какая стратегия лучше?" или "Какая структура лучше?" — часто спрашивают руководители у консультантов. Ответ прост по сути и сложен по реализации: "Та, которая соответствует уровню и направлению развития вашей фирмы".

*Инженерный консалтинг как раз и создает среду, предлагает инструментарий для грамотного, комплексного, эффективного технического перевооружения, которое позволяет обеспечить конкурентоспособность.*

При правильно определенном рынке продукции и спрогнозированной программе выпуска появляется возможность минимизировать проектные и производственные риски, связанные с поставкой нового оборудования, программ, внедрением новых технологий. Важнейшие элементы предлагаемого подхода — компьютерное (электронное) моделирование и обязательное экспериментальное обоснование предлагаемых комплексных решений.

Моделирование не ограничивается только обработкой конструкции, а позволяет определить предельно допустимую себестоимость (цена обусловлена рынком, а не нами!), при которой еще имеет смысл производить данные изделия. Во многих случаях цены и объемы производства связаны между собой посредством рынка, и разным ценам соответствуют разные объемы производства.

*Экономическое моделирование дополняет и интегрирует конструкторское, технологическое и производственное моделирование, снимает антагонистические противоречия между ними.*

В ходе инженерного консалтинга при разработке технологических процессов определяются оборудование, на котором будет выполняться обработка, а также необходимая оснастка и инструмент. Оцениваются общее время изготовления деталей и технологическая нагрузка оборудования, выявляются возможные "узкие места", фиксируются риски. Эффективность разработанного техпроцесса может подтверждаться изготовлением опытного образца. Только после всего этого формируется заказ на поставку оборудования и программного обеспечения.

Дело не в том, насколько мощны, красивы и функциональны станки, программное обеспечение, оснастка и инструмент, а как с помощью этих станков, оснастки, инструмента и программ, объединенных и сбалансированных технологией, научиться быстро и с минимальными затратами выводить на рынок новые качественные изделия, как помочь клиенту стать успешным на его рынке. Например, технологии, связанные с визуализацией и анализом конструкторских идей на ранних стадиях разработки, позволяют значительно сократить временной разрыв между концепциями и их воплощением в жизнь. Эти технологии также помогают наладить оперативное производство продукции небольшими, экономически выгодными партиями (вплоть до одной единицы товара).

Ограничимся любопытным примером. В одном из министерств возникла идея — на основе старых прикладов автоматов, чертежи которых были давно утрачены, сделать новые из светлой березы, которые красиво смотрелись бы с белыми перчатками военных во время парада. За технически сложную срочную задачу (до парада оставалось три недели) не брались ни один завод, ни одно конструкторское бюро. При традиционном проектировании и производстве выполнить такой заказ нереально. Правда, КБ спортивного оружия в Туле было оснащено новой современной техникой, в частности деревообрабатывающим станком, но как изготовить на нем сложное изделие без чертежей и управляющих программ? Министерство

"давило" на это КБ. Руководство КБ обратилось в фирму "Солвер". Специалисты "Солвер" с помощью английского пакета программ *ICEM Surf*, интегрированного в систему *Pro/ENGINEER*, использовали моделирование по "облаку точек" (сняли случайные точки с образца изделия на контрольно-измерительной машине), создали электронную модель изделия, а по ней — управляющую программу для станка с ЧПУ. После этого дорогой станок смог быстро изготовить приклады, и наши военные в белых перчатках и со светлыми прикладами прошли на параде 9 мая по Красной площади — это было очень красиво.

Естественно, ни одна технология не является универсальной и не подходит для всех сфер применения. За "универсальность" оборудования тоже приходится платить немалую цену: невысокой эффективностью при изготовлении конкретных деталей, повышенными затратами на сырье и материалы. Оборудование и технологии должны максимально соответствовать номенклатуре выпускаемых изделий, быть оптимальными с точки зрения рыночных критериев (сроки, качество, себестоимость).

В последние годы ведущие западные (в значительно меньшей степени — отечественные) фирмы перешли от оснащения современным оборудованием и программным обеспечением отдельных, наиболее трудоемких видов работ к системам, охватывающим весь процесс создания изделия. В результате за последние 20 лет показатель капиталовооруженности труда проектировщиков в США увеличился в 30 раз, а производительность труда — в 2,5 раза. За тот же период производительность труда проектировщиков в России и бывшем СССР увеличилась лишь на 5%. Проектировщиков в России сейчас на 30% больше, чем в США, зато объем выполняемых ими работ вдвое меньше [42].

Любопытный пример приведен в [40]: "Крупнейший завод, у которого есть деньги, покупает станок за 500 тыс. долл. и полтора года не может ввести его в эксплуатацию. Старые специалисты уходят, новых нет, имеющиеся не обладают нужной квалификацией. В результате потеряно время, упущена выгода".

Уровень спроса на услуги инженерного консалтинга — достаточно объективный индикатор ситуации в конкретной отрасли и на конкретном предприятии. Смирились ли руководители с отставанием от зарубежных конкурентов и пытаются закупками новой техники лишь продлить агонию на несколько лет или верят в свои возможности и готовы конкурировать с ведущими мировыми производителями не только на нашем рынке, но и в других странах? В этом случае принцип *"быстрее, лучше, дешевле"*, известный еще

со времен Генри Форда, должен стать долгосрочной комплексной программой действий.

Новые станки, новые технологии влекут за собой, даже требуют нового отношения человека к производству, к коллегам, к самому себе, к тому, что он делает (соответственно и к самому этому человеку нужно относиться по-другому). Новые отношения не возникают сами собой, они проходят через конфликты, эмоциональные срывы и подъемы. Нельзя привить их искусственными методами, они могут зародиться и вырасти только в процессе реальной совместной работы.

Нужна *трансплантация (пересадка) технологий*, опыта, знаний, навыков, методов, принципов. Этот процесс не менее сложен, чем пересадка органов одного человека другому. Закупка и установка оборудования и программ, даже самых лучших, — не более чем подготовка к сложной операции *вживления новых технологий и новых организационных форм в действующий, функционирующий организм предприятия* без нанесения ему вреда, для продления его жизни и улучшения качества его развития.

Методология инженерного консалтинга отрабатывается уже более 10 лет, за это время накоплен большой опыт реализации конкретных проектов, разработано множество методических материалов. В последующих главах авторы постараются изложить теоретические основы инженерного консалтинга и привести достаточное количество реальных примеров.

### **Кому может быть интересна и полезна эта книга:**

1. Руководителям, высшим и средним менеджерам машиностроительных предприятий.

Мы хотим продемонстрировать им возможности перехода на другой уровень бизнеса на базе системного подхода к преобразованиям. Все теоретические тезисы иллюстрируются конкретными яркими примерами из реализованных проектов или проектов, находящихся в стадии реализации.

2. Конструкторам, технологам, операторам станков с ЧПУ.

Мы хотим предоставить возможность активным техническим специалистам предприятий сертифицироваться по методологии инженерного консалтинга и быть его проводниками не только на своих предприятиях, но и в рамках программы "Инженерный консалтинг плюс" (о которой мы расскажем подробнее в последней главе) получить возможность профессионально расти, более рационально использовать свое рабочее время и зарабатывать дополнительные деньги.

3. Потенциальным инвесторам, которые интересуются отраслями машиностроения.

Любой комплексный проект инженерного консалтинга — это, кроме всего прочего, еще и технически продвинутый и экономически обоснованный бизнес-план выпуска конкретных видов продукции. Фактически такой проект позволяет оценить инвестиционный потенциал данного предприятия.

4. Консультантам самого разного профиля.

Бизнес-консультанты, работающие с машиностроительными предприятиями, должны осознать неполноту маркетингового, финансового, логистического или иного подхода к преобразованиям в машиностроении и понять необходимость и роль инженерного консалтинга как ключевого фактора повышения эффективности бизнеса на этих предприятиях.

5. Конкурентам "Солвер" — нынешним и потенциальным.

Конкуренты, мыслящие на уровне конкретных продаж оборудования, программ, инструмента и т.д., должны понять, что серьезного роста своего бизнеса они могут добиться, только глубже проникая в бизнес клиентов, особенно в нынешней российской индустриальной действительности. Не талантливые продавцы определяют сегодня уровень бизнеса, а система серьезных и глубоко проработанных технологий — мы постараемся показать это на конкретных примерах.

6. Аналитикам и журналистам.

Мы попробуем доказать, что пора переходить от анализа неутешительных объемов продаж российских машин и оборудования, а также сожалений по поводу утраты нашей страной своих позиций едва ли не во всех областях машиностроения к содействию в становлении рынка комплексных технологий, с которыми связаны перспективы развития отечественной индустрии.

Опыт фирмы "Солвер" и ее клиентов показывает, что наши предприятия, овладев современными инструментами воздействия на конкурентоспособность своей продукции и эффективность ее производства, вполне могут занимать передовые позиции на мировом рынке.

*Предлагается ввести в лексику новое для нашего рынка понятие "инженерный консалтинг", без которого управленческий, финансовый и прочие виды консалтинга теряют материальную основу.*

## 7. Учебным заведениям.

Инженерный консалтинг — это новый предмет, интегрирующий науки об изделиях и процессах их создания с экономическими и рыночными теориями, а также методами организации производства. Ныне выпускники даже престижных вузов, попадая на машиностроительные предприятия, требуют 2—3-летней "доводки" для получения от них реальной отдачи. В связи с ускорением рыночных процессов ждать так долго предприятия уже не могут, и учебные заведения уже осознают, что их выпускники должны "с ходу" эффективно решать текущие проблемы и становиться проводниками технологических и организационных инноваций на предприятии. Для студентов, которые собираются работать в машиностроении, эта книга может стать своеобразным путеводителем по целенаправленному достижению высоких и заслуженных ступеней карьеры.

Мы надеемся также, что с точки зрения обобщения накопленного фирмой "Солвер" опыта книга будет весьма полезна ее сотрудникам, сотрудникам ее партнеров и клиентов.

## Глава 1

# ЧТО ТАКОЕ ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНСАЛТИНГ?

*Становится вполне определенным  
Лишь то, что понято и переведено.*

А. Вулах

Чтобы определить некое новое понятие, имеет смысл сравнить его с привычными понятиями, зафиксировать различия, понять особенности.

## Инженерный консалтинг и поставщики оборудования и программ

Стандартный подход продавца станков, программного обеспечения, инструмента, оснастки — у нас есть хорошие связи с конкретными поставщиками, мы на выгодных условиях получаем их продукцию, а дальше ищем клиентов, которым она нужна (более агрессивный вариант — уговариваем всех подряд, что именно эта продукция им сейчас нужна, и продаем им ее).

Поставщики очень хотят продать свое оборудование, программы и т.п., но насколько все это подходит для проектирования и изготовления конкретной номенклатуры изделий, является ли достаточным, не является ли избыточным — это дело заказчика. Поставщик не собирается его подменять и брать на себя лишнюю ответственность. Он заинтересован в своевременном получении денег и автономной работоспособности того, что поставлено — исключительно в рамках гарантийных обязательств. Будет ли новое оборудование и программы совместимы между собой и с тем, что уже работает на предприятии? Будут ли эффективными и результативными капиталовложения? Всю ответственность за это вынуждено брать на себя предприятие-заказчик (не имея, как правило, опыта решения



таких задач и специалистов, способных комплексно решать столь сложные задачи).

Продукт (услуга), в котором действительно остро нуждаются предприятия, — это возможность изготовления качественных изделий быстро и с минимальными затратами. А им в это время предлагают что-то другое: станки, которые есть на складе, или программы, которыми овладели специалисты поставщика. Имеет место фактическая *подмена продукта*. Значительные средства тратятся с непонятным или отрицательным результатом: закупаются новые импортные станки, программы, направляются на учебу люди. А где реальные подвижки? Генеральные и технические директора устали от "одноходовых" вложений, от бесполезной "стрельбы по площадям" и "стрельбы в воздух". Им хочется, чтобы кто-то вник в гарантии того, что эти решения дадут предсказуемый, ожидаемый результат.

Справедливости ради отметим, что клиенты далеко не всегда готовы платить за интеллектуальную продукцию, за обоснование выбора оборудования или программ, за обеспечение их совместимости, эффективного использования, балансировки мощностей. Поэтому достаточно часто такое обоснование стыдливо "прячется" в ценах или в прибыли поставщика. Основных варианта два:

- стоимость обоснования включается в стоимость оборудования, программ (явно или неявно для клиента);
- уважающий себя поставщик, не изменяя цену оборудования, жертвует на обоснование часть своей маржи, чтобы не создавать потом проблем себе и клиенту.

Инженерный консалтинг предлагает другой, более сложный и трудоемкий, чем простая поставка, но зато и неизмеримо более эффективный поэтапный подход:

1. Первичная диагностика, выявление "узких мест" производства (болевых точек), совместное формирование "технического задания на проблему".
2. Формирование комплексного предложения для разрешения одной или нескольких "болевых" проблем.
3. Экспериментальная проверка (на основе математического и натурального моделирования производственных процессов) предложенного решения, позволяющая судить о его реализуемости и целесообразности, создание экспериментального прототипа производства изделия, выдача пояснительной записки и технического задания на поставку оборудования и программного обеспечения.

4. Реализация технического задания на поставку с гарантиями достижения показателей экспериментального прототипа (всех технико-экономических показателей, связанных с оборудованием и программным обеспечением) при последующем внедрении.
5. Создание действующего прототипа производства изделия и инициализация необходимых организационно-технических преобразований.
6. Обеспечение выпуска новых конкурентоспособных изделий, постоянный мониторинг и повышение эффективности производства.

Таким образом, инженерный консалтинг предлагает перейти *от случайных и бессистемных закупок к формированию и поэтапной реализации плана технического и технологического развития*, который станет неотъемлемой составной частью стратегического плана рыночного развития машиностроительного предприятия.

## Инженерный консалтинг, инжиниринг и НИР

Не следует путать инженерный консалтинг и инжиниринг. Различия между ними глубокие и существенные. Инжиниринговые задачи могут быть частью инженерного консалтинга, но в рамках конкретного экспериментального проекта (примеры таких проектов приводятся в гл. 4). Специалисты инжиниринговой фирмы могут рассчитать конструкцию, разработать прекрасное новое изделие или создать новую пресс-форму, но когда возникнет потребность в следующем аналогичном изделии, конструкции или пресс-форме, предприятие не сможет само пройти весь процесс и самостоятельно решить эту задачу, так что вновь поручит ее решение инжиниринговой фирме.

Кардинальное отличие инжиниринга от инженерного консалтинга в том, что первый нацелен на получение результата от решения конкретной задачи и не влияет на процесс в целом, тогда как второй занимается выстраиванием процесса. Инжиниринг, с одной стороны, помогает решить задачу в срок и с хорошим качеством, с другой — закрывает предприятию пути решения подобных задач в будущем. Это суть его бизнеса. С помощью накопленных ноу-хау он решает поставленную тактическую задачу, добиваясь нужного результата (при этом никто не знает, как он это делает).

Инженерный консалтинг не ограничивается решением тактических задач (хотя это необходимая стадия и для завоевания доверия

у заказчика, и для опробования оборудования и технологий), он нацелен на выстраивание процесса, на передачу ноу-хау и технологий предприятию. Стратегическая цель инженерного консалтинга — добиться того, чтобы предприятие могло обходиться собственными силами (участие консультантов должно быть минимизировано) при постановке на поток новой продукции.

Не следует воспринимать инженерный консалтинг как научно-исследовательскую работу (НИР), поскольку НИР — это часть инжиниринга. Цель подобных работ — решение конкретных проблем, сначала научных, а потом технических. Инжиниринговые фирмы передают заказчику только результаты, тщательно охраняя свою интеллектуальную собственность, технологию и методику их получения. Чаще всего это уникальные, нетиражируемые технологии, люди просто лишатся работы, передав их кому-либо другому.

Инженерный консалтинг работает в тесном контакте со специалистами заказчика, они вместе формируют, адаптируют и документируют технологию ("как это можно сделать?") для определенной номенклатуры изделий. Таким образом, заказчик получает не просто новую пресс-форму, а новую регламентированную технологию создания подобных пресс-форм, обученных специалистов, отработанные организационные моменты.

## Инженерный консалтинг и обучение

Обучение — важный элемент инженерного консалтинга, но оно дает эффект только в совокупности с другими элементами. Многочисленные бизнес-школы проводят деловые игры, решают кейсы, имитируют реальные процессы взаимодействия, но такое обучение имеет игровой характер, оно никак не связано с реальным производственным процессом, его нервотрепкой, штурмовщиной и прочими "прелестями". При этом обучаемым дают достаточно высокий уровень понимания бизнеса и современных технологий, пробуждают активность, но потом люди возвращаются в родные цеха и отделы, их вновь затягивает текучка, и порыв проходит. Основная проблема — не в объеме и качестве вновь полученных в бизнес-школе знаний, а в том, как их применить в реальной ситуации.

Оторванное от конкретной производственной программы обучение предполагает передачу специалистам предприятия неких абстрактных знаний и навыков, связанных, например, с богатыми функци-

ональными возможностями того или иного программного средства. Но как использовать эти знания и навыки при проектировании изделий, имеющих массу особенностей, нюансов, тонкостей, да еще в условиях производственного процесса, когда сроки "горят", смежники "подводят", а начальство требует качества, но не желает вникать в твои проблемы?

Учеба сотрудников с отрывом от производства, особенно длительная, редко бывает эффективной еще по одной причине: на нее посылают либо молодых специалистов, либо тех, кем не очень дорожат. При инженерном консалтинге — совершенно другой подход: люди обучаются "на ходу", в "боевой обстановке" реального проектирования и производства (сроки надо выдерживать!), в ходе решения важных практических задач, поэтому учатся лучшие, учатся быстро и с удовольствием. Собственно, инженерный консалтинг нередко начинается с обучения, но людей с самого начала предупреждают, что речь пойдет не об учебно-тренировочных задачах, "казнить и миловать" по итогам проекта тоже будут не понарошку. Сначала консультанты пытаются вывести специалистов предприятия на свой уровень (при этом, кстати, сразу достигается очень важный результат — отсеиваются те, кто не может или не хочет на этот уровень выходить). Потом совместно, в рамках единой проектной группы (как это делается — описано в гл. 3 и 4) консультанты и специалисты предприятия проходят путь формирования и "обкатки" новых технологических и бизнес-процессов. Они создают эти процессы, реализуют их, поддерживают, вместе добиваются результатов и (ключевой момент!) отвечают за соответствие этого результата первоначальным ожиданиям.

Инженерные консультанты, умеющие разрабатывать и внедрять современные технологии, добиваться результатов, не бояться остаться без работы (спрос значительно превышает предложение), поэтому им нет смысла "сажать клиентов на иглу", они искренне стремятся передать им свои знания, опыт, навыки, методики.

## Инженерный консалтинг и системы качества

В какой-то части концепция инженерного консалтинга пересекается с идеологией "стройного (бережливого) производства" (*lean production*), выдвинутой в свое время одним из руководителей *Toyota Motors* — Таичи Оно [45]. Основные принципы производственной системы *Toyota* Оно сформулировал так:

- производить только то, что нужно, и только тогда, когда нужно. Правило распространяется на запчасти, на организацию, на характеристики продукции. Все прочее — расточительство;
- при появлении ошибки следует сразу же найти ее причину, устранить ее и не допустить появления в будущем. Цель — отсутствие ошибок;
- все сотрудники и поставщики должны постоянно повышать качество продукции и совершенствовать производственный процесс.

Идеология стройного производства стоит на трех "китах", трех умениях:

- искать новые возможности там, где никто не ищет;
- ставить под сомнение очевидное;
- отказываться от привычного и устоявшегося ради более эффективных решений.

Последовательно проводя свою линию, *Toyota Motors* преодолела представлявшийся неизбежным компромисс между качеством, временем и издержками: оказалось, что *качественно — это необязательно дорого и долго.*

Концепция Таичи Оно рассматривает три основных препятствия, мешающих повышению эффективности производства:

- потери;
- отклонения от стандарта;
- отсутствие гибкости (например, если устанавливается минимальный размер заказа, автоматически теряются клиенты, которым так много не нужно).

Под *потерями* подразумевается любая деятельность, которая, не создавая стоимости, увеличивает издержки, сдерживает поток продукции или информации и мешает удовлетворять потребности клиентов. Выделяют семь видов потерь:

- перепроизводство;
- ненужные передвижения и перевозки;
- ремонт любого рода;
- избыточная обработка;
- простои, вызванные ожиданием (пока доставят нужные комплектующие или пока машина начнет цикл обработки);
- избыток материально-производственных запасов;
- неполное использование интеллектуальных ресурсов.

С помощью известной методики "Время ТАКТ" (время, которое необходимо для производства одной единицы продукции с учетом текущего объема спроса) можно правильно оценить потребность в рабочей силе, сбалансировать загрузку оборудования. При этом простой сводятся к минимуму

Один из ключевых принципов "стройного производства" — создание четкой, прозрачной системы оценки деятельности каждого сотрудника на каждом уровне иерархии. Поэтому на определенном этапе внедрения "стройного производства" для всех уровней организации разрабатываются ключевые показатели эффективности, устанавливаются краткосрочные и долгосрочные цели, составляется план для топ-менеджмента и до каждого сотрудника доводится информация о предполагаемых изменениях.

Надо сказать, что многие предприятия в разных странах пытались освоить отдельные методики "стройного производства", некоторым из них удалось повысить производительность, снизить издержки и сократить сроки выполнения заказов. Но почти везде эти *достижения либо оказывались "скоропортящимися", либо не влекли за собой последующих изменений* (поскольку не учитывали специфику номенклатуры изделий, предприятия, отрасли, страны).

Инженерный консалтинг развивает и расширяет идеологию "стройного производства". Авторы предлагают более емкое понятие — "умное производство", понимая под ним оптимизированный процесс собственно производства и его технической (конструкторской и технологической) подготовки в привязке к программе изготовления конкретных изделий.

Вводится ключевое понятие *"производственный цикл"* — полное время, требуемое для конструкторской и технологической подготовки производства (проектирования) и собственно производства (изготовления) изделий.

*Важнейший постулат инженерного консалтинга состоит в том, что минимизировать необходимо производственный цикл в целом, а не его отдельные элементы, не снижая качества изделий (улучшая это качество) и уменьшая их себестоимость.*

Поэтому заметим, при этом не ставится вопрос сокращения сроков подготовки производства, в ряде случаев подготовка может потребовать много времени и больших затрат. Речь идет о значительном повышении качества этой подготовки и персонализации ответственности. Выявление ошибок и нестыковок на ранних стадиях существенно снижает стоимость их устранения.

## Инженерный консалтинг и другие виды бизнес-консультирования

*И какая, к дьяволу, стратегия,  
И какая тактика, к чертям...*

В. Высоцкий

Переход к рыночной экономике оказался для машиностроения крайне болезненным. Как обычно бывает в периоды кризисов, произошел пережест, маятник качнулся в обратную сторону. Если раньше производство везде и всюду ставилось во главу угла, конструкторы и технологи были самыми уважаемыми на предприятии людьми, в 90-х годах XX века их как-то сразу "задвинули". На первый план вышли маркетологи (надо изучать рынки, потребности клиентов), финансисты (надо управлять финансовыми потоками), логисты (надо оптимизировать материальные потоки); модными стали понятия "стратегия", "миссия", "бизнес-планирование", "конкурентные преимущества" и т.п.

Несомненно, в целом это был позитивный процесс. В частности, управленческие консультанты в стратегической области активно пропагандировали идею создания бизнес-единиц и выработки корпоративной стратегии фирмы в органической связи со стратегиями отдельных бизнес-единиц. Для этого предлагалось:

- провести стратегический анализ деятельности фирмы;
- определить бизнес-миссию фирмы и цели ее развития;
- выявить конкурентные преимущества;
- определить основные бизнес-единицы;
- сформулировать корпоративную стратегию и стратегии бизнес-единиц.

На предприятиях активно стали применяться такие инструменты, как:

- Бостонская матрица (связанная с рыночным пониманием жизненного цикла изделий);
- матрица Ансоффа (позволяющая оценить степень инновационности компании);
- матрица "цена — качество" (помогающая выстроить стратегию конкурентной борьбы);
- SWOT-анализ в различных его модификациях (позволяющий разработать несколько стратегий развития, чтобы было из чего выбирать);

Таблица 1

**Продуктово-рыночная матрица**

Продукты и услуги	Клиенты (рынки)		
	1	2	3
1.			
2.			
3.			

*Примечание.* В клетках матрицы указывается доля объема продаж соответствующего продукта (в % объема его продаж в целом) соответствующему клиенту.

- разнообразные профили (фирмы, конкурентоспособности), отображающие текущее и желаемое состояние;
- продуктово-рыночная матрица (ПРМ) и т.д.

Значение продуктово-рыночной матрицы в становлении рыночного мышления хотелось бы отметить особо.

Информация, сконцентрированная в этой матрице (табл. 1), позволила:

- уточнить для собственного бизнеса понятия "клиенты" (или "рынки") и "продукты и услуги", предлагаемые различным "клиентам" (или на различных "рынках");
- классифицировать продукты по объемам продаж и уровню доходности;
- ответить на вопрос, какие виды продукции следует развивать, а какие сокращать;
- классифицировать рынки по объемам продаж, уровню конкуренции и тенденциям развития;
- ответить на вопрос, на каких категориях потребителей (рынках) следует сосредоточить внимание, а какие можно игнорировать;
- персонализировать ответственность за конкретные клетки (столбцы, строки) этой матрицы;
- оценить эффективность вывода новой продукции на старые и новые рынки;
- сбалансировать такие важнейшие факторы бизнеса, как риски, денежные потоки, обновление и отмирание продукции, и т.д.



Проводя на основе ПРМ грамотную сегментацию, маркетологи предложили выделить целевые рынки для стратегии маркетингового доминирования, а также принять обоснованное решение о соотношении цены и качества. Кроме ценовой политики, начали также решаться вопросы из таких областей, как:

- ассортиментная политика;
- стратегия и тактика распределения (прямые продажи, использование дилеров и дистрибьюторов);
- стратегия и тактика продвижения товара, воздействия на клиента;
- создание и поддержание торговых марок, брендов;
- стратегия сбора, хранения и распределения маркетинговой информации.

Финансовые консультанты привнесли целый набор инструментов, связанный с анализом информационного обмена, стоимости бизнеса и динамики изменения этой стоимости, эффективности управления компанией, финансовой устойчивости компании, эффективности использования активов и ресурсов, структуры управления издержками.

В теории и практике стратегического управления происходят заметные перемены. Некогда считалось, что главное — это динамичный рост объема продаж, в 70-е годы XX века заговорили о динамике изменения занимаемой доли рынка, теперь стала немодной и она. Успех в бизнесе определяется тем, сколько у вас крупных, важных, стратегических клиентов, и тем, какую долю каждого такого клиента вы удерживаете. Не так давно появилось понятие "репутационный менеджмент": целенаправленно управляемая репутация — средство привлечения ресурсов, в частности инвестиционных.

К современным системам управления предъявляются достаточно жесткие требования:

- небольшие подразделения, укомплектованные меньшим числом более квалифицированных людей;
- небольшое число уровней управления;
- структура, основанная на группах (командах) специалистов;
- графики и процедуры работы, ориентированные на потребителей;
- возможности для гибкой комплектации;
- минимальный объем запасов;
- быстрая реакция на изменения;
- гибко переналаживаемое оборудование;

- высокая производительность и низкие затраты;
- высокое качество продукции и ориентация на прочные связи с потребителями.

Нет сомнения в полезности стратегических, организационных, маркетинговых, финансовых и иных консультантов, но не следует забывать о том, что маркетологи и коммерсанты, финансисты и юристы не могут заменить конструкторов, технологов и производственных специалистов. Рынок воспринимает предприятия не по словам, обещаниям и дипломам топ-менеджеров об окончании престижных бизнес-школ, а в первую очередь по реальным изделиям: их надежности, цене, сроку изготовления, дизайну...

В ходе маркетингового анализа можно определить, какая цена изделия будет воспринята рынком. Финансовый анализ поможет определить размер прибыли, необходимый для динамичного развития предприятия. Но как добиться в производстве такой себестоимости изделий, которая позволит при данной цене заработать эту прибыль? На этот вопрос ни маркетологи, ни финансисты не ответят, это предмет инженерного консалтинга.

Требования к качеству изделий и срокам их изготовления тоже определяются в ходе стратегического и маркетингового анализа. Например, данное изделие должно безотказно функционировать в агрессивной среде не менее двух лет. Другой пример: полтора месяца ожидания заказанной продукции клиенты поймут, а два — уже нет (потому что конкуренты делают за два, а у них изделия чуть дешевле). Но как добиться требуемых сроков, качества и надежности — это тоже вопросы инженерного консалтинга.

#### *Вывод:*

- рынок, клиенты диктуют требования к срокам, качеству, затратам (цене);
- различные виды консалтинга интерпретируют эти требования, уточняют и формулируют их;
- инженерный консалтинг, как вратарь в команде, стоит на последнем рубеже. Он отвечает на вопросы: можно на данном предприятии добиться этого или нельзя? Как выйти на такие показатели?

Инженерно-консалтинговые фирмы — это важный и необходимый инструмент преобразования машиностроительных предприятий. С одной стороны, по численности специалистов, объемам продаж они в десятки и сотни раз меньше крупнейших своих клиентов,

с другой — выступают как *катализаторы стратегических изменений* и проводники в сложнейшем деле формирования конкурентоспособного бизнеса.

На машиностроительном предприятии, отличающемся высокой стоимостью активов, консервативностью, инженерный консалтинг — это платформа, на которой могут развиваться все прочие виды консалтинга, именно он определяет рыночное позиционирование изделия.

Рыночное и финансовое образование и самообразование — этап необходимый, но не следует забывать о том, что фундаментом успешной работы на рынке является все-таки изделие, продукт. Какой может быть репутация фирмы, выпускающей устаревшую или некачественную продукцию? Никакая грамотная стратегия, продуманная финансовая политика и мощная рекламная кампания не спасут, если нет конкурентоспособного продукта.

*Практически все известные виды консалтинга занимаются вопросами организации производства и управления на предприятии ("лицом предприятия"), а в центре интересов инженерного консалтинга лежат в первую очередь особенности изделия, выпускаемого предприятием ("лицо изделия"), целенаправленно улучшая которые можно улучшить и лицо предприятия (см. гл. 3).*

В целом, если следовать идеологии Шведского института менеджмента (*IFL*), общая картина бизнеса предприятия может быть представлена несколькими иерархическими уровнями (см. табл. 2).

На уровнях 3 и 4 на первое место выдвинуты продуктовая стратегия и производственная программа, и это не случайно: без них все остальные стратегии и программы останутся управленческими играми. Указать путь от требуемой производственной программы выпуска изделий (уровень 4 в табл. 2) к обоснованному составу технологического оборудования для ее организации и организационно-техническим принципам использования этого оборудования инженерным персоналом — задача инженерного консалтинга (рис. 1).

В те годы, когда инженерный консалтинг только начинал оформляться как отдельная дисциплина, инженерные консультанты исходили из предположения (и чаще всего это было правильно), что рыночные цели предприятия четко определены, а производственная программа по номенклатуре и объемам известна и слабо изменяется. Кроме того, считалась неизменной организационная среда предприятия — система планирования и отчетности, система мотивации производственного персонала, система нормативов и стандартов. Это позволяло инженерным консультантам работать достаточно ав-

Таблица 2

## Иерархические уровни бизнеса предприятия

1	<b>МИССИЯ предприятия</b>				
2	<b>Бизнес-идея</b>				
3	<i>Стратегия маркетингового доминирования</i>				
	продуктовая	воздействия на клиента	финансовая	развития организации	развития персонала
4	<i>Программы развития предприятия</i>				
	производственная	маркетинговая	финансовая	развития организации	развития персонала
5	<i>Программа обеспечения финансовыми, трудовыми, материальными и информационными ресурсами</i>				

тономно, не вмешиваясь в вопросы стратегии, маркетинга, учета затрат и организации производства. Инженерный консалтинг концентрировался на технических и технологических проблемах, затрагивая — по мере необходимости — лишь отдельные организационные вопросы.

Ускорение рыночных процессов, ужесточение конкуренции в последние годы сделали такую техническую направленность инженерного консалтинга совершенно недостаточной. Теперь инженерным консультантам при решении вопросов создания эффективного производства все чаще приходится сталкиваться со стратегическими и маркетинговыми проблемами (зачем выпускается такая продукция и будет ли она востребована завтра), а еще — с экономическими вопросами ("котловой" учет затрат на многих предприятиях приводит традиционных экономистов к бессмысленному выводу о ненужности инноваций — об этом мы еще поговорим), вопросами производственного планирования и мотивации сотрудников, корректировки устаревших нормативов — особенно по трудоемкости выпуска изделий.

Поэтому инженерный консалтинг, как и предполагали авторы книги — его основатели, все больше новых идей черпает из стратегического, управленческого и организационного консультирова-

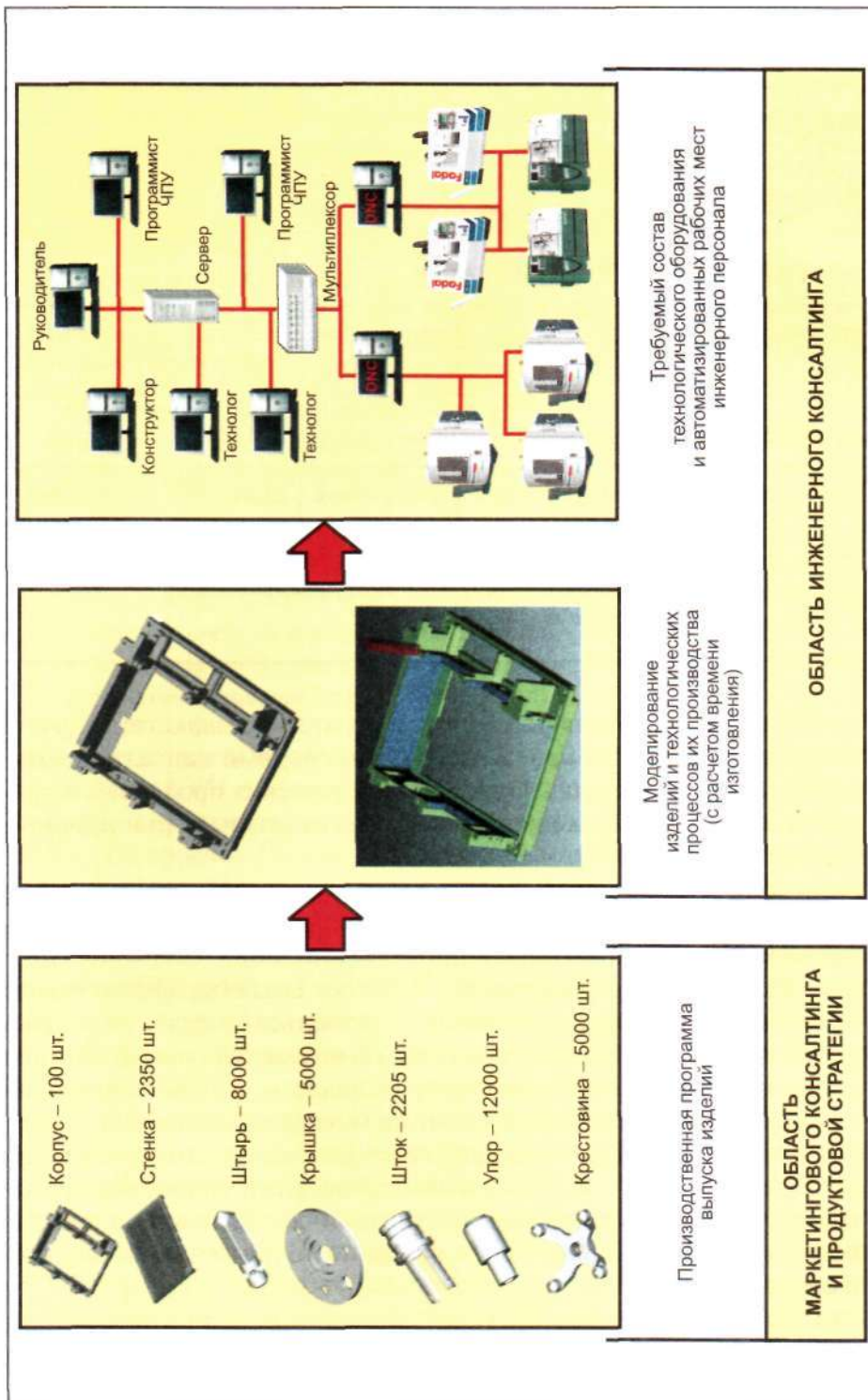


Рис. 1. Связь между маркетинговым и инженерным консалтингом

ния, маркетинга, экономики, современных систем управления качеством — естественно, адаптируя все эти идеи в интересах совершенствования производства, вывода его на качественно новый уровень.

## Инженерный консалтинг и управление проектами

Инженерный консалтинг не сводится к управлению проектами, точнее было бы сказать, что управление проектами (причем не одним, а тремя взаимосвязанными: экспериментальным, проектом внедрения и индустриальным, подробнее см. гл. 3) — важнейший инструмент инженерного консалтинга. Результаты одного проекта, как правило, служат исходными данными для реализации другого проекта.

Инженерный консалтинг содействует созданию на предприятии такой структуры, при которой все должно подчиняться системе управления проектами. Он стимулирует переход от функциональной организации бизнеса к проектной (табл. 3 [40]).

Сегодня функциональные организационные структуры все чаще становятся тормозом рыночного развития, поскольку они:

- стимулируют функциональную изолированность;
- повышают число межфункциональных конфликтов и снижают эффективность достижения общих целей;
- повышают число взаимодействий между отдельными участниками сквозных горизонтальных процессов, тем самым снижая эффективность коммуникаций.

В [40] приводится очень точное и полное, на наш взгляд, определение:

*"Управление проектами — методология (и искусство) организации, планирования, руководства, координации трудовых, финансовых и материально-технических ресурсов на протяжении проектного цикла, направленная на эффективное достижение его целей путем применения современных методов, техники и технологии управления для достижения определенных в проекте результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству и удовлетворению участников проекта".*

К началу XXI века управление проектами перестало быть только средством управления последовательностью и темпами выполнения

Таблица 3

**Ключевые различия функционального и проектного менеджмента**

<b>Критерии</b>	<b>Функциональный менеджмент</b>	<b>Проектный менеджмент</b>
Ответственность	За поддержание "статус-кво", ограничена утвержденными функциями	За возникающие изменения, за пакет межфункциональных задач
Полномочия	Определены структурой управления	Не определены
Круг задач	Устойчивый	Постоянно изменяющийся
Оргструктура	Стабильная	В пределах проектного цикла
Успех	Достижение промежуточных функциональных результатов	Достижение установленных конечных целей

работ в целях их своевременного завершения. Управление проектами стало чем-то вроде корпоративного голоса заказчика, побуждающего оптимизировать все усилия по реализации проекта.

Такой подход, помимо прочего, позволяет с высокой степенью точности определять (и соответственно снижать) предстоящие затраты на проект. Компании и эксперты, работающие в этой области, создали "Мир управления проектами", куда входят национальные и международные организации — инвестиционные, промышленные, строительные, консалтинговые и инжиниринговые фирмы. В "Мире управления проектами" проводятся конгрессы и симпозиумы, издаются журналы, книги и учебники, имеется свой рынок программного обеспечения.

Основными предпосылками перехода к проектному управлению являются:

- ликвидация планово-распределительной системы;
- изменение структуры собственности, продолжающееся формирование сообщества эффективных собственников и заинтересованного менеджмента;
- потребность в структурах, ориентированных на достижение определенной цели/результата;
- усиление роли и влияния потребителя, выдвигающего собственные требования к продукции и услугам;

- необходимость координации действий нескольких подразделений;
- развитие новых информационных технологий.

Методы управления проектами позволяют эффективно регулировать временные, затратные, качественные параметры будущей продукции.

Вместе с тем переход от функциональной организации бизнеса к проектной сложен и трудоемок. Он связан не только с разработкой и внедрением проектных процедур, детальных инструкций, шаблонов документов и т.п., но и с глубоким преобразованием бизнес-культуры, производственных отношений. Поэтому попытки перейти к проектной организации бизнеса "наскоком", без четкой программы, задействования профессиональных методологов, владеющих способами планирования и реализации изменений, чаще всего обречены на провал. И еще одно, пожалуй, главное условие: воля, заинтересованность и активность первых лиц.

## Кто работает в инженерном консалтинге?

Инженерно-консалтинговой фирме требуются люди, обладающие системным мышлением, любознательные и готовые постоянно преодолевать препятствия. Для тех, кто работает в ней, очень важны:

- ответственность, умение укладываться в заданные сроки, управлять своим и чужим временем;
- широкий кругозор, знание состояния дел и тенденций развития мирового рынка в своей области;
- критический (и конструктивный) взгляд на события и процессы;
- умение быстро и четко формулировать мысли, анализировать различные варианты;
- способность организовывать коллектив и привлекать необходимые ресурсы;
- умение работать в команде.

Они должны быть не просто грамотными "технарями" (это само собой разумеется), но и, по мере возможности, организаторами, экономистами, психологами, презентаторами, прекрасно понимающими, что и для чего они делают, и ориентирующимися на интересы клиента. Чтобы быть постоянно востребованными, инженерные консультанты должны иметь в "запасе" множество наработанных инструментов, методов, методик, материалов, библиотеку типовых



ситуаций — никогда не известно, что потребуется из этого "запаса" в конкретной ситуации. Размер, а также скорость пополнения и обновления этого запаса определяют уровень и "степень прочности" консультанта.

Библиотека типовых ситуаций — это база опыта. Она полезна, как и домашние заготовки в шахматах. Моделирование и "проигрывание" возможных форс-мажорных ситуаций повышает психологическую устойчивость менеджеров и специалистов — они, как космонавты после жестких тренировок на выживание, уже ко всему морально готовы.

Импровизация нужна, но она должна основываться на прочной профессиональной базе, умении играть позиционно. Если изменилась обстановка, можно выключить автопилот и включить ручное управление, но зачем работать на износ все время, если в стандартных ситуациях проще лететь на автопилоте?

В обязательные условия поддержки уровня профессионализма инженерных консультантов входят постоянное обучение и повышение квалификации, регулярная аттестация, обязательная внутренняя предзащита проектов, которая способствует повышению качества самих проектов (придется готовиться!), а также регулярная информированность о делах друг друга.

Любопытно, что предприятия часто пытаются переманить специалистов из инженерно-консалтинговой фирмы и приходится даже включать в договоры соответствующие пункты для защиты инвестиций в сотрудников. Вместе с тем идет и обратный процесс — специалисты, переросшие конкретное производство, не способные реализовать свой творческий потенциал в сложившейся ситуации, всеми правдами и неправдами пытаются найти себя в области инженерного консалтинга.

Но люди, которые решат посвятить себя инженерному консалтингу, должны следовать определенному кодексу, который авторы назвали Кодексом строителя "умного производства" (понятию "умного производства" мы посвятили гл. 2).

### **Кодекс строителя "умного производства"**

1. Инженерный консалтинг — это оказание услуг для построения на машиностроительных предприятиях страны "умного производства".

А "сопутствующие товары" (оборудование, программы) и традиционные услуги (доставка, установка, гарантийное и постгарантийное обслуживание, обучение) — фундамент этого "умного производства", в прочности которого мы уверены.

2. Мы стремимся сделать для клиента больше, чем обещали ему вначале — в пределах полномочий консультанта, и привлекаем

коллег и руководителей (если собственных полномочий не хватает).

3. Не предусмотренные, но явно неизбежные затраты по обязательствам перед предприятием нужно делать добровольно и оперативно. Это укрепит долгосрочные отношения с предприятием, а затраты окупятся новыми заказами. Те же затраты после долгого противостояния испортят отношения с предприятием и не окупятся уже никогда.
4. Мы постоянно ставим перед собой новые, важные для предприятий, сложные задачи и не боимся неизбежных в работе проблем, для нас это кладовая опыта, это горячее, без которого нельзя двигаться к цели.
5. Мы понимаем, что строитель "умного производства" должен быть умным и образованным, а также энергичным, обаятельным, умеющим работать в команде, и стремимся воспитывать в себе эти качества.
6. Мы ежедневно задаем себе вопрос: «То, что я делаю сегодня или собираюсь сделать завтра, это во благо строительству "умного производства"?» Если "да" — все в порядке, если "нет" — пора менять подходы и добиваться утвердительного ответа.
7. Наш бренд инженерных консультантов — это то, чем мы отличаемся от любых поставщиков оборудования, программ, инструмента и отдельных услуг в глазах наших уважаемых клиентов. Наш бренд — это уникальные ответы на четыре ключевых вопроса:
  - Кто наши клиенты?  
Передовые машиностроительные предприятия, стремящиеся более эффективно выпускать конкурентоспособную продукцию.
  - Что мы им предлагаем?  
Построение "умного производства" — сокращение сроков выпуска изделий, повышение их качества и сокращение затрат.
  - Как мы это делаем?  
Используем методологию трех связанных проектов (экспериментальный, внедрения, индустриальный — о ней мы подробно расскажем в гл. 3) с индивидуальным и комплексным подходом к решению производственных проблем предприятия.
  - Почему мы это делаем?  
Потому что мы хотим быть богатыми и счастливыми, строя вместе с машиностроительными предприятиями сильную индустриальную страну.

## Цель инженерного консалтинга

Цель инженерного консалтинга — не закабалить заказчика и привязать его к себе цепями на всю оставшуюся жизнь, а дать ему совершенно новые возможности и степени свободы. Общение с консультантами нередко наводит сильных руководителей на выводы, о которых сами консультанты могут и не догадываться. Это нормальный бизнес-подход.

"Закабалив" конкретного заказчика, консультанты одновременно "закабалют" и себя, станут много времени тратить на работу с ним, обслуживание его конкретных задач, будут вынуждены отказываться от других клиентов, не смогут быстро расти, успевать за рынком и обгонять его.

Инженерный консалтинг предлагает не только и не столько конкретное оборудование, инструмент и программное обеспечение и даже не решение конкретных задач, но и *процессы создания новых изделий на основе современных технологий их производства*.

Машиностроительному предприятию прежде всего нужна уверенность в том, что выстроенная технология, достаточно гибкая, эластичная, устойчивая к непредвиденным событиям, позволит лучше справляться с неизбежно возникающими новыми задачами, быстрее откликаться на "зов рынка".

Инженерный консалтинг не может подсказать предприятию, какую продукцию лучше выпускать — это вопросы к маркетологам и стратегическим консультантам. Но когда рынок уже понятен и идеи сформулированы, начинаются зоны "влияния" инженерного консалтинга — от процесса создания опытного образца до выпуска заданной партии продукции в фиксированные сроки с требуемым качеством и приемлемой себестоимостью (рис. 2).

Какие возможности можно задействовать для сокращения производственного цикла и снижения себестоимости продукции?

Перечислим лишь некоторые:

- качественная конструкторско-технологическая подготовка производства;
- минимизация машинного времени обработки деталей за счет оптимизации управляющих программ;
- максимальное выполнение операций на одном станке благодаря его высокому технологическому оснащению;
- значительное сокращение времени операций по установке и базированию деталей на станках;

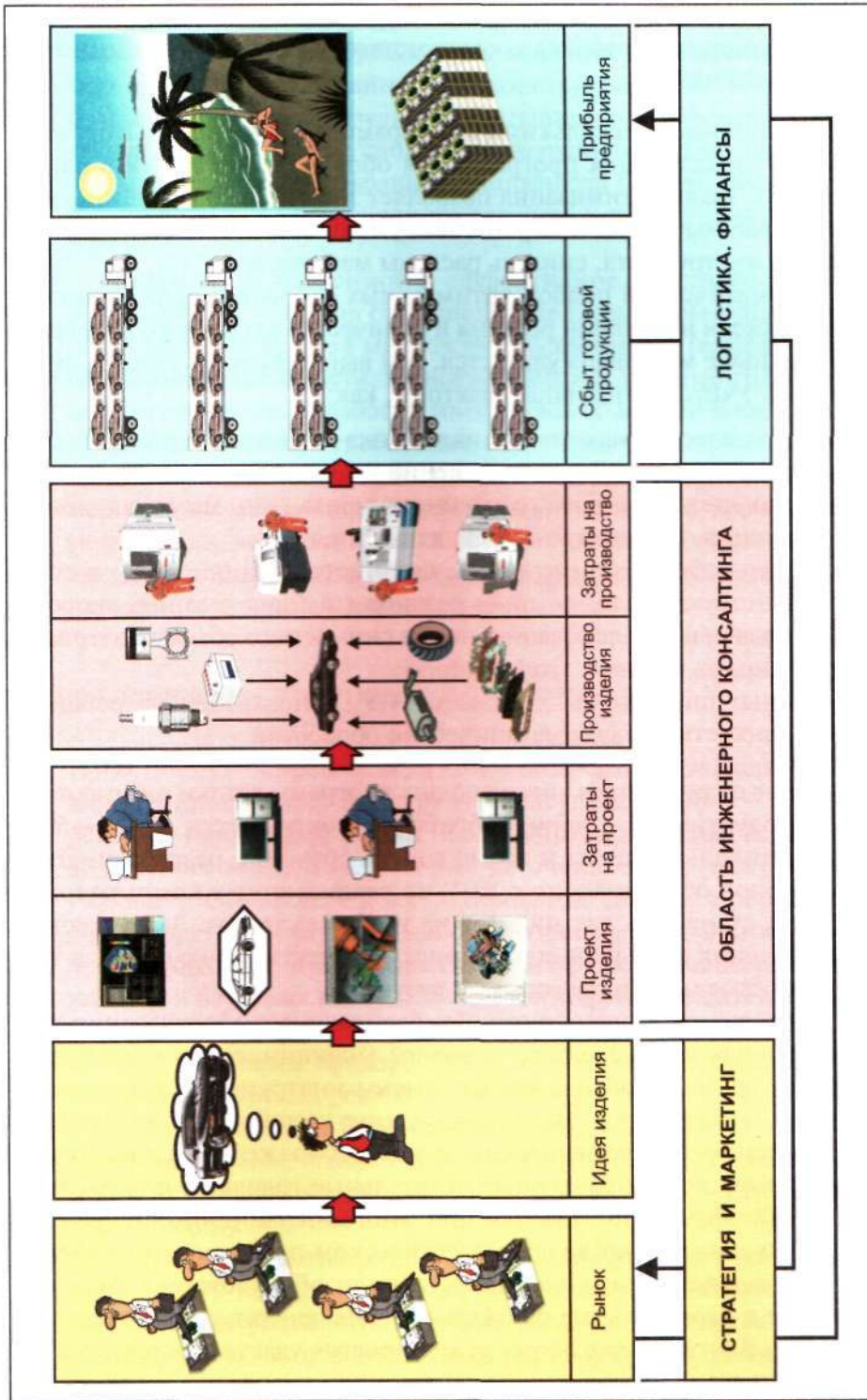


РИС. 2. Зоны "влияния" инженерного консалтинга в структуре бизнеса предприятия

- применение высокоскоростной обработки деталей;
- размещение станков в соответствии с технологическими процессами.

Ограничимся несколькими примерами. Первый связан с оптимизацией управляющих программ для оборудования с ЧПУ в пакете *VERICUT*. Такая оптимизация позволяет значительно улучшить качество обрабатываемых поверхностей, уменьшить износ станков и режущего инструмента, снизить расходы материала.

Автоматический подбор оптимальных скоростей подач производится исходя из условий резания и количества удаляемого материала (чем меньше материала удаляется, тем выше скорость подачи, и наоборот). Учитываются такие факторы, как:

- технические характеристики станка (мощность приводов, скорости ускоренных перемещений и т.д.);
- характеристики режущего инструмента (тип, материал, конструкция, количество зубьев, длина и т.д.);
- виды обработки (черновая, получистовая и чистовая) и соответствующие им режимы резания (глубина резания, скорость подачи в начале резания, норма снимаемого объема материала, ширина резания, угол резания);
- опыт операторов станков с ЧПУ, основанный на решении конкретных задач механической обработки.

После оптимизации управляющих программ станки работают более продуктивно — время обработки сокращается на 30—50%. Принципиально важна и возможность обучения разработчиков и операторов оборудования с ЧПУ на реалистичных компьютерных моделях станков — как пилотов на учебных стендах. Задействовать для обучения реальный станок, рискуя вывести его из строя, и тратить дорогое машинное время не разумно.

Применение современного обрабатывающего оборудования позволяет сократить не только основное (машинное), но и вспомогательное время, необходимое для смены инструмента, установки и снятия деталей и т.п. Важное значение приобретает правильное применение технологической оснастки (зажимные цилиндры, станочные тиски, поворотные делительные головки), причем наибольший эффект достигается при многооперационной обработке сложных деталей, когда в технологическом процессе изготовления детали задействованы несколько единиц оборудования: горизонтальные и вертикальные обрабатывающие центры, расточные станки и т.д. В этом случае общее время простоя удастся сократить в 5 и даже в 10 раз.

Современное оборудование позволяет качественно обрабатывать самые различные материалы (что существенно расширяет творческие возможности дизайнеров и конструкторов) — от мягких алюминиевых сплавов до труднообрабатываемых легированных сталей и чугуна. При обработке сложных поверхностей из закаленной стали на высоких скоростях вращения шпинделя (20 000... 40 000 об/мин) можно добиться превосходного качества и точности чистовой обработки.

Конечно, полноценное и эффективное использование нового оборудования — задача совершенно не тривиальная. Высокоскоростная обработка, имея множество преимуществ (высокое качество получаемой поверхности, точность размеров, хорошее стружкодробление, возможность обработки тонкостенных деталей и сплавов и т.п.), предъявляет особые требования к режущему инструменту, так как традиционный инструмент не обладает достаточной стойкостью, жесткостью, сбалансированностью, точностью, специальной формой заточки, возможностью обработки закаленных материалов. Значит, нужен инструмент, использующий сменные режущие пластины из твердого сплава с многослойным покрытием.

## Определение инженерного консалтинга

Известны три основных вида консультирования: экспертное, обучающее и процессное. Экспертное консультирование — это разовое решение конкретной задачи (какие методы при этом используются, дело самих экспертов, которые не очень любят раскрывать свою "кухню"). Обучающее консультирование связано с передачей клиенту структурированного набора теоретических знаний в определенной области, оно не предполагает решения конкретных задач клиента и изучения консультантом специфики клиентского бизнеса. Основная идея процессного консультирования — глубокое погружение в проблемы предприятия и бизнеса, совместная с клиентом активная работа над решением проблем (а также технологией решения таких проблем). В процессном консультировании нужно организовать процесс, отслеживать и регулировать его течение, в зависимости от складывающейся ситуации применять тот или иной прием или методику.

Инженерный консалтинг — это специфическая разновидность процессного консультирования (хотя элементы экспертного и обучающего консультирования в нем также используются по мере необходимости), направленного на систему производства и его подготовки.

Авторы предлагают следующее определение:

**Инженерный консалтинг — это новая область в сложившейся в мире структуре консалтинга, основанная на:**

- *методологии последовательной реализации (со специалистами предприятия) производственных проектов трех типов: обосновывающих, внедренческих и тематических;*
- *гарантированном достижении ожидаемых результатов от рекомендуемых консультантами новых технологий на машиностроительном предприятии.*

**Инженерный консалтинг призван сделать управляемыми три ключевых параметра:**

- *качество изделий;*
- *затраты на производство изделий;*
- *сроки вывода новых изделий на рынок.*

## Глава 2

# ЗАЧЕМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЯМ ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНСАЛТИНГ?

*Сели думать тут ребятаки,  
кто в беде виноват,  
где в конструкции ошибка,  
в чем неправильность...*

А. Галич

Один из авторов книги года два назад проводил семинар по маркетингу для высшего руководства крупного завода.

"Кто больше всего мешает вам работать?" — спросил он руководителей производства. "Конечно, маркетологи, — ответили они, не задумываясь, — совершенно не знают возможностей производства, называют нереальные сроки, фантастические объемы, а потом мы на ушах стоим, но все равно что-нибудь срываем".

"А кто мешает вам?" — это вопрос к маркетологам. "Больше всего нам мешают финансисты. Мы задумали прекрасную рекламную кампанию в газетах и на телевидении, разработали оригинальные наружные щиты, а они уперлись — денег нет, и время было упущено".

"А вам кто мешает?" — спросил консультант финансистов. "Снабженцы, — был ответ, — очень неорганизованные люди, есть утвержденный бюджет, а они то одно где-то раскопали, срочно деньги давай, то другое. А потом на запланированное денег не хватает".

"У снабженцев, конечно, тоже есть проблемы?" — "А как же? Ведь всю эту лихорадку затевают производственники и подготовка производства. Мы с ног сбиваемся, гоняем по всей стране, ища какие-нибудь дефицитные позиции материалов и комплектующих. Только достанем, а у них, видите ли, конструкция уже поменялась или станок новый купили — то, что долго искали, уже никому не нужно, ищи дальше".

Поняв, что цепочка замкнулась, ведущий семинара спросил у его участников: "Если я правильно понял, все проблемы у вас внутри за-



вода. А вне забора есть какие-нибудь проблемы? Враги, конкуренты? Они как-то мешают?". Народ смущенно переглянулся и сказал: "Честно говоря, мы о них и не вспоминаем, нам бы между собой разобраться".

## Проблемы машиностроительных предприятий

*В кромешных ситуациях любых,  
запутанных, тревожных и горячих,  
спокойная уверенность слепых  
кошмарнее растерянности зрячих.*

И. Губерман

У главных специалистов машиностроительных предприятий до последних лет преобладал узкотехнический взгляд, особенно на внедрение новых информационных технологий. Между тем давно уже стала анахронизмом идея автоматизированных рабочих мест (АРМов), соединенных сетевым кабелем, а по сути, — информационно и организационно автономных.

Растущая рыночная конкуренция и эволюция информационных технологий (информатика развивается значительно быстрее, чем люди и их взаимоотношения) привели к смене принципов проектирования высокотехнологичных промышленных изделий и взаимодействия специалистов, участвующих в этом процессе. В технической подготовке производства объектом разработки становится не комплект конструкторской и технологической документации, а электронное описание изделия (подробнее см. гл. 3).

Авторы выделили четыре основные группы проблем машиностроительных предприятий (рис. 3):

- организационно-методологические;
- отраслевые (или рыночные);
- социально-психологические;
- проблемы рассогласования.

Приведем несколько примеров проблем из каждой группы.

## Организационно-методологические проблемы

1. Люди, отвечающие за техническое перевооружение, — чаще всего это заместитель главного инженера или начальник отдела оборудования, — как правило, никак не связаны с отделами маркетинга и сбыта, службами, отвечающими за ценообразование. Они не очень представляют себе, как приобретение данного оборудо-



**РИС. 3. Проблемы машиностроительных предприятий и инженерный консалтинг**

вания повлияет на рыночную позицию предприятия, его финансовые результаты.

2. Очень редко оборудование приобретает под конкретный вид изделий, востребованный рынком, так как многолетний опыт приучил машиностроителей к приоритету технологических возможностей оборудования без привязки к конкретной номенклатуре деталей.

Пример: покупаются дорогостоящие 5-координатные станки, при том что предприятие выпускает простые детали, для которых достаточно иметь 3-координатные станки. На вопрос "зачем купили?" пожилой главный технолог одного из заводов ответил потрясающей фразой: "Я хотел оставить о себе память на заводе."

Когда-нибудь эти 5-координатные понадобятся, и обо мне вспомнят". Заметим, что "вспомнят", только если доживут до светлого будущего при такой своеобразной технической и финансовой политике.

3. Традиционная технология "планового" перевооружения слабо связана со спецификой изделий, которые планируется изготавливать на новом оборудовании:
- заявки цехов на замену устаревшего оборудования, как правило, ориентированы на сохранение сложившейся технологии — так проще жить (да и цех — не НИИ, чтобы следить за новинками и тенденциями мирового станкостроения);
  - отдел оборудования агрегирует заявки и ищет поставщиков с учетом выделенного бюджета;
  - начинаются поездки по выставкам, чтобы найти требуемое оборудование, сравниваются различные предложения;
  - выбор производится по какому-либо случайному признаку (самое дешевое, самое модное/рекламируемое, похожее на уже имеющееся, первое попавшееся из определенного класса), потому что жестких рыночных критериев никто не установил;
  - далее происходит закупка и запуск оборудования.

За каждый из этих этапов отвечает какая-то служба. Проблема в том, что нет службы, отвечающей за эффективность использования приобретаемого оборудования, контролирующей его использование:

- насколько новое оборудование соответствует исходной идее;
- как оно загружено;
- изменилась ли технология изготовления изделия;
- насколько снизилась трудоемкость изготовления деталей на данном оборудовании.

Этот механистический подход напоминает старую юмористическую миниатюру, когда "к пуговицам претензий нет", а за то, как сидит костюм, никто не отвечает. В целом такая методология технического перевооружения безнадежно устарела и никакого отношения к рыночным потребностям и перспективам предприятия не имеет. Сколько "Запорожец" ни увеличивай, "Мерседес" не получится.

4. Поскольку основным критерием выбора оборудования зачастую служит цена, поставщики научились "играть" ею. Стоимость базовых комплектаций предлагается низкой (при этом "отсекаются" уважающие себя солидные поставщики, называющие сразу реаль-

ные цены), а большинство необходимых технологических возможностей выносятся в опции. Без технологической оценки применительно к той или иной номенклатуре деталей (а ее реально выполнить только в ходе специального проекта) достаточно трудно сказать, нужны конкретные опции или нет. Поэтому опции:

- не приобретаются вовсе;
- приобретаются "на глазок";
- приобретаются впрок.

В любом из этих случаев предприятие в реальном производстве сталкивается либо с необходимостью дозакупки (нередко ее стоимость близка к стоимости базового комплекта), либо дорогие приобретенные опции оказываются невостребованными (деньги на ветер).

5. Тенденция "лоскутного" перевооружения (ее еще называют "принципом зоопарка"), когда приобретается однотипное оборудование различных производителей, приводит к сложностям в обслуживании и комплектации запчастями. Нередко такая тенденция объясняется борьбой кланов внутри предприятия: каждый из них лоббирует свои связи и преследует собственные интересы, не задумываясь о бизнесе в целом и о последствиях неустойчивой политики технического перевооружения.

## Отраслевые (или рыночные) проблемы

1. В оборонных отраслях при заводах, выпускающих серийную продукцию, раньше существовали конструкторские бюро (КБ). За годы перестройки система рассыпалась, и многие серийные заводы потеряли свои КБ. Теперь эти заводы, не имея серьезного опыта конструкторско-технологических разработок, спешно пытаются воссоздать собственные КБ. В свою очередь, бывшие КБ, вкусившие независимости, упорно пытаются в рамках имеющегося у них опытно-конструкторского производства наладить выпуск серийных деталей. Все это очень затратно и неэффективно, особенно в условиях:
  - исторически сложившейся низкой технической оснащенности проектных подразделений;
  - устарелости (моральной и физической) станочного парка;
  - слабой взаимосвязи специалистов различных подразделений (маркетинговых, сбытовых, сервисных, проектных, производственных) внутри предприятия.

Есть два варианта развития ситуации:

- государство экономически и организационно найдет возможность объединить эти структуры (или это сделает рынок);
- бывшие заводы и бывшие КБ будут развиваться самостоятельно, конкурируя на рынке (этот вариант представляется более реальным, хотя явно не оптимальным).

Заметим, что в любом случае, как бы не развивалась отраслевая структура, инженерный консалтинг готов поддерживать предприятия, имеющие рыночную перспективу.

2. На большинстве предприятий существуют большие инструментальные цеха, где производится большое количество оснастки, в частности форм для литья деталей. Традиционная технология изготовления деталей из литейных заготовок была ориентирована на крупные серии, тысячи изделий. Сегодня эти серии уменьшились в десятки и даже сотни раз (в серии может быть 10 или 20 деталей), а инструментальное производство продолжает готовить пресс-формы, хотя дешевле эти детали делать из стандартного проката и не тратиться на изготовление формы, закупку оборудования для ее изготовления и т.д.
3. Для многих предприятий закончился этап вынужденного простоя, и заказы "пошли". Но предприятие технически не готово с ними справиться, оно не успевает выходить на рынок с нужными изделиями, лакомые куски быстро отхватывают зарубежные конкуренты (и эта тенденция только усилится после вступления России в ВТО). Выгодные контракты не реализуются (полностью или частично), предприятия не получают достаточной прибыли, соответственно не хватает финансовых ресурсов на полноценное техническое перевооружение. Круг замыкается. Выход из этой ситуации, конечно, есть — этапность. Нужно выбрать группу изделий для рыночного рывка и попытаться затем раскрутить эффект "снежного кома", вкладывая полученную прибыль в следующий этап перевооружения.

## Социально-психологические проблемы

1. Большинство людей не хочет никаких изменений и боится их — не было бы хуже. Зачем мне переучиваться, думает человек, если я столько сил и времени уже потратил на освоение этого станка или программной системы, привык? И где гарантия, что все будет нормально, что через год-два снова не заставят осваивать что-то новое?

Простой пример: на рынке существуют высокопроизводительные пресс-автоматы для холодной объемной штамповки. Трудоемкость производства деталей (винтов, болтов, гаек, втулок, роликов и т.д.) с их помощью в десятки раз ниже по сравнению с традиционными методами обработки на металлорежущем оборудовании. При этом можно довести коэффициент использования материала до 0,90—0,97, кроме того, практическая безотходность производства методом холодной объемной штамповки позволяет высвободить производственные площади, занятые под складирование стружки и оборудование для ее переработки. К тому же нужно добавить высокую производительность и легкую настройку на новые детали.

Но цеховые технологи продолжают заказывать привычное металлорежущее оборудование. Лучше уж пройти мимо каких-то возможностей, упустить их, проглядеть, чем столкнуться с новыми рисками, взять на себя дополнительную ответственность. Инерционные механизмы на предприятиях очень сильны.

Фокус, однако, в том, что в мире постоянно что-то меняется независимо от нашего желания, и мы можем (при наличии воли и желания у первых лиц) быть впереди, управлять этими изменениями либо делать вид, что ничего не происходит, оставить все как есть, имитировать перемены и, в конце концов, отстать, потонуть.

2. Существует "межцелевое напряжение" — каждый специалист отвечает не за итоговый результат, а только за свое направление. Конструктор хочет постоянно обновлять и усовершенствовать конструкцию, редко задумываясь о затратах на такую "рационализацию" (стоит ли овчинка выделки). Дизайнеру хочется блеснуть творческим замыслом перед коллегами, финансисту — сэкономить, технолог мечтает о стабильности, а механик — о неполной загрузке станков, чтобы иметь время для профилактических и ремонтных работ. В итоге у семи нянек дитя (изделие) часто остается "беспризорным" (хотели, как лучше, а получилось, как всегда).

«У нас каждый конструктор — талант, — иронизировал директор одного из известных в стране заводов, — и каждый гордится, к примеру, своей канавкой в изделии — это его реноме. Ума не приложу, как, не обижая конструкторов (стараются ведь!), заставить их сделать изделие более технологичным, обойтись без "канавок"?»

Решение об изменениях нередко должны принимать люди, против должностных интересов которых объективно направлены эти изменения. Например, изменения должен инициировать глав-

ный конструктор (или технолог), не без оснований гордящийся своим особым статусом, в том числе и в доступе к большому объему разнообразной информации. В результате ранее эксклюзивная информация станет доступной всем участникам производственного процесса (вполне могут выявиться прежде "невидимые" конструктивные или иные ошибки). И статус перестанет быть особым, поскольку будет определяться уже не харизмой, не личными отношениями и не историей предприятия, а технологичностью, встроенностью в новый бизнес-процесс подразделений и отдельных персон.

3. Интересы средних менеджеров кардинально отличаются от интересов собственников, которых очень волнует эффективность. Средние менеджеры хотят иметь больше подчиненных, больше площадей под оборудование. Новое оборудование часто становится поводом для "выбивания" дополнительного пространства и ставок.

Эффективность требует обратного, а средние менеджеры для сохранения и упрочения своего положения, статуса стараются набирать все больше людей, держать больше оборудования, сервисных средств, иметь больше подотчетных уровней управления и т.п.

Изделие становится все более дорогим в производстве, и никто за это не отвечает. Руководителям разного ранга (которых все больше) кажется, что предприятие растет, на самом деле оно разбухает.

Главный конструктор, главный технолог, начальник цеха с удовольствием порассуждают о конкурентоспособности, экономии и т.д., но реально согласиться с тем, что у тебя лично будет не 800 м<sup>2</sup>, а 150 м<sup>2</sup> и под твоим началом работают не 65 человек, а 14, никто не захочет (пока не заставят сверху).

4. Высшему руководству (особенно, если оно давно работает на предприятии) психологически трудно принимать решение об увольнении персонала (даже если часть людей не очень нужна) или демонтаже старого оборудования. "Да, линия не современная, — признается директор завода, — но она все же как-то работает, она ремонтпригодна. Продать ее некому, выбрасывать, сдавать по цене металлолома — жалко".

Использование старых, почти полностью износившихся мощностей — это псевдорациональный подход. Заняты лишние площади, содержатся лишние сотрудники, тратятся энерго- и прочие ресурсы, не используются возможности сокращения издержек на выпуск единицы продукции. Более того, эти издержки растут, снижая и без того невысокую конкурентоспособность предприятия.

При рыночном подходе эмоциям не дают воли, за основу берется жизненный цикл оборудования и технологий. При таком подходе можно рассчитать, что пора сдавать в утиль, где из трех старых станков можно оставить один, как сократить использование энергоресурсов, сколько работников достаточно для реализации производственной программы и т.д.

5. Большинство предприятий, прошедших этап перестройки, подрастеряло квалифицированный производственный персонал (впрочем, и оставшиеся ценные кадры используются не эффективно) и не приобрело достаточно способной молодежи. Поэтому, даже когда заказы появляются (нередко в больших объемах, чем в советские времена), их бывает некому качественно выполнять.

Предприятия колоссально зависят от рынка труда, потому что на 80% они оснащены универсальным оборудованием, которому по 15—20 лет, на котором могут работать лишь немолодые люди с соответствующим стажем и опытом. Молодежь не может и не хочет работать на старых станках — не престижно, не экологично, грязно, тяжелые условия труда. Переход к новому оборудованию — это не только внедрение новых технологий, но и возможность привлечения нового социального слоя — выпускников вузов и техникумов — на хорошо оснащенные, чистые и престижные рабочие места.

Есть в современной западной литературе такой термин: *OWW4* (*Organization Worth Working For*) — "организация, на которую стоит работать" (ведь у молодых людей сейчас есть выбор). Как сказал один выпускник вуза: "Я не хочу работать в компании, которой управляют люди с менталитетом прошлого века".

## Проблемы рассогласований

1. Предприятия, приобретающие дорогостоящие системы автоматизации проектирования (САПР), делают акцент на обучении персонала, но совершенно не уделяют внимания организационным изменениям взаимодействия между подразделениями.

Современные САПР носят комплексный характер и требуют проектной организации подготовки производства с едиными целями, ориентированными на конечный результат. Результат этот — постанова изделия на производство в заданные сроки, в соответствии с требованиями заказчика, без традиционного дробления задач на подзадачи для дизайнеров, конструкторов, технологов и т.д.



Мощные возможности комплексных САПР рассыпаются, столкнувшись с традиционной организацией производства, при которой каждый делает что-то свое (зачастую математические модели конструкторов и технологов вообще никак не связаны), возникают информационные разрывы, нет единого управления процессом.

2. Иногда внедрение САПР приводит лишь к ухудшению ситуации и большей путанице — потому что теперь существуют и чертежи, и компьютерные (электронные) модели изделий, деталей и узлов, а статус тех и других четко не определен. Нет документов, регламентирующих структуру и закрепляющих статус трехмерной электронной модели изделия в роли первоисточника инженерных данных, отсутствуют единые методики создания и использования такой модели.
3. Эффективность внедрения САПР легко проверить, посетив не конструкторские и технологические отделы, а сами цеха. Ощущаются ли в цехах серьезные изменения в сроках, качестве, сократилось ли количество ошибок при сборке? Если на производстве не произошло реальных изменений, эффективность САПР близка к нулю.
4. Часто, приобретая дорогостоящее современное технологическое оборудование, режущий инструмент, который должен реализовать все преимущества нового оборудования, выбирают из соображений дешевизны. Как правило, это инструмент с низкими эксплуатационными характеристиками, низкой стойкостью (нередко собственного изготовления). Скорость обработки уменьшают, подстраиваясь под инструмент, при этом ухудшается качество, увеличиваются время обработки и риск порчи заготовок, эффективность использования нового оборудования сводится к минимуму. Зато достигается пресловутая экономия затрат на режущий инструмент. Никто не пытается посчитать затраты на жизненный цикл инструмента, оценить потери от невыпущенной продукции или выпуска некачественной продукции. Общие затраты на высоко- и низкокачественные инструменты (в расчете на цикл обработки партии деталей) практически равны. Можно использовать 12 дешевых сверл или 4 втрое более дорогих — затраты не изменятся, но станок будет действительно эффективно работать только с современным инструментом.

Во время визита на завод по производству режущего инструмента фирмы *SECO* в Швеции авторы еще раз убедились в простой истине, что "для дорогого станка нужен дорогой инструмент" и с его помощью можно сделать действительно дешевую деталь высокого качества.

5. Предприятие приобретает дорогостоящее современное оборудование с ЧПУ, вкладывая значительные средства, но зачастую совершенно не представляет себе, как должна выглядеть конструкторско-технологическая подготовка производства, соответствующая уровню этого производства. Возникает диспропорция между возможностями производства и уровнем его подготовки. Отсутствуют трехмерные электронные модели деталей, ЧПУ-программы вводятся с чертежа непосредственно в станок, много времени тратится на технологическую отработку (освоение) деталей. Часто ЧПУ-программы неэффективны, увеличивается непроизводительное время работы оборудования.

Ошибки в программе для станка с ЧПУ (имеется в виду программа, попадающая в цех, а не промежуточные версии) грозят поломкой дорогостоящего оборудования, инструмента и оснастки или как минимум порчей заготовок, потерей времени и денежных средств. Поэтому нужны программные средства, позволяющие моделировать обработку на станке. Возможные столкновения инструмента с оснасткой, "зарезание" заготовки или "недобег" инструмента — все ошибки должны визуально отражаться на экране компьютера. Если инструмент с деталями станка будет сталкиваться только виртуально, то выход станка из строя станет нереальным событием.

## Что делать главному технологу?

*Можно быть самым сильным, можно быть самым умным, но выживает ни тот и ни другой, а тот, кто быстрее приспосабливается к изменениям.*

Ч. Дарвин

Итак, разнообразных проблем множество, а ресурсов для их решения, как всегда, недостаточно. И здесь очень важны механизм расстановки приоритетов и наличие стратегического взгляда на развитие бизнеса. К сожалению, часто ситуация складывается так, что руководители предприятий работают в режиме "пожарной команды", решая лишь "горящие" оперативные вопросы. Слишком мало времени и сил остается на проработку перспектив. Область технического перевооружения не является исключением.

Горит план, срываются сроки, заказчики возвращают бракованные изделия — надо срочно что-то делать. При планировании следующего года главный технолог предприятия (иногда это один из за-

местителей директора или главного инженера) получает фиксированный бюджет на техническое перевооружение. Размер этого бюджета связан исключительно с текущими финансовыми возможностями предприятия и крайне редко — с его бизнес-целями и задачами на ближайшие годы.

В рамках выделенного бюджета главный технолог должен:

- снизить трудоемкость изготовления конкретных изделий, сделать их рентабельными, а также высвободить часть производственного персонала и уменьшить зависимость от колебаний рынка труда и дефицита производственных рабочих;
- сократить сроки изготовления изделий, чтобы соответствовать запросам потребителей, и увеличить объем продаж;
- повысить качество изделий (например, для обоснования высокой цены или повышения гарантийного срока службы).

При этом нужно (иначе собственники не поймут!) обеспечить возврат инвестиций на новые технологии в установленные или хотя бы приемлемые сроки.

План закупки оборудования и программного обеспечения формируется, как правило, на основании коммерческих предложений поставщиков и информации, полученной на выставках. Предполагается, что служба главного технолога должна разработать агрегированный план для решения конкретных производственных задач по выпуску определенного вида продукции. На деле, однако, интегрировать такой план оказывается некому. На предприятиях осталось мало готовых к подобной работе квалифицированных специалистов, а имеющиеся слабо владеют современными технологиями обработки, фрагментарно знают мировой рынок оборудования и программного обеспечения, его постоянно растущие возможности.

Подготовка суперспециалистов, постоянное повышение их квалификации (включая зарубежные командировки, стажировки, сертификацию), а также непрерывное обеспечение актуальной информацией по различным технологиям требует значительных затрат, кроме того, даже крупное машиностроительное предприятие не сможет занять такую команду постоянной работой соответствующего уровня. И тогда главный технолог оказывается перед дилеммой:

- подготовить план закупки оборудования и программ силами собственных специалистов (фактически в этом варианте просто сравниваются цены разных поставщиков).

Конечно, есть риск, что заказанные оборудование и программное обеспечение не смогут обеспечить нужных технико-экономических показателей. Будут проблемы совместимости,

простой или перегрузка оборудования и т.п. Вся ответственность за нерациональное, неэффективное использование бюджета в данном случае ложится на главного технолога;

- привлечь стороннюю компанию, обладающую необходимой командой специалистов, опытом и навыками для формирования плана закупки оборудования и программного обеспечения и, самое главное, готовую взять на себя юридически оформленную ответственность за результаты технического перевооружения и их использование при решении конкретных производственных задач, продиктованных рынком.

У второго варианта есть одно неоспоримое преимущество: главный технолог формулирует сторонней компании задачу в естественном формате, в том же, в котором ее ставит перед ним высшее руководство. Этот формат (можно назвать его техническим заданием на интегрированный проект выпуска заданной продукции по новой технологии) выглядит следующим образом:

- 1) задается номенклатура изделий, планируемых к выпуску (чертежи деталей и узлов, полученные от службы главного конструктора);
- 2) определяется годовая программа выпуска каждого изделия;
- 3) устанавливается годовой фонд времени работы оборудования (в две или три смены);
- 4) фиксируется существующая трудоемкость изготовления этих изделий (если в настоящее время предприятие само их производит) или стоимость изделий (если они заказываются на стороне, но предприятие по разным причинам хочет уйти от этой зависимости);
- 5) указывается численность основного производственного персонала, занятого изготовлением этих изделий в рамках существующей технологии;
- 6) задаются производственные площади, занятые оборудованием, реализующим существующую технологию, и площади, которые предполагается использовать под новые технологии;
- 7) задается такой важнейший показатель, как желаемый срок окупаемости инвестиций в новые технологии (закупку оборудования и программного обеспечения).

В этом варианте главный технолог анализирует соответствующие технико-экономические показатели предложений, сделанные на основе технического задания указанного формата самими поставщиками или консультационными фирмами. Появляется возможность не покупать "кота в мешке", а серьезно проанализировать достаточ-

ность бюджета для решения поставленных задач. Если нет, главному технологу нужно вступить в конструктивный диалог с собственниками и руководителями предприятия, аргументированно доказывая, что надо либо изменить задачи, либо увеличить бюджет.

Казалось бы, такой подход явно перспективнее — большинство рисков отрабатывается на ранних этапах, следовательно, возрастает вероятность успеха. К сожалению, далеко не все поставщики оборудования и мало кто из поставщиков программного обеспечения при существующем в России дефиците консалтинговых компаний способны дать профессионально проработанные комплексные предложения, да еще и гарантировать их реализацию, так что не всегда у главного технолога есть выбор. Но если никаких гарантий нет, а ответственность опять ложится на главного технолога, какой смысл тратить деньги и время на реализацию этого подхода?

## Подходы к техническому перевооружению

*И при всей квалификации  
Тут возможен перекоc.*

А. Галич

Есть множество различных "подходов" к техническому перевооружению:

- "функциональный", когда ищется самое мощное и функционально богатое оборудование и/или программное обеспечение, имеющееся на рынке — "знай наших";
- "подражательный", когда приобретается то, что выбрали и закупили основные конкуренты (что мы, хуже, что ли?);
- "экономичный", когда приобретается то, что сочли самым дешевым;
- "срочный", когда приобретается то, что есть у поставщика на складе, главное — все сделать в максимально сжатые сроки;
- "романтический", когда ищется самый "отзывчивый" поставщик, готовый бесплатно провести учебный семинар, поставить станок без частичной предоплаты, передать программное обеспечение "на пробу";
- "консервативный", когда приобретается то, что знакомо людям, ответственным за приобретение, например, по прежней работе;
- "упрощенный", когда выбирается оборудование или программа, максимально простые в эксплуатации, не требующие высокой квалификации эксплуатационного и обслуживающего персонала.

Все эти "подходы" в той или иной мере имеют право на существование — беда в том, что они очень слабо связаны с реалиями бизнеса, отражают отдельные, чаще второстепенные, его стороны. Все они могут быть учтены как дополнительные критерии, но ни один из них — авторы в этом убеждены и попробуют далее обосновать свою точку зрения — не может претендовать на роль основного критерия для выбора оборудования, программного обеспечения, оснастки и инструмента.

Конечной целью внедрения станка или программного продукта является не экономия средств и не повышение комфортности отдельных рабочих мест, а встраивание этого оборудования и программ в существующую или вновь разрабатываемую технологию так, чтобы увеличить (обеспечить) прибыльность, не терять старых клиентов и приобретать новых, развивать бизнес.

Начнем с анализа "функционального" подхода. Мы уже говорили в гл. 1 о том, что производители нередко "мудрят" с комплектом поставки: что-то включают в базовый комплект, что-то продают дополнительно, так что в итоге любая система оказывается дороже, чем планировалось. С другой стороны, даже точное соответствие выбранной системы требуемой функциональности не гарантирует успеха, потому что есть другие, не менее важные факторы, например технологичность и цена решения конкретной задачи.

Мало оценить функциональность тех или иных станков или продуктов, выяснить, что они могут или не могут делать (хотя и это задача непростая — при отсутствии специализированных фирм, тестовых лабораторий и т.п.). Очень важна встраиваемость этих продуктов в существующие и новые технологические цепочки.

Необходимы организационные изменения в структуре и бизнес-процессах предприятия, чтобы использование нового сложного продукта привело к повышению эффективности бизнеса, а не к потере финансовых и человеческих ресурсов. Выбор того или иного решения определяется множеством факторов, причем техническая сторона вопроса далеко не всегда имеет решающее значение.

"Подражательный" подход в чистом виде также весьма опасен. Конкуренты располагаются в другом регионе, имеют иной кадровый состав, производственную базу и технологический опыт. Механический перенос их решения на другую почву может привести к самым неприятным последствиям, даже если конкуренты приняли правильное (для себя!) решение. Что же говорить о тех случаях, когда конкуренты ошиблись?

"Экономичный" подход оказывается чаще всего самым дорогим. Дешевое оборудование не обеспечивает надежности, достаточного уровня гибкости. Оно дорого в эксплуатации и требует частого

ремонта, велики потери от простоев и брака. Очень трудно заставить людей качественно работать с использованием некачественных инструментов. Кроме того, понятно, что для выполнения производственной программы более дешевых станков нужно закупить больше — это лишние производственные площади, энергозатраты, специалисты и т.п.

"Срочный" подход вроде бы экономит время, а реально приводит к тому, что поставщик пытается сбыть со склада "залежалый" товар. Купив его на собственные средства, поставщик пошел на риск и теперь пытается переложить этот риск на заказчика.

Близок к "срочному" и "романтический" подход, приемлемый только на этапе знакомства. Поставщик любыми способами хочет продать свое оборудование, поэтому нередко обещает доверчивым заводчанам то, чего сделать явно не сможет (и не захочет). Объективную надежность и совместимость оборудования и программ он пытается подменить субъективной надежностью личных отношений, которая доживает обычно лишь до первого конфликта.

"Консервативный" подход используется достаточно часто. Конструктор или дизайнер готовы перейти на новую версию известной им программы. Службы главного технолога и главного механика хотят заменить существующее оборудование "таким же, но более производительным". Во-первых, людей переучивать не надо, во-вторых, работа на знакомом оборудовании хорошо прогнозируется, можно планировать производственную программу, не опасаясь неприятных сюрпризов.

"Упрощенный" подход тоже не имеет перспективы, поскольку ориентируется исключительно на интересы сотрудников, причем не самой квалифицированной и перспективной их части.

Впрочем, самое неприятное заключается не в том, что будет выбран один из перечисленных подходов. Основная проблема в том, что станки и инструмент станут выбирать одни люди, программные средства для автоматизации конструкторских работ — другие, автоматизацией документооборота займутся третьи. Каждый из выбирающих будет, по умолчанию, руководствоваться какими-то собственными критериями (которые кажутся ему разумными), в результате реализуется модель "лебедя, рака и щуки".

Интересы человека, подразделения и собственников предприятия различны, а нередко и противоположны (мы подробно обсуждали это в начале главы). Выявление, формализация и согласование этих уровней интересов — дело достаточно сложное, требующее участия профессиональных консультантов по управлению. Заметим лишь, что, если исходить исключительно из интересов конкретного подразделения (САПР, АСУ, службы главного технолога или глав-

ного инженера) или тем более конкретных специалистов, желающих себя показать и сделать карьеру, это нередко оказывается губительным для бизнеса или его части.

Дело не в злом умысле специалистов, которым поручили выбор и выделили на это средства. Конструкторы, программисты, технологи, производственники могут руководствоваться самыми благими соображениями, будь то экономия средств, скорость внедрения или возможность самореализации, но находятся они при этом в разных системах координат, имеют разный начальный уровень и потому не усиливают друг друга, а создают друг другу проблемы.

*Во-первых*, узкие специалисты, как правило, очень слабо представляют себе цели и задачи предприятия, бизнеса в целом, его стратегические и текущие приоритеты. Хотя, если у предприятия нет бизнес-стратегии или она не доведена до всех сотрудников, не понята или не принята ими, трудно обвинять людей в том, что они руководствуются чем угодно, но только не стратегическими интересами предприятия.

*Во-вторых*, необходим коренной переход от традиционных методов проектирования и попыток автоматизации лишь некоторых его процессов (решения расчетных задач, моделирования отдельных деталей, изготовления чертежей, создания управляющих программ для оборудования с ЧПУ и т.п.) к комплексной автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства и собственно производства. Мало правильно выбрать оборудование и базовое программное обеспечение, надо заставить слаженно работать всю цепочку — "запрограммировать" ее на эффективную работу.

*В-третьих*, нередко, не имея адекватного представления о рынке труда, специалисты предприятия переоценивают свою квалификацию и считают, что способны сами, без всяких консультантов и помощников, применить новое оборудование и программы для решения конкретных задач. Иногда эта проблема оборачивается иной стороной — люди готовы все время чему-то учиться (не без оснований считая, что это повышает их ценность на рынке труда) и что-то выбирать, осознавая свою значимость и не доводя дело до реализации.

Современные системы автоматизации управления, проектирования и производства слишком сложны, прежде всего с точки зрения *организационной* и *психологической*. Предприятие, решившее внедрять подобные системы, вынуждено провести ряд существенных изменений, далеко не всегда быстрых и безболезненных. Процесс этих изменений можно сравнить с обучением пилотов.



Как можно научиться водить самолет? Достаточно ли для этого прослушать курс лекций или взять его "на пробу"? Любая сложная система требует не только знаний, но и навыков. Сначала люди учатся летать, наблюдая за действиями летчика-инструктора, и только потом им доверяют штурвал, но тоже под наблюдением опытного инструктора.

Крайне важна *технология и организация* работы. Самолет существует не в изоляции, он тесно связан с наземными службами. Если взлететь в одиночку ему случайно и удастся, то приземлиться — вряд ли. То же касается и подразделения САПР, конструкторского отдела или технологической службы — не смогут они в одиночку воспарить над уровнем завода в целом, сильно оторваться от уровня маркетинга, производства и управления.

Опыт показывает, что организационные, структурные, стратегические изменения могут инициировать собственники или руководители предприятия. Инженерам, конструкторам, автоматизаторам крайне сложно добиться реальных изменений в масштабе предприятия. Отговорки руководства типа "нет денег на автоматизацию и закупку нового оборудования" свидетельствуют лишь о том, что эти задачи не входят в число стратегических приоритетов предприятия и, следовательно, финансируются по остаточному принципу, как и любые другие второстепенные — с точки зрения руководства — направления.

Бессмысленно затевать техническое перевооружение "на всякий случай", не представляя, кто такие потребители (или потенциальные потребители) продукции предприятия, насколько они нуждаются в данной продукции, какие имеют альтернативы. Когда рыночные вопросы уже прояснены, уже понятно, хотя бы примерно, о каких объемах и какой номенклатуре изделий идет речь, какие предъявляются требования к качеству и срокам выпуска, тогда можно приступать к выбору оборудования и технологий. И здесь очень важно *изначально сформулировать реальные ожидания*. Одно дело — завод купил станок за 500 тыс. долл. и ищет крайнего: кто же виноват в том, что станок до сих пор не запущен. Совсем другое дело — есть утвержденная трехлетняя программа технического перевооружения, в соответствии с которой нужно вложить (в оборудование, программы, инструмент, обучение и т.д.) 3 млн долл. и вместо нынешних 300 деталей в месяц нестабильного качества с непонятной себестоимостью вы сможете получать 1000 деталей устойчиво высокого качества с требуемой себестоимостью.

Мало доказать качественные преимущества нового оборудования, надо их количественно обосновать — разработать для него хотя бы несколько типовых технических процессов (особенно это каса-

ется производства деталей со сложными поверхностями). Для этого создается электронная модель изделия, предлагается технологический процесс его производства с учетом технических требований, возможностей нового оборудования, а также оснастки и инструмента, вида и материала заготовки. Далее моделируются все переходы и операции этого технологического процесса. В результате определяется машинное время переходов и операций, оценивается общее время изготовления детали и технологическая загрузка оборудования (лучше, если изготавливается еще и опытный образец), выявляются экономия трудоемкости изготовления и срок окупаемости нового оборудования. Такой подход — от понимания рынка и клиентов к грамотному формулированию ожиданий и уже отсюда к выбору технических средств и технологий — можно назвать экономическим или бизнес-подходом к техническому перевооружению. Этот подход нацелен на создание действительно "умного производства" (см. далее) и исходит не из наличных ресурсов, капризов персонала или привлекательности конкретного продукта, а из бизнес-задач предприятия в целом и бизнес-перспектив, определенных стратегией его развития. Иначе говоря, нужен *генеральный план развития* [9], базирующийся на рыночных реалиях и целях.

Несомненно, путь, связанный с выработкой стратегии и генерального плана развития и реализацией обосновывающих проектов, значительно выходит за рамки эмоционального, функционального, срочного и прочих подходов — он недешев и непрост. Но кто сказал, что у современных сложных управленческих, проектных и производственных задач есть простые решения?

## Определение "умного производства"

"Умное производство" выводит предприятие на лидирующие позиции в рынке. Важнейшие признаки и компоненты "умного производства":

- 1) наличие электронной модели производства изделий, включающей не только технические параметры изделий, но и технологические и экономические, связанные с подготовкой их производства и производством;
- 2) единая система нормативов по всем этапам всех процессов подготовки производства, возведенная в ранг стандарта предприятия;
- 3) обязательная корпоративная (по всей организационной структуре) сертификация специалистов предприятия по единой системе нормативов;

- 4) трехэтапная система планирования и контроля инвестиций в развитие предприятия:
- детальная оценка предстоящих инвестиций и организационных преобразований на основе моделирования новых изделий и процессов их производства;
  - оценка соответствия фактического результата от инвестиций во внедрение новых технологий плановым показателям (установленным в ходе моделирования);
  - регулярный мониторинг соответствия текущего фактического результата при производстве новых изделий нормативным показателям;
- 5) система контроля производства по срокам изготовления, затратам и качеству изделий.

## КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО КОНСАЛТИНГА

Авторы выделили четыре основных объекта инженерного консалтинга и шесть основных его инструментов, каждый из которых будет далее описан.

К объектам предлагается отнести:

- *лицо предприятия*, отражающее степень сбалансированности стратегии, маркетинга, учета, управления жизненным циклом изделий, подготовки производства и собственно производства изделий;
- *лицо изделия* — интегрированный показатель, учитывающий качество изделия, сроки его разработки и производства, а также затраты и определяющий рыночное позиционирование изделия в глазах клиентов: лидер, претендент, середняк, аутсайдер;
- *лицо инженерно-консалтинговой фирмы*, соответствующее лицу предприятия-клиента (но не нынешнему, а желаемому), оно изначально должно быть более сбалансировано, чтобы помочь балансировке лица предприятия;
- *мир проектов*, связанный с переходом от разовых поставок оборудования, программ, инструмента к комплексным проектам, в которых поставка является лишь одним из элементов.

Все эти объекты мы изображаем пирамидами: структурной, рыночной, консалтинговой и проектной (см. рис. далее). Осознавая, что слово "пирамида" в последние годы приобрело негативный оттенок (из-за финансовых пирамид, например), мы тем не менее склонны считать ее не только символом вечности и устойчивости. Мало того что пирамида задает конкретную систему координат и единицы измерения — для нас это еще и возвращение к здравому смыслу, восстановлению утерянной гармонии.

Кстати, в недавно изданной книге [43] мы нашли неожиданное подтверждение нашим "пирамидальным" привязанностям. Там на основе фундаментальных открытий, касающихся принципов работы человеческого сознания, делается несколько важных выводов:

- по мере поступления и восприятия информация автоматически сортируется сознанием в отчетливые пирамидальные структуры;
- любая группа идей легче усваивается, если воспринимается в виде пирамиды;
- каждый написанный документ следует обдуманно структурировать в форме пирамиды идей.

К основным инструментам инженерного консалтинга авторы относят:

- *электронную модель машиностроительного производства*, объединяющую электронные модели изделия, способов и процессов его проектирования и производства, включая экономические показатели;
- *методологию трех последовательно связанных проектов (экспериментального, внедрения, индустриального)*. В ходе экспериментального проекта строится электронная модель машиностроительного производства и оцениваются его ожидаемые технико-экономические характеристики. Результатом проекта внедрения является действующее опытное производство, а индустриального — полномасштабное серийное производство;
- *прототип производства и/или подготовки производства* — это электронная модель производства (экспериментальный прототип) и действующее производство конкретного вида продукции по номенклатуре предприятия (действующий прототип), создаваемые на основе поставляемого оборудования и программных средств;
- *новые организационные формы коллективной работы (управляющий совет, проектная группа)* — единые коллективы специалистов предприятия и консультантов, работающие на поставленную производственную цель и обеспечивающие реализацию проекта в заданные сроки с заданными параметрами;
- *нормативную базу производства* — это "руководство по эксплуатации" производства конкретного вида продукции;
- *гарантийные обязательства инженерно-консалтинговой фирмы* отражают документально зафиксированную ответственность инженерного консалтинга перед предприятием-заказчиком за результаты внедрения в рамках разработанной нормативной базы.

Пространство инженерного консалтинга (объекты и субъекты и их взаимодействие) отображено в табл. 4.

Пространство инженерного консалтинга

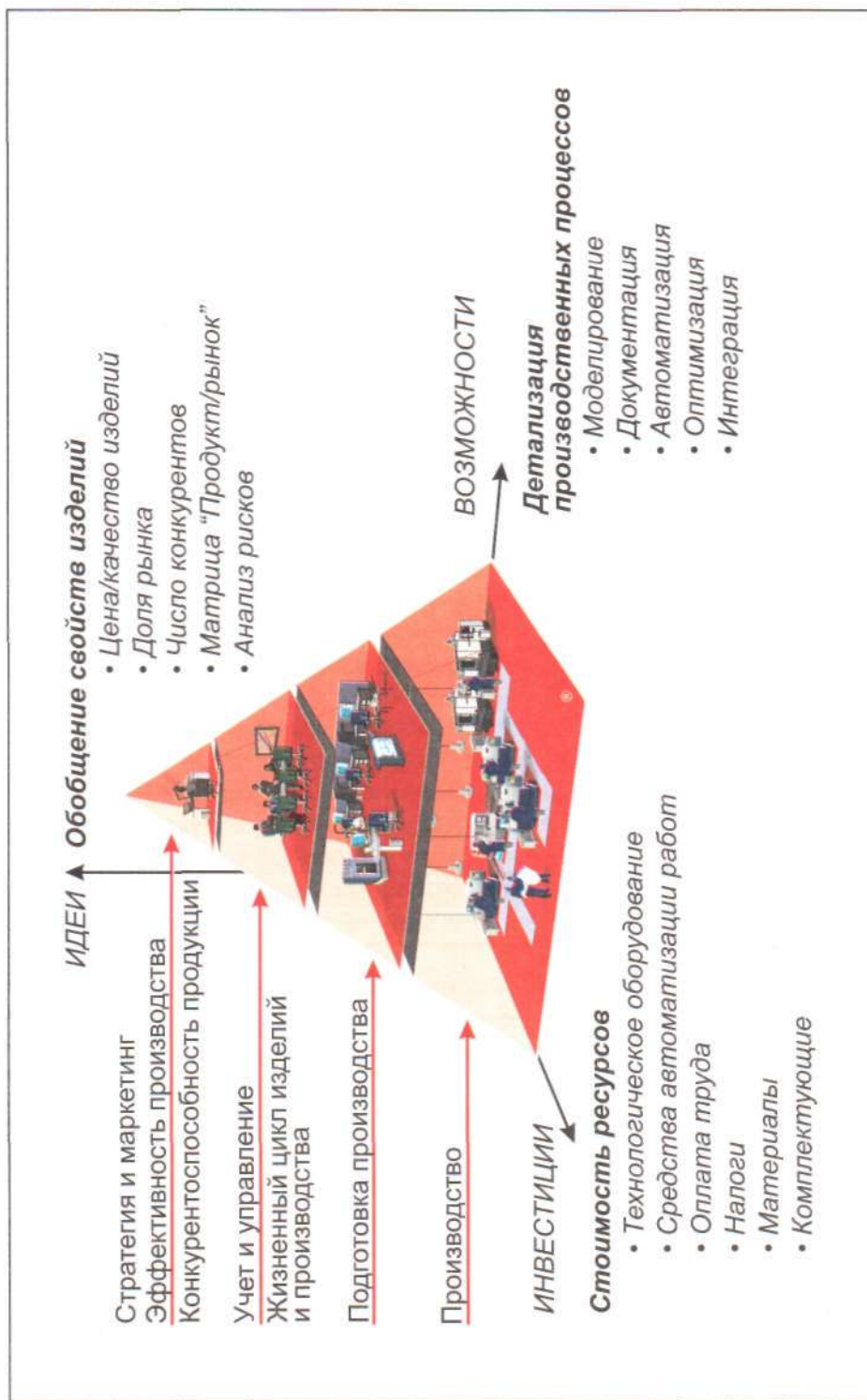
Таблица 4

Объекты и инструменты консалтинга		Субъекты консалтинга		
		Предприятие	Инженерно-консалтинговая фирма	Отношения предприятия и инженерно-консалтинговой фирмы
Объекты	Лицо предприятия	+	+	
	Лицо изделия	+	+	
	Лицо инженерно-консалтинговой фирмы		+	
	Мир проектов		+	
Инструменты	Электронная модель машиностроительного производства			+
	Методология трех связанных проектов			+
	Прототип производства и/или подготовки производства			+
	Новые организационные формы работы			+
	Нормативная база производства			+
	Гарантийные обязательства			+

## Лицо предприятия

Модель современного машиностроительного предприятия может быть представлена в виде "четырёхэтажной" (четырёхуровневой) пирамиды (рис. 4).

Основанием, первым этажом (уровнем) этой пирамиды является производство. Именно оно обеспечивает выпуск готовой продукции. Основные затраты (оборудование, производственные площади, электроэнергия и т.д.) также относятся к производству.



**Рис. 4. Структурная пирамида лица предприятия. Четыре этапа бизнеса предприятия**

Многие предприятия тратят значительные средства на покупку новых станков, но слабообеспеченные и не владеющие современными методами проектирования технологи и конструкторы не могут оперативно реагировать на конъюнктуру рынка и в короткие сроки разрабатывать и запускать новые изделия в производство. Даже прекрасно оснащенное производство ничего полезного не произведет, если изделия недостаточно функциональны, плохо конструктивно и технологически спроектированы. Поэтому качество работы на первом этаже во многом определяется работой на втором этаже, где осуществляется конструкторско-технологическая подготовка производства.

Впрочем, мы не раз наблюдали в последние годы "закат" предприятий, имеющих неплохую производственную базу, опытный коллектив технологов и конструкторов. Проблемы этих предприятий-неудачников были связаны с огромным, неповоротливым и неэффективным аппаратом управления, оставшимся с прежних времен. Аппарат этот, нацеленный лишь на самосохранение, тормозил принятие важнейших решений, в том числе по внедрению новых технологий. Первые два этажа, как бы грамотно они ни были выстроены, не могут обойтись без третьего, призванного обеспечивать учет (без которого невозможно корректировать оперативную деятельность), а также управление жизненным циклом изделий и жизненным циклом производства в целом.

Но и трех этажей недостаточно для рыночного успеха предприятия. На каком из них и кто сможет ответить на такие, например, важнейшие вопросы:

- Кто наш клиент, заказчик, потребитель?
- Что ему нужно сегодня и что понадобится завтра и послезавтра?
- Какие свойства изделий для него особенно важны?
- Что предлагают сейчас конкуренты и что они готовят на будущее?
- На какой стадии жизненного цикла находится наш сегмент рынка?
- Как повлияют на нас последние изменения законодательства?

Ошибки в ответах на эти вопросы, которыми и занимается четвертый этаж пирамиды, обходятся очень дорого — они вполне могут привести к потере бизнеса, даже если на других этажах все идет нормально.

Четвертый этаж пирамиды, тесно связанный с первыми тремя, в то же время существенно от них отличается. Если первые три обращены внутрь предприятия, на них снижают себестоимость, сокращают сроки, повышают качество продукции, последний обращен прежде всего во внешний мир: там планируют продажи и обеспечи-



вают выполнение планов, отслеживают текущее состояние рынка, пытаются предсказать пути его развития и динамику. На четвертом этаже определяются стратегия предприятия, его рыночное позиционирование, методы конкурентной борьбы, а также ставятся задачи (по срокам, качеству, себестоимости), которые решаются на остальных этажах.

Поясним, в каком "пространстве" бизнеса предприятия построена эта четырехэтажная пирамида. Представим его в трехмерном виде, координатными осями которого являются "стоимость ресурсов", "детализация производственных процессов" и "обобщение свойств изделий" (рис. 4).

Понятно, что стоимость ресурсов на первом, производственном этаже (технологическое оборудование, заработная плата и т.д.) значительно превышает стоимость ресурсов на более высоких этажах. В производстве имеет место также максимальная детализация, касающаяся изделия: это не только чертежи и технологические процессы, но и оперативные сменные задания, анализ причин брака, мероприятия по его устранению и т.д. Таким образом, на первом этаже имеют место максимальные значения координат "стоимость ресурсов" и "детализация производственных процессов", при минимальном — "обобщение свойств изделий" (игнорируется продаваемость, конкурентоспособность — "как задали, так и сделали") — естественное основание пирамиды — "производство" в предложенном трехмерном пространстве бизнеса.

Но не менее важен и второй этаж, где решаются вопросы конструкторско-технологической подготовки производства. С одной стороны, здесь необходима достаточная детализация при моделировании (проектировании) изделий и технологических процессов, чтобы затем минимизировать производственные издержки на первом этаже. Если есть только чертежи, но нет оптимизированных управляющих программ, зачем было покупать дорогое оборудование с ЧПУ? С другой стороны, на втором этаже нужно заниматься не только детализацией, но и обобщением, агрегированием, изначально больше, чем в производстве, думая и о себестоимости, и о ценообразовании, иначе на верхних этажах финансовые проблемы станут неразрешимыми.

Инвестиции, детализация и обобщение на различных этажах должны быть не просто достаточными, но и сбалансированными. Например, недостаточная детализация технологических процессов на втором этаже на  $\Delta_1$  (из-за отсутствия моделирования и оптимизации ЧПУ-программ обработки деталей) приведет к излишней детализации на первом этаже на  $\Delta_2$  (из-за создания программы оператором) и росту затрат на производство на  $\Delta_3$  (из-за возможной поломки инструмента и даже оборудования, брака и т.д.) (рис. 5).

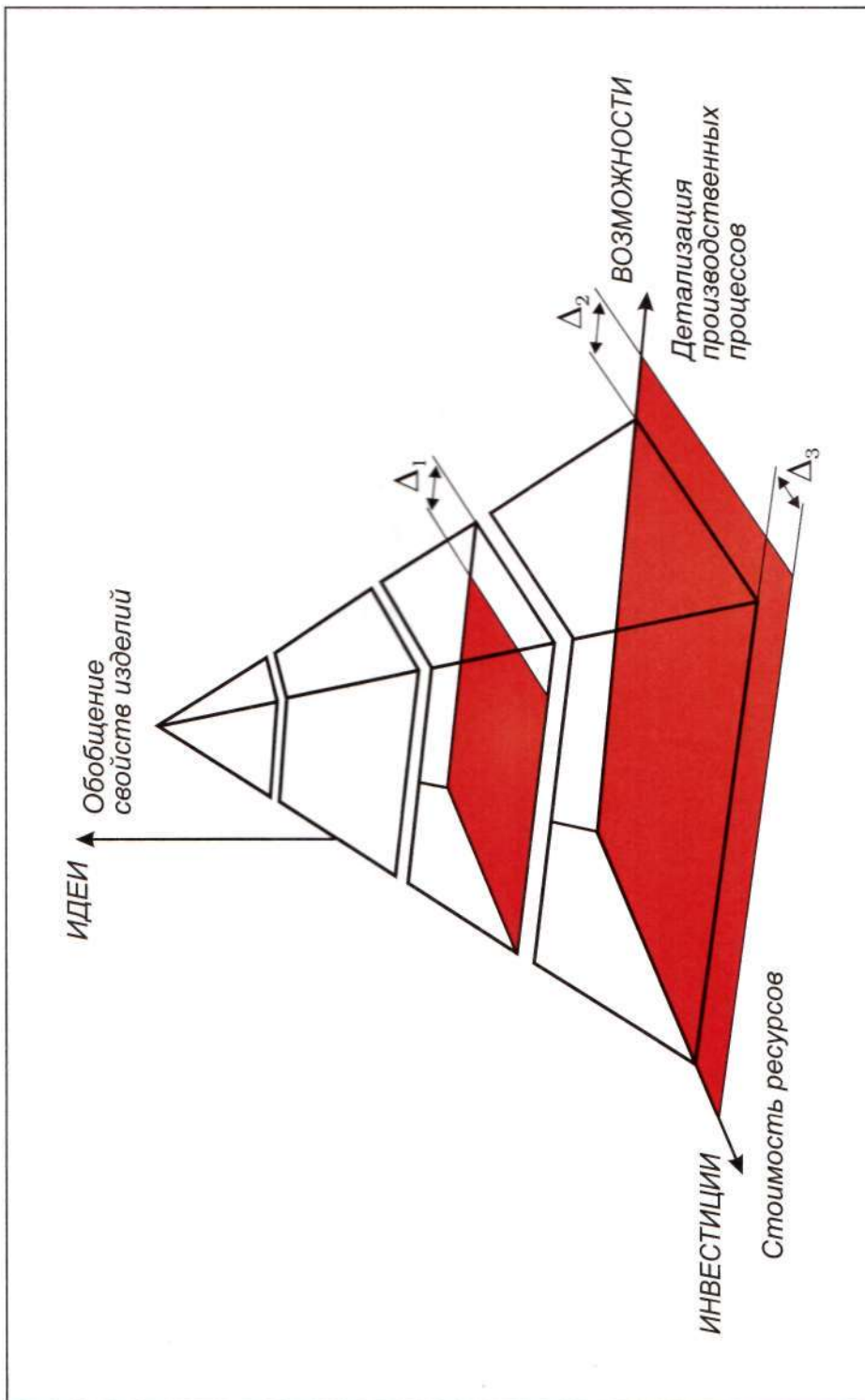


Рис. 5. Дисбаланс (по  $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ ) первого и второго этажей структурной пирамиды

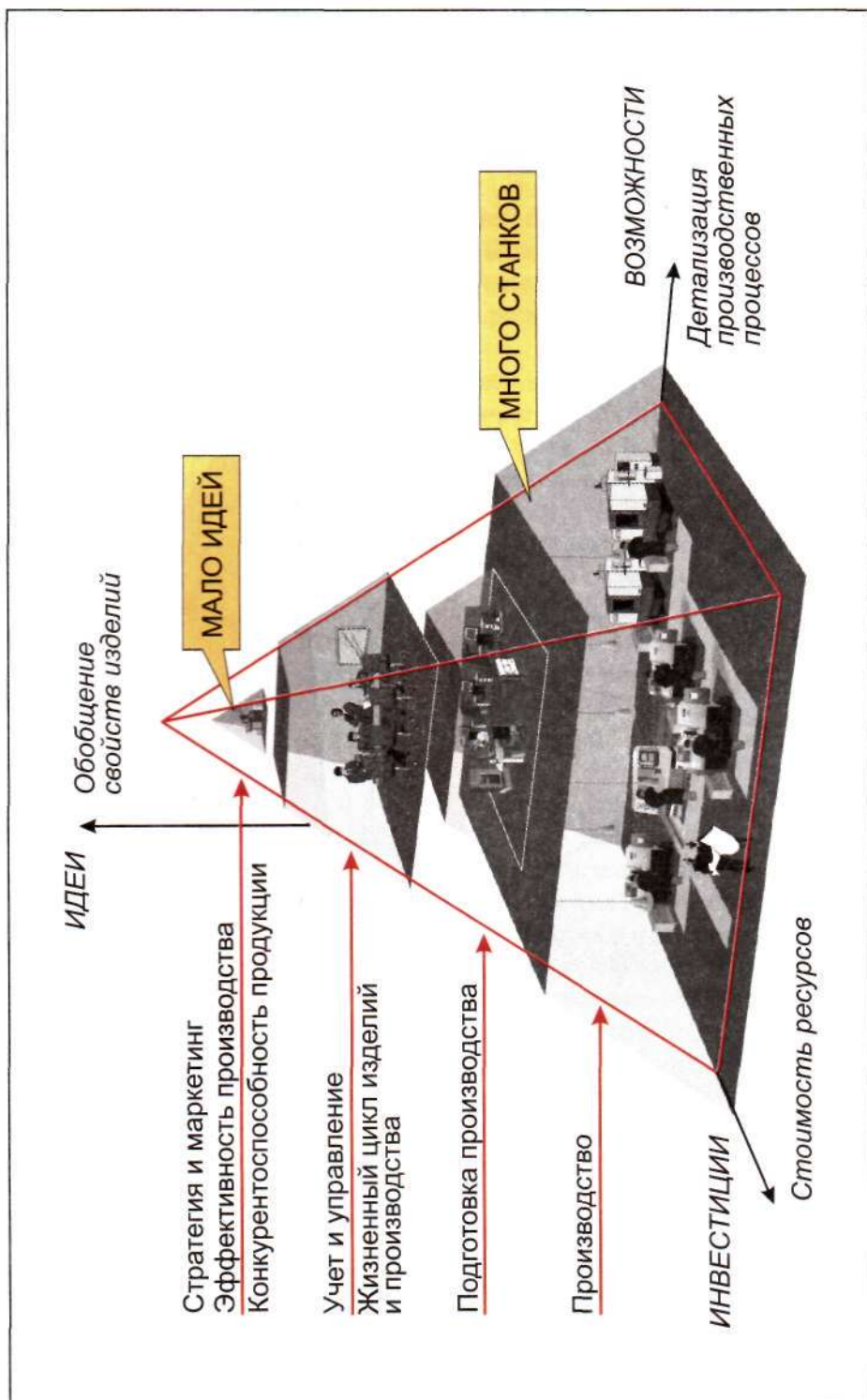


РИС. 6. Дисбаланс этажей структурной пирамиды по типу "много станков — мало идей"

Баланс на третьем и четвертом этажах пирамиды по трем координатным осям (на третьем этаже рассматривается комплектность изделия, а на четвертом — конкурентоспособность) строится на возрастании степени обобщения свойств изделий при снижении степени детализации и уменьшении стоимости ресурсов. Так, на последнем этаже стоимость ресурсов — это в основном заработная плата менеджеров, которая даже при ее больших суммах меньше затрат на производство (первый этаж) или его подготовку (второй этаж). В противном случае имеет место явный дисбаланс структурной пирамиды.

Согласование интересов разных этажей (по трем координатам пирамиды) — дело очень непростое. Создается впечатление, что их представители даже разговаривают на различных языках и плохо понимают друг друга. Стратеги и маркетологи говорят об ассортименте продукции и услуг, продуктивном ряде, производственным ближе номенклатура изделий, детали и компоненты. Разработчики изделий редко вспоминают о производственных службах — каково им будет эти изделия собирать.

Внутри каждого этажа противоречий тоже хватает. Интересы маркетологов противостоят интересам сбытовиков, потому что над теми довлеет конкретный план. Конструкторы извечно воюют с технологами, дизайнеры — с конструкторами. Таким образом, и модель предприятия в целом, и модель каждого этажа принципиально несбалансированы. На многочисленных "стыках" теряются время и деньги.

Важно понимать, что с течением времени указанные противоречия между "этажами" и внутри "этажей" не только не ослабевают, но и усиливаются. Возникают такие наглухо забетонированные перегородки (причем из качественного бетона), через которые трудно пробиться не только инновациям, но и текущей информации.

Нужна политическая воля руководства предприятия, чтобы эти бетонные перегородки, локальные и местнические подходы время от времени взламывать, а инженерные консультанты настойчиво и терпеливо помогают выполнить эту непростую задачу восстановления управляемости и взаимосвязей между службами предприятия, расположенными на одном или разных "этажах".

Приведем несколько типичных примеров дисбаланса этажей структурной пирамиды.

- 1. Много станков — мало идей** (рис. 6). Имеется современное оборудование с ЧПУ, но отсутствует или недостаточно проработано рыночное позиционирование предприятия. Слаба связь с заказчиками, их новые требования появляются неожиданно. Нет кон-

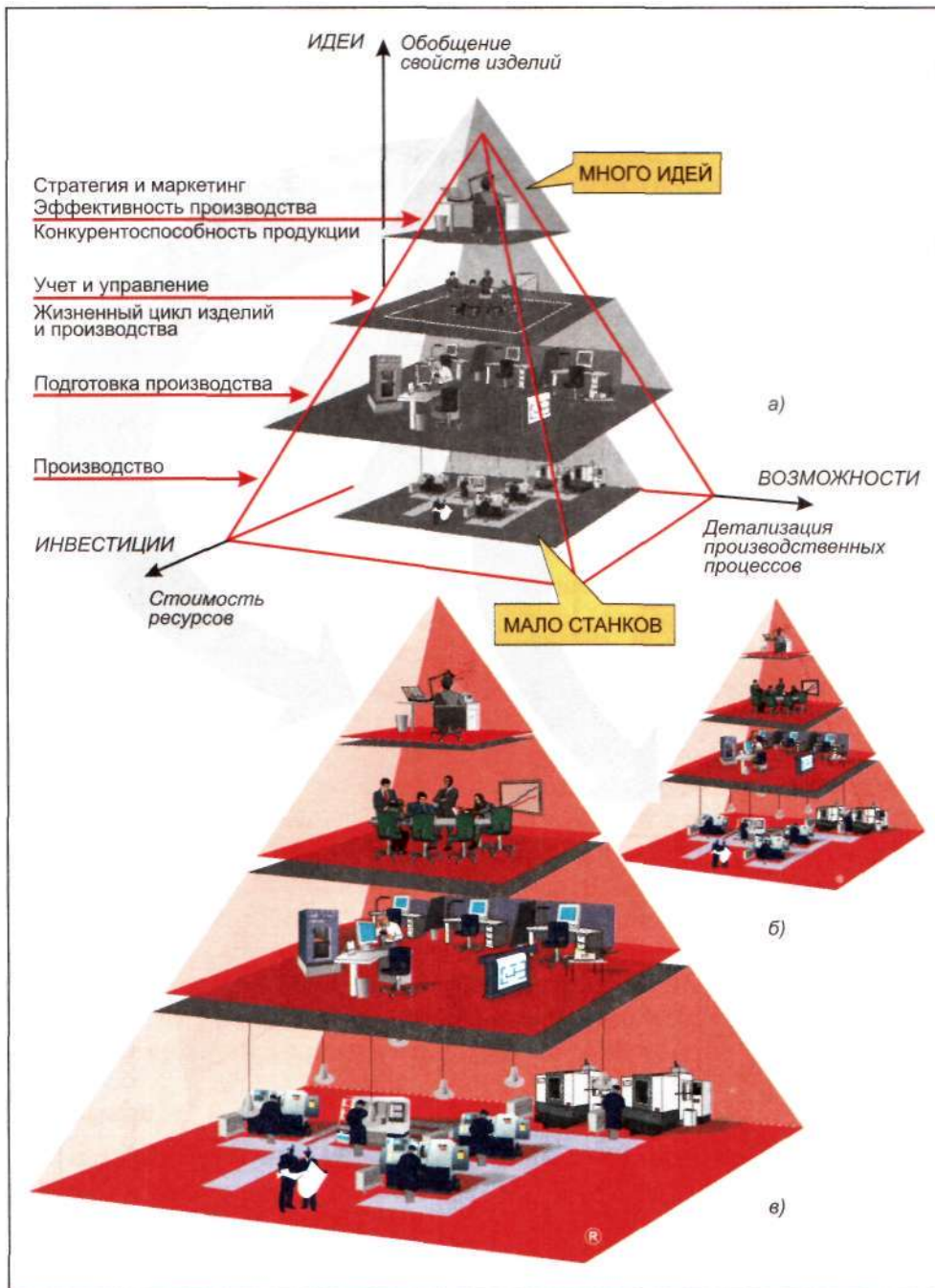
курентной разведки, в итоге выгодные контракты "уплывают" из-под носа. Большие потенциальные возможности оборудования не используются в полной мере, активы не приносят той отдачи, на которую можно было бы рассчитывать.

- 2. Много идей — мало станков** (рис. 7). Дизайнеры, конструкторы и технологи идут в ногу со временем, посещают выставки, обеспечены современным программным обеспечением. Маркетологи тесно работают с потенциальными потребителями, регулярно проводят рыночные исследования. Топ-менеджеры настроены на завоевание рынка. Все прекрасно, но как реализовать новые идеи и проекты на физически и морально устаревшем малопроизводительном оборудовании? Значительный творческий потенциал растрачивается впустую, красивые проекты и изделия остаются на бумаге или электронных носителях.

Возможные пути гармонизации такой пирамиды (рис. 7, б и в) будут рассмотрены далее.

- 3. Много идей — много станков — мало связей** (рис. 8). Есть понятная стратегия, современное оборудование, мощная конструкторско-технологическая подготовка производства, и тем не менее предприятие проигрывает в конкурентной борьбе. Почему? Да потому что остались старые, громоздкие и неэффективные организационные механизмы. Нечетко определены полномочия и ответственность руководителей, мотивация людей не связана с результатами их труда, ресурсы выделяются исходя не из бизнес-приоритетов, а из принципа "всем сестрам — по серьгам". Нет механизмов проектного управления, естественные противоречия и конфликты функциональных служб не преодолеваются, а разжигаются. Структура предприятия и корпоративная культура становятся оковами для развития бизнеса.

Результатом подобных диспропорций в развитии этажей предприятия являются длительные циклы производства, высокие затраты на него, низкое качество изделий. Это не устраивает ни собственников, ни высшее руководство предприятия. Более того, на каждом этаже находятся ответственные и болеющие за дело люди, которые в меру сил и возможностей пытаются как-то поправить существующее положение. Производственники стараются выбить средства на новое оборудование, конструкторы и технологи мечтают о новых САПР, высшее руководство возлагает большие надежды на АСУ и разнообразные информационные системы, вплоть до систем управления отношениями с клиентами. Беда в том, что даже серьезные улучшения на одном из этажей слабо влияют на всю пирамиду,



**РИС. 7. Исходный дисбаланс этажей структурной пирамиды по типу "много идей — мало станков" (а) и достижение баланса по минимально (б) и максимально (в) развитому этажу**

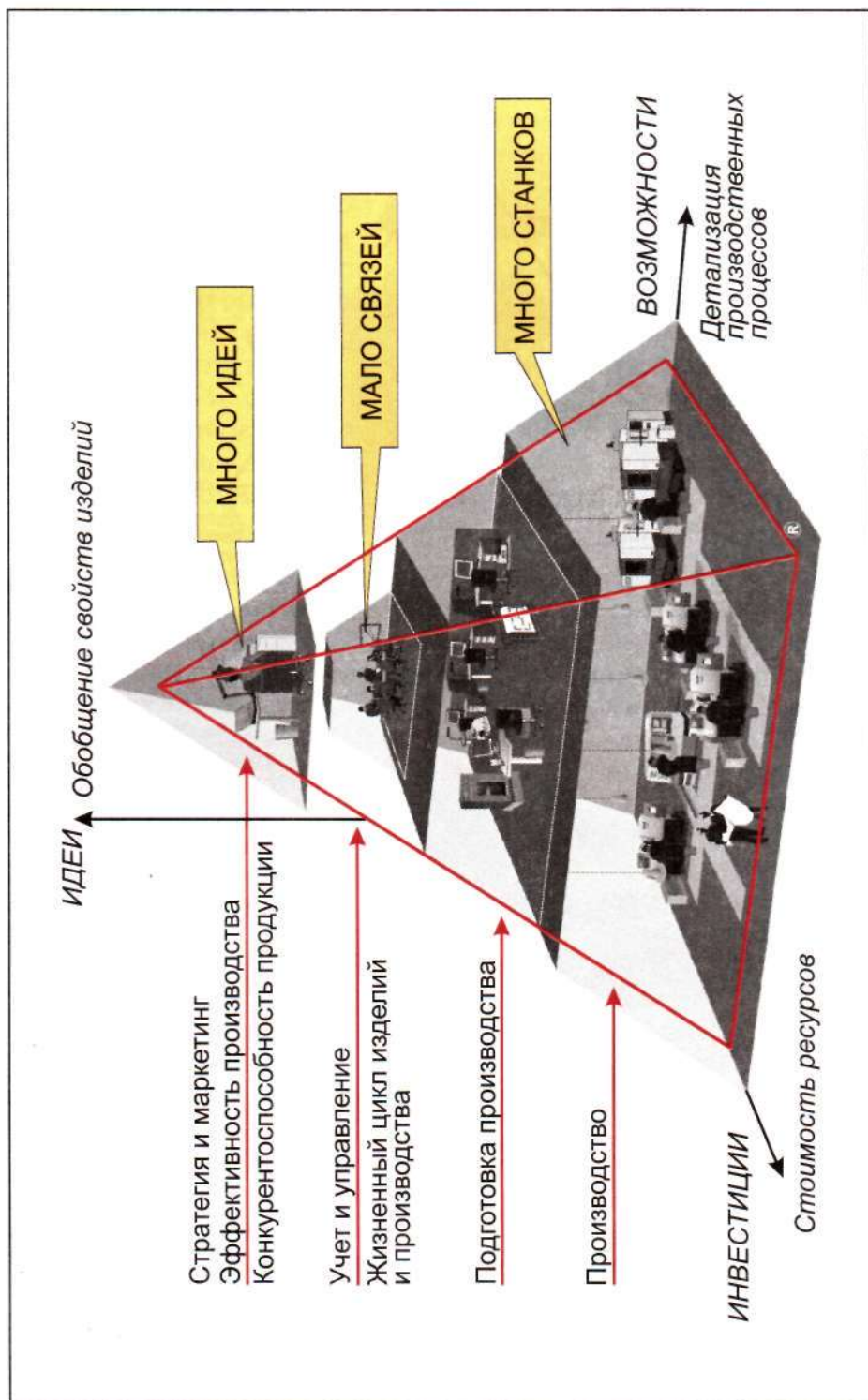


РИС. 8. Дисбаланс этажей структурной пирамиды по типу "много идей — много станков — мало связей"

а иногда даже усиливают дисбаланс, ухудшают ситуацию (если данный этаж и так был развит больше остальных). Фирмы-разработчики и поставщики АСУ (корпоративных информационных систем), заходя "сверху", не могут охватить всю толщу пирамиды предприятия и, в лучшем случае, "застревают" на уровне внутренних проблем высшего руководства, не оказывая серьезного воздействия на бизнес в целом. Поставщики даже самого современного оборудования никак не могут повлиять на структуру предприятия-клиента (систему подготовки производства, управления), поэтому оборудование часто используется неэффективно и большие затраты на него не приводят к серьезным улучшениям бизнеса (более того, экономика предприятия делает под давлением неоправданных затрат шаг назад). Поставщики САПР оказывают воздействие на конструкторов и технологов, но при этом не изменяется ни система управления предприятием, ни станочный парк. Эффектные компьютерные проекты запросто "тонут" в болоте старой инфраструктуры.

Гармонизация пирамиды предприятия может осуществляться по двум основным сценариям, которые удобно рассмотреть на примере пирамиды с дисбалансом "много идей — мало станков" (рис. 7, а): баланс по минимально развитому этажу (рис. 7, б) и баланс по максимально развитому этажу (рис. 7, в). Очевидно, что в итоге формируются два совершенно разных лица предприятия (см. рис. 7, б и в), и здесь имеют место различные стратегии гармонизации. Естественно, и затраты на реализацию этих стратегий будут кардинально отличаться. Но оба этих гармоничных состояния лучше, чем исходное (рис. 7, а).

Программа-максимум (в ней и затраты максимальны) явно нацелена на глобальный захват рынка, тогда как программа-минимум (с минимальными затратами) ориентирована на устойчивую работу в локальных секторах рынка. Исходное же состояние (рис. 7, а) при явной нацеленности на глобальные рынки не позволит завоевать возможные локальные, и это окажется губительным для бизнеса.

### *Вывод:*

*гармонизация "пирамиды" предприятия, пропорциональное развитие, теснейшая связь и взаимодействие разных ее этажей* — это не мода, не блажь собственников и высшего руководства, а одно из важнейших условий успешного развития бизнеса при растущей конкуренции.

Рассматривая машиностроительное предприятие как единое целое, инженерно-консалтинговая фирма должна комплексно и системно подходить к решению проблем построения эффективного бизнеса, помогая сокращать сроки выпуска новых изделий,



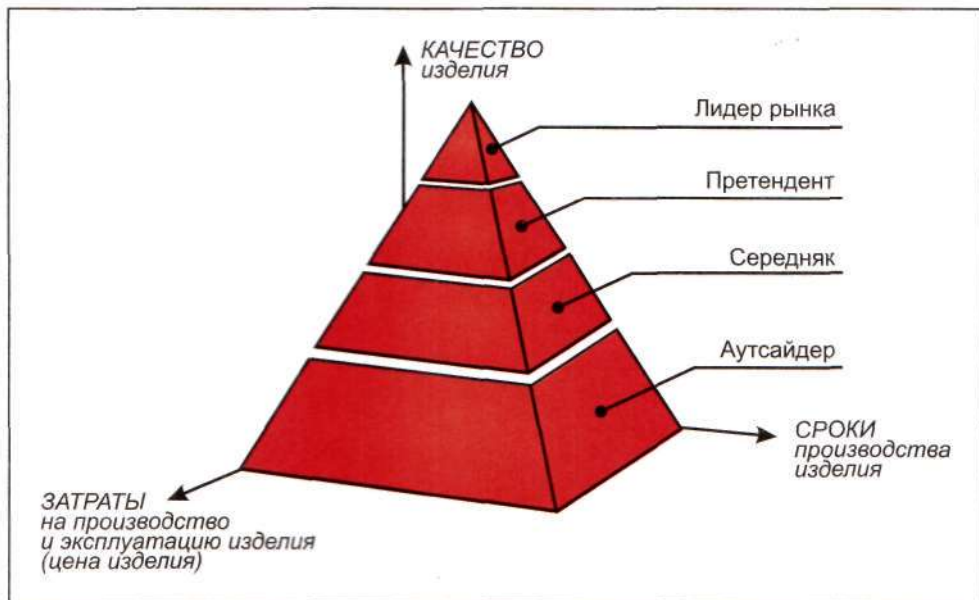
повышать их качество и конкурентоспособность, уменьшать производственные затраты.

Спектр предлагаемых решений должен охватывать все этажи пирамиды предприятия — от производства и технической подготовки производства до управления бизнес-процессами и мониторинга стратегии развития. В следующих разделах мы покажем, что технология разработки и внедрения действующих прототипов позволяет начинать положительные преобразования на предприятии с любого из четырех этажей бизнеса, поэтапно распространяя достигнутый успех на все предприятие. Цель этих преобразований — организационное, технологическое и техническое перевооружение предприятия для создания системы выпуска продукции, максимально удовлетворяющей запросы конечных потребителей, а значит, приносящей максимальную прибыль самому предприятию.

Важный вопрос — о рыночных связях машиностроительного предприятия, его поставщиках, партнерах, клиентах. Они имеют такую же структуру (те же четыре этажа бизнеса), и если предприятие останется довольно сотрудничать с инженерными консультантами, оно само порекомендует своим ключевым поставщикам, клиентам, партнерам поработать над гармонизацией (балансировкой) своих "бизнес-пирамид". Это существенно облегчит взаимодействие с ними: предприятия начнут разговаривать на одном языке долгосрочных планов развития, широкого использования информационных технологий и т.д. Кроме того, работа инженерных консультантов уже с этими предприятиями позволит лучше понять и точнее сформулировать их нужды и желания, а это немаловажно для успеха в конкурентной борьбе. Инженерный консалтинг в данном случае может обеспечить задание *"форматов общения"*, упростить создание *эффективных рыночных "цепочек"*.

## Лицо изделия

Еще одним важнейшим понятием, введенным авторами в инженерном консалтинге, является лицо изделия. Потребители, заказчики, партнеры, оценивают предприятие не по его обещаниям и декларациям, а по реальным изделиям и способности своевременно выпускать новые изделия — функциональные, надежные, ремонтпригодные. Массовая рекламная кампания может на время обмануть или усыпить потребителя, но это разовый эффект. Лицо фирмы потребитель воспринимает через лицо изделия. Поэтому бессмысленно менять лицо фирмы без изменения лица изделия — серьезного долгосрочного эффекта это не даст. В отличие от разнообразных учетных



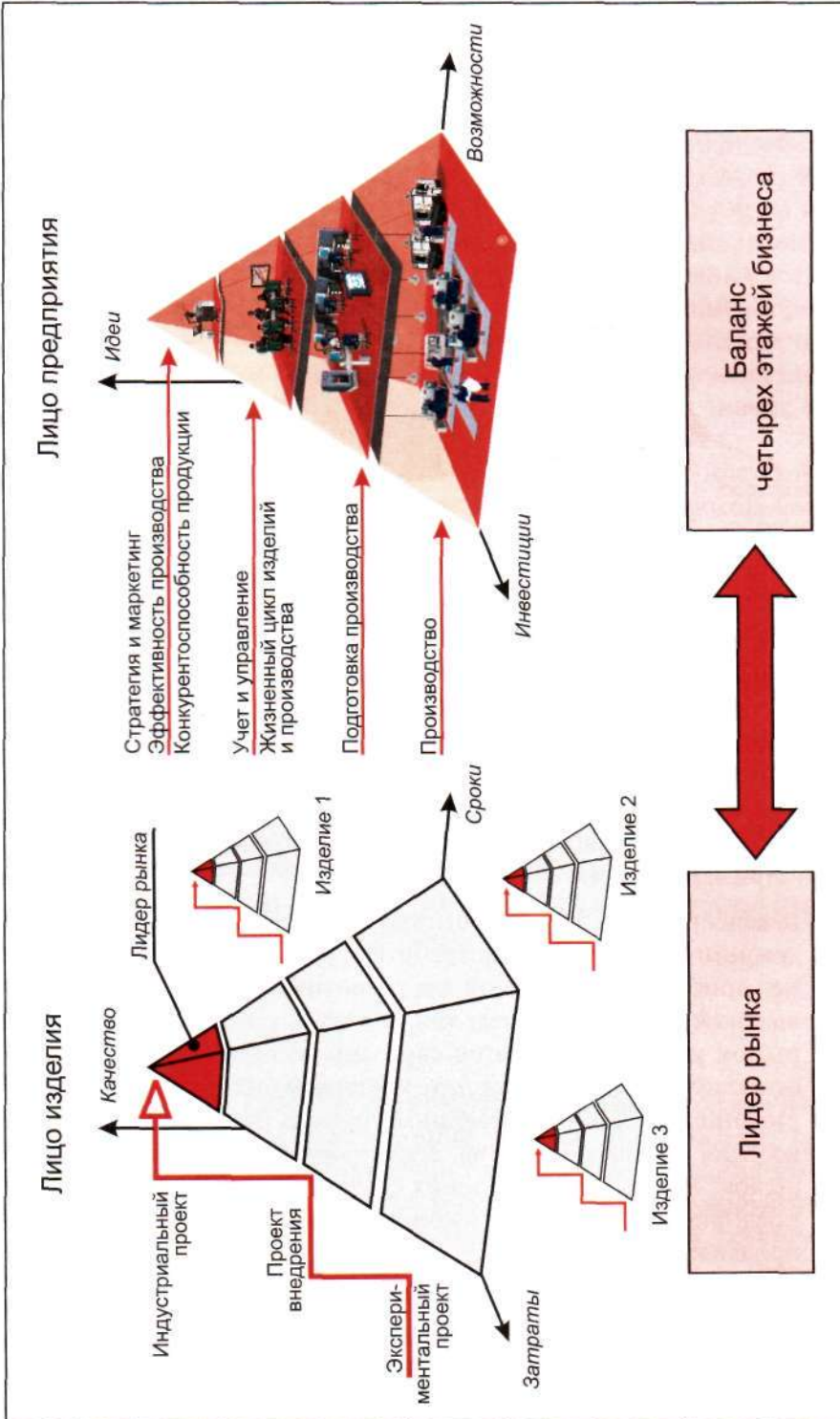
**РИС. 9. Рыночная пирамида лица изделия**

систем, пассивно фиксирующих происходящее, *инженерный консалтинг* — система активная, нацеленная на изменение лица изделия, делающая его более востребованным рынком.

Три координаты — качество, сроки, затраты — определяют лицо изделия (рис. 9). Если они несбалансированны (с точки зрения рынка, потребителя), такое "лицо изделия" можно назвать "перекошенным". Примеры "перекошенных" лиц:

- некачественные изделия, быстро выбрасываемые на рынок по демпинговым ценам (и потребители быстро отворачиваются, и нет прибыли, достаточной для развития);
- высококачественные изделия, которые к моменту выхода на рынок уже не пользуются серьезным спросом (конкуренты опередили — пусть с худшим качеством). Начинается затоваривание со всеми вытекающими отсюда последствиями;
- изделия среднего качества, достаточно быстро выводимые на рынок. Но если затраты на их создание выше рыночных цен, предприятие, чтобы быть конкурентоспособным, вынуждено продавать их с убытком.

Лицо изделия — это совсем не то, что нарисовали дизайнеры и спроектировали конструкторы. Сроки, качество, затраты должны измеряться там, откуда изделия уходят к потребителю, — на производстве, в цеху, а не только в конструкторском или технологи-



**РИС. 10.** Достижение баланса этажей бизнеса предприятия через лидирующие позиции изделий на рынке

ческом отделе. Даже большие достижения на ранних этапах (дизайнерских, конструкторских, технологических) в итоге могут ни к чему не привести.

Мы условно выделили четыре этажа в рыночной пирамиде "лица изделия" — в его рыночной позиции (рис. 9):

- 1) лидер рынка (качество — *max*, затраты — *min*, сроки — *min*);
- 2) претендент (качество — высокое, затраты — средние, сроки — малые);
- 3) середняк (качество — невысокое, затраты — средние, сроки — приемлемые);
- 4) аутсайдер (качество — *min*, затраты — *max*, сроки — *max*).

Отметим, что пирамид "лиц изделия" столько, сколько основных видов продукции. Конечно, достижение рыночного лидерства по одному изделию не может сбалансировать все предприятие, но поэтапное прохождение через три проекта (см. раздел "Методология трех связанных проектов"), последовательный подъем по их ступеням на пирамиды "лиц изделий" по всем видам продукции делает предприятие сбалансированным и обеспечивает ему лидирующие рыночные позиции (рис. 10).

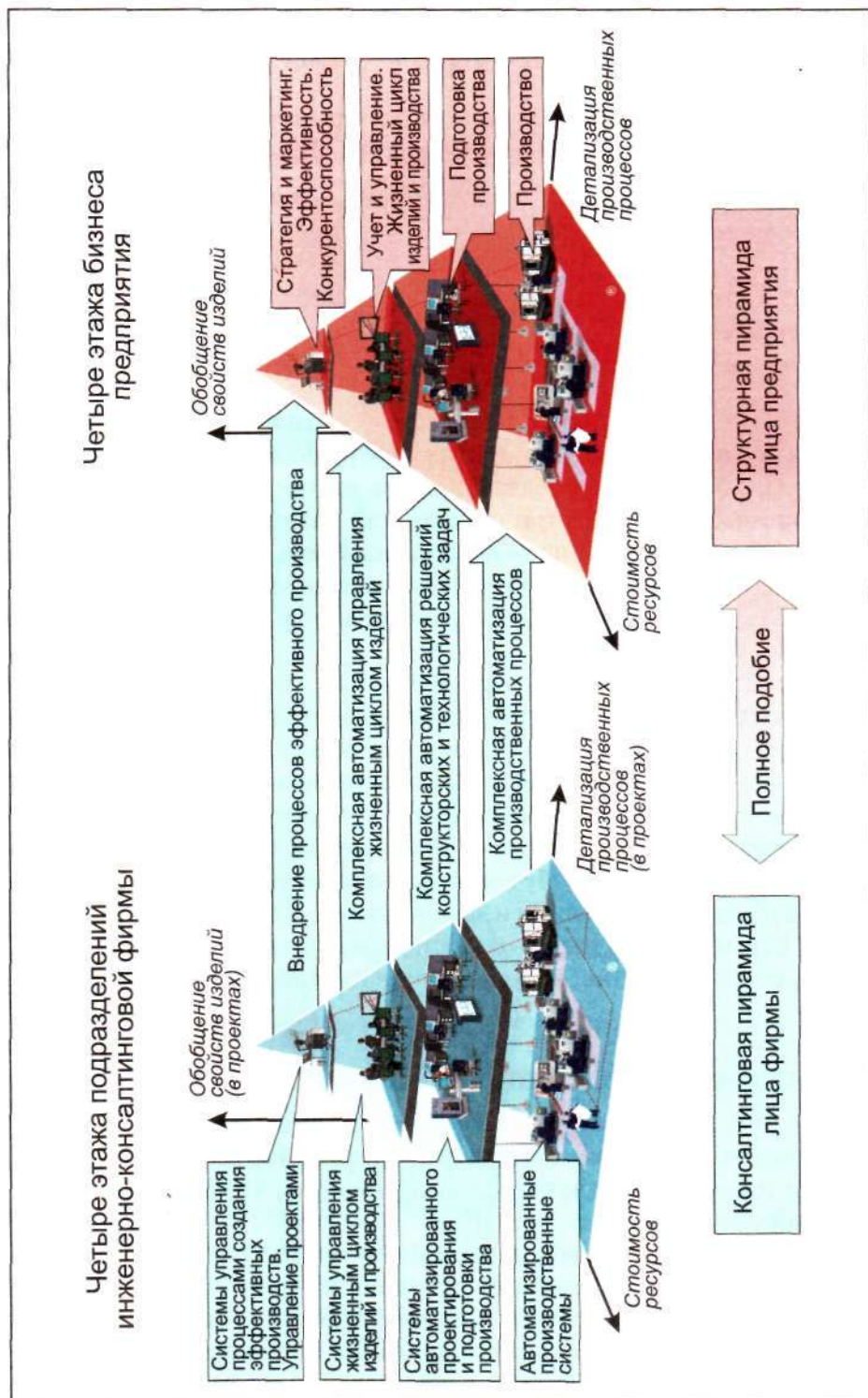
Предприятие не может быть рыночным лидером, не имея изделий-лидеров. Пирамида лица предприятия виртуальна, ее балансировка — награда тому, кто покорил все пирамиды лиц изделий (что-то типа снежного барса, который покорил восьмитысячники).

Лицо предприятия и лицо изделия — это две стороны одной медали. Изделия, как трудные дети, нуждаются в индивидуальном подходе, индивидуальном обучении и воспитании. Авторы убеждены, что воздействовать на лицо изделия можно, изменяя само предприятие. Бессмысленно пытаться модифицировать (изменять) изделие, не меняя предприятие, не балансируя его четыре этажа бизнеса.

## Лицо инженерно-консалтинговой фирмы

Инженерно-консалтинговую фирму можно рассматривать на основании той же модели четырех этажей бизнеса, что и машиностроительное предприятие.

Этажи консалтинговой пирамиды фирмы строятся в тех же координатных осях, что и пирамида предприятия (рис. 11). Векторы направлений их воздействия на соответствующие этажи предприятия (рис. 11) сводятся к внедрению процессов эффективного производства (четвертый этаж), а также к комплексной автоматизации управ-



**РИС. 11.** Подобие структур инженерно-консалтинговой фирмы и машиностроительного предприятия

ления жизненным циклом изделий (третий этаж), решений конструкторских и технологических задач (второй этаж) и производственных процессов (первый этаж).

Но чтобы иметь право на организацию бизнес-преобразований на предприятиях, инженерно-консалтинговая фирма должна сама быть достаточно сбалансированной по этажам бизнеса, для чего необходимы:

- технический центр, собственные производственные и технологические мощности — как полигон для натурной отработки параметров выполняемых проектов;
- проектный центр с высочайшим уровнем автоматизации — иначе трудно предлагать клиентам не изученные досконально программные средства и новые технологии;
- полноценный учет затрат и управление проектами;
- грамотный маркетинг, выверенная и регулярно обновляемая стратегия.

В разделе "Лицо предприятия" мы уже говорили о том, что преобразования на предприятии в принципе можно начинать с любого из четырех этажей бизнеса, важно лишь, чтобы они не ограничились данным этажом. С какого бы этажа ни начались изменения, главное — атакующие "колонны" должны соединиться, процесс изменений должен охватить предприятие целиком, все его этажи.

Много проблем у отечественных предприятий накопилось еще с доперестроечных времен, процесс вживания в рынок тоже был крайне болезненным, поэтому предприятия нуждаются не просто в замене станков или автоматизации конструкторской деятельности, но в построении современной комплексной системы эффективного производства. Вряд ли имеет смысл с самого начала предлагать изменения на четвертом (стратегическом, рыночном) этаже — предприятие обычно не готово к такой полномасштабной работе, инженерные консультанты не знают особенностей данного предприятия и его продукции, поэтому сближение, формирование взаимного доверия должно идти поэтапно и планомерно, в ходе совместных проектов.

Авторы не считают, что инженерный консалтинг должен навязывать предприятию-заказчику свое мнение о том, с чего лучше начинать преобразования. Важно, чтобы у собственников и руководителей предприятия было желание разработать (с помощью консультантов) генеральный план преобразований и воля для реализации этого плана.

Если руководство предприятия считает, что главные проблемы связаны с подготовкой производства, инженерные консультанты должны в первую очередь заняться конструкторско-технологиче-

скими задачами. Если предприятие считает первоочередной задачей срочное обновление станочного парка, надо помочь грамотно решить эту задачу. "Этаж входа" инженерного консалтинга на предприятие, вообще говоря, зависит от бизнес-уровня и пожеланий его руководства.

Но, удовлетворяя оперативные, сиюминутные пожелания клиента, инженерно-консалтинговая фирма параллельно решает свою "сверхзадачу": проводит *экспресс-диагностику ситуации на входном и соседних этажах*.

Сегодняшние "болячки", конечно, симптоматичны, но окончательный диагноз (а именно он ляжет в основу генерального плана преобразований) может быть не связан с "больным" местом. Грамотно выполнив диагностику, консультанты получают право предлагать крупные совместные проекты, кардинально повышающие эффективность производства у клиента. Диагностика — это еще и мощное средство активизации самого клиента, при котором налаживается диалог, растет взаимопонимание.

Естественно, инженерный консалтинг должен быть ресурсно готов к решению разнообразных задач на всех этажах бизнеса предприятия. И если сегодня машиностроительные предприятия чаще всего предпочитают начинать изменения с первого, производственного этажа, значит, именно это звено в инженерно-консалтинговой структуре должно быть самым сильным. Приведем для примера конкретные данные о фирме "Солвер".

В 2006 году в подразделении "Автоматизированные производственные системы", обслуживающем первый этаж бизнеса предприятия (рис. 11), работали более 60 человек. В состав подразделения входили три отдела:

- "Технологии машиностроительного производства" — самый крупный (38 специалистов, из них 25 — ведущих);
- "Режущий инструмент и оснастка";
- "Эксплуатация оборудования" — отдел сервисного обслуживания поставляемого технологического оборудования.

В подразделении "Системы автоматизированного проектирования и подготовки производства" (ориентированном на второй этаж бизнеса предприятия) работали 16 человек в трех равных по численности отделах:

- "Проектирование машин и конструкций";
- "Проектирование технологий изготовления машин и конструкций";
- "Анализ функциональности машин и конструкций".

В подразделении "Системы управлений жизненным циклом изделий" (третий этаж) работали семь человек, в состав этого подразделения входили два отдела:

- "Моделирование бизнес-процессов конструкторско-технологической подготовки производства";
- "Программное обеспечение проектов".

Четвертый этаж фирмы "Солвер" — это служба "Система управления процессами создания эффективных производств" ("Управление проектами"), во главе которой стоит генеральный конструктор. Служба активно сотрудничает с четвертым этажом бизнеса предприятий, выполняя интегрирующую функцию и выстраивая проектную организацию деятельности перечисленных трех подразделений фирмы в соответствии со стратегическими задачами предприятий.

Еще 22 специалиста работали в техническом центре "Комплексные технологии автоматизации управления и производства в машиностроении", обслуживающем первый, второй и третий этажи бизнеса предприятия.

Фирма "Солвер" имеет сертификаты ведущих зарубежных поставщиков оборудования (*Fadal, Hardinge, CITIZEN, KITAMURA, NAKAMURA-TOME, SECO* и др.) и программного обеспечения (*PTC, CGTech, ICEM, IMCS, SAP*), проводит работы по сертификации своей консалтинговой деятельности по *ISO-9000*.

Любые инновации — технические, программные, организационные — "Солвер" сначала опробует на себе. Так, уже несколько лет в компании действует детальный учет рабочего времени, который позволяет:

- оценивать трудоемкость каждого проекта и отдельного его этапа;
- оценивать загрузку сотрудников, их востребованность со стороны руководителей проектов;
- накапливать статистику о проектах и сотрудниках и вырабатывать нормативы;
- создавать внутренние стандарты по структуре проектной документации;
- сокращать по мере накопления опыта время реализации проектов;
- согласовывать систему мотивации с реальными результатами труда

Наличие "карты бизнеса", прописанных бизнес-процессов и схем взаимодействия (пример фрагмента одной из таких схем приведен



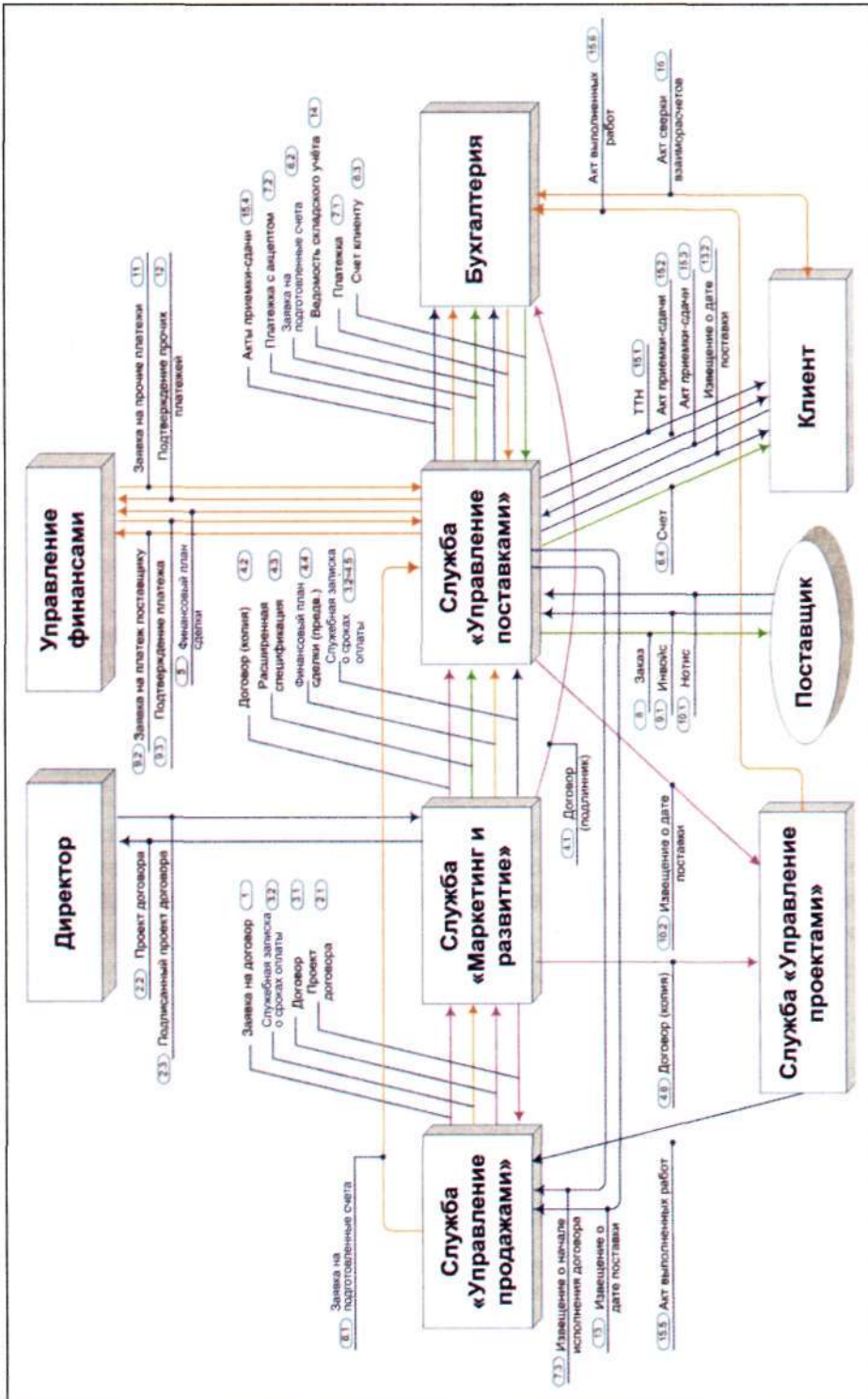
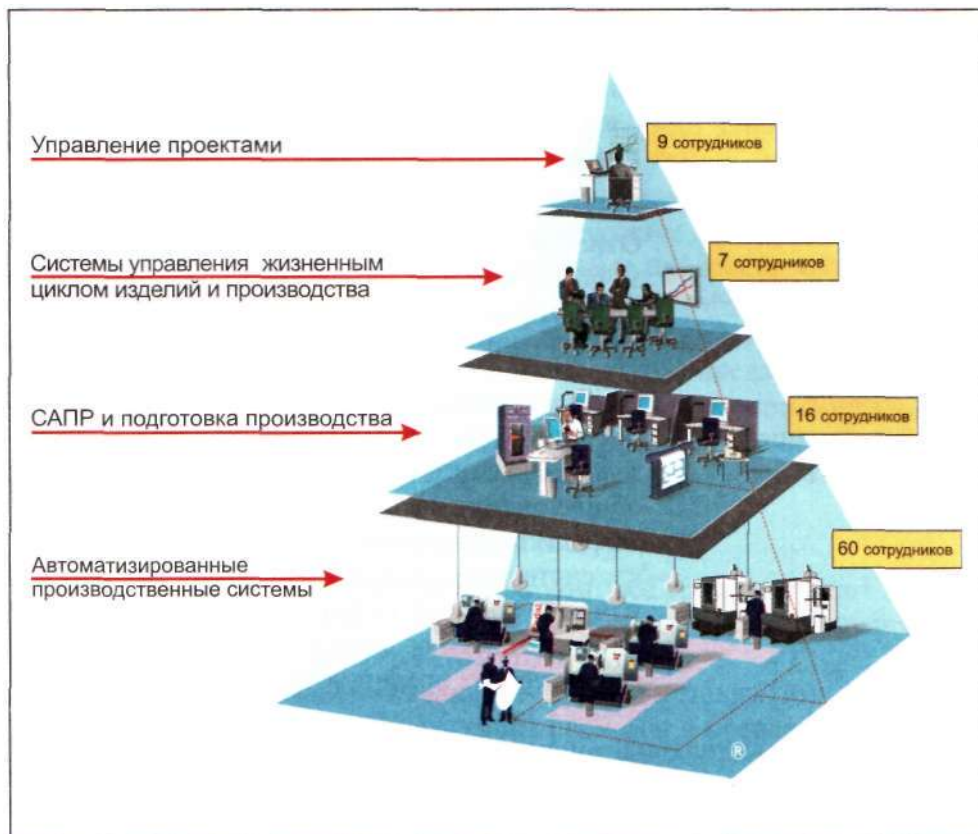


РИС. 12. Фрагмент "карты бизнеса" инженерно-консалтинговой фирмы



**Рис. 13. Количество основных сотрудников фирмы на различных ее этажах**

на рис. 12), налаженного документооборота — все это позволяет эффективно организовать собственный бизнес, обеспечить динамичное его развитие.

Интересно визуально сравнить количество основных сотрудников фирмы "Солвер" (без персонала технического центра и вспомогательного персонала), работающих на различных ее этажах (рис. 13).

Из этого визуального сравнения действительно получается пирамида фирмы, по структуре подобная пирамиде предприятия (см. рис. 11), т.е. соответствующая числу и масштабу проблем на каждом из этажей бизнеса предприятий-клиентов. Мы уже говорили о том, что проблемы существуют не только внутри каждого этажа, но и между этажами, поэтому тесное взаимодействие подразделений фирмы "Солвер" между собой позволяет оперативно выявлять и решать эти, часто неочевидные проблемы.

Показательна история становления фирмы "Солвер":

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 1993 — 1994 гг.           | Развитие второго этажа бизнеса (прежде всего, с использованием возможностей системы <i>Pro/Engineer</i> ).   |
| 1995 — 1997 гг.           | Развитие второго и третьего этажей бизнеса. Отвечая на потребности клиентов, "Солвер" занялась системами автоматизации не только проектирования и технической подготовки производства, но и управления предприятием.   |
| 1997 г. - настоящее время | Окончательное завершение концепции четырех этажей бизнеса. Осваивается новый пласт задач, связанных с заменой и модернизацией оборудования на предприятии, повышением эффективности использования станочного парка, систем измерения и контроля. Полным ходом идут проекты, связанные с интеграцией различных этажей на средних и крупных машиностроительных предприятиях. |

Преимущество опытной инженерно-консалтинговой фирмы состоит в том, что она имеет "связку ключей" для перехода с этажа на этаж бизнеса предприятия. Это позволяет организовывать оперативное взаимодействие между этажами так, чтобы процесс позитивных изменений охватывал не отдельный этаж или его часть, как это часто бывает, а предприятие полностью. Например, успех внедрения САПР является лишь прелюдией к процессу реорганизации предприятия-клиента на всех уровнях. Достигнутый технический успех должен распространиться вниз — для технологической перестройки производства и вверх — для перестройки системы управления предприятием.

"Симптом -> диагноз -> лечение" — так выглядит правильный подход инженерно-консалтинговой фирмы. Конечно, под "лечением" подразумевается не просто выдача разовых рекомендаций, а построение целой системы "оздоровления", в которой организационные и методические аспекты играют не меньшую роль, чем конструкторские, технологические или производственные.

И еще одно замечание: о симптомах рассказывает предприятие-клиент (это его мнение), а диагностику и лечение проводят уже совместные команды специалистов клиента и инженерно-консалтинговой фирмы. Бессмысленно принимать дорогие лекарства, не переходя при этом к здоровому образу жизни.

Необходимость введения самого понятия "инженерный консалтинг" мы уже пояснили в гл. 1, сейчас попробуем изложить свою позицию подробнее.

Чем отличается инженерно-консалтинговая фирма от инженеринговой?

Тем, что, обладая самыми современными техническими и программными средствами, а также технологическим оборудованием, позволяет предприятиям создать устойчивые процессы современного производства на основе поставленного технологического оборудования, программного обеспечения с возможностью выпуска конкурентоспособных изделий заданной номенклатуры; предлагает предприятиям все те "ноу-хау", которые опробовала и использует в собственной деятельности.

Чем отличается инженерно-консалтинговая фирма от бизнес-консалтинговой?

Тем, что инженерно-консалтинговая фирма:

- охватывает предприятие целиком, все его этажи — от производства и технической его подготовки до системы управления предприятием и стратегии его развития;
- реализует обосновывающие проекты, доказывая применимость и эффективность своих подходов и предложений в ходе решения принципиально важных проблем клиента;
- предлагает взаимоувязанные решения, которые гарантированно воплощаются в конкретных проектах внедрения, завершающихся выпуском нового изделия, необходимого рынку;
- содействует переходу от конкретных проектов внедрения к новой системе выпуска продукции по тематическим проектам, максимально удовлетворяющим запросы конечных потребителей.

Российская особенность инженерного консалтинга в том, что он избавляет предприятия от прямых связей с поставщиками оборудования и связанных с этим рисков. Западные поставщики особо не церемонятся и не хотят учитывать отечественные особенности — неподготовленность и недисциплинированность персонала, неотлаженность технологий, необязательность. Они просто снимают дорогое оборудование с гарантии со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Фирма "Солвер" тоже имела печальный опыт, когда предприятие-заказчик настояло на том, чтобы в спецификацию было включено оборудование, не входящее в ее продуктовую линию и не поддерживаемое собственной сервисной службой. Заказчик заверил, что хорошо знает данного поставщика и будет работать с ним напрямую. Именно это оборудование потом стало главным источником проб-

лем в комплексном проекте. Фирма-поставщик зафиксировала неправильное использование охлаждающей жидкости и ошибочные температурные режимы применения своего оборудования, отказалась от гарантийных обязательств (в полном соответствии со стандартным договором) — и оборудование после выхода из строя надолго "выпало" из проекта.

В чем, по мнению авторов, заключается стратегическое преимущество фирмы "Солвер" (и основная особенность инженерного консалтинга как достаточной молодого направления)? В том, что фирма поставляет какие-то невиданные станки или программы проектирования? Да ничего подобного. Станки с ЧПУ и программы, аналогичные или иные, поставляют десятки, сотни отечественных и западных поставщиков. А вот на третьем своем этаже фирма "Солвер" уже отличается от других, по образному выражению поэта, "лица необщим выраженьем". Кто еще хочет взяться за весь жизненный цикл — от разработки концепции и требований к изделию через проектирование и производство, вплоть до организации его ремонтов и утилизации? Например, "Солвер" активно использует систему *Windchill*, которая является первой интернет-ориентированной архитектурой, обеспечивающей информационную поддержку всех фаз жизненного цикла продукции и полную информационную интеграцию разработчиков, субподрядчиков, поставщиков и заказчиков. А интегрированные в *Windchill* корпоративные и индивидуальные календари призваны гарантировать нормальное прохождение всех процессов с обязательной реализацией всех стандартных и непредвиденных изменений.

Не вдаваясь в технические подробности, перечислим лишь несколько особенностей систем управления жизненным циклом изделий нового поколения:

- создается *единый источник информации об изделии*, доступный всем организациям, выполняющим разные функции в ходе разработки, производства и сопровождения продукции. Можно узнать, на основании какого задания был создан тот или иной компонент, какие альтернативные решения рассматривались, сколько времени занимает технологический процесс каждого компонента и какова его стоимость (трудоемкость, нормы расхода материалов и т.д.) и многое другое. Гарантируется, что специалисты данной организации и партнеров получат нужную информацию в нужное время;
- "*подписка*" — это новое мощное средство позволяет отдельным пользователям и группам пользователей подписываться на объекты (например, деталь, документ и т.д.) и получать сообщения в тех случаях, когда с объектом, на который пользователь подписан, происходит определенное событие;

- чтобы избежать простоев производства или использовать локальные источники поставок в случае отсутствия детали или сборки, выбранных конструкторами в качестве оптимальных для данного изделия, предусмотрена *возможность определения комплектующих и сборок*, которые могут заменить данную компоненту;
- на основе единого представления данных о технологических процессах могут быть получены различные аналитические отчеты: о времени и трудоемкости изготовления детали, о затратах на изготовление каждого экземпляра детали, пооперационные ведомости вспомогательных материалов, ведомости используемого инструмента и оснастки, ведомости покупных изделий и материалов и т.п. В итоге — *полная прозрачность затрат* на выполнение каждой операции и всего процесса;
- планируются и контролируются все процедуры конструкторской и технологической подготовки производства;
- обеспечиваются возможности проектной организации работ — в составе проектных групп.

Но основное конкурентное преимущество инженерно-консалтинговой фирмы "Солвер" лежит еще выше, на четвертом этаже — в системе создания эффективных производств. Именно здесь — уровень идеологии и методологии. И на этом четвертом этаже уже многое делается: создана служба "Управление проектами", на десятках предприятий отработана уникальная технология "трех проектов" (экспериментальный, внедрения, индустриальный), в реальных условиях опробованы различные организационные схемы взаимодействия и т.п.

Авторы отдают себе отчет в том, что огромный объем работы еще предстоит выполнить. Например, первые два этажа фирмы "Солвер" пока охватывают только механическую обработку изделий, между тем почти все современные изделия имеют и электронную часть. Вопросы электроники, системотехники ждут своего решения.

Вместе с тем магистральное направления развития определилось — "Солвер" не просто предлагает концепцию технического развития, программу или план технического перевооружения, но и активно участвует в поэтапной проектной реализации этой концепции и плана, при этом беря на себя большую ответственность, чем это принято у поставщиков любых аппаратных и/или программных средств. Одно дело — отпускать лекарства в аптеке (да еще и без рецептов), другое — помочь больному выздороветь, ежедневно наблюдая его, корректируя ход лечения. "Солвер" берет на себя значительную часть ответственности (и рисков тоже!) за рациональный выбор и эффективное использование специалистами заказчика оборудования и програм-

много обеспечения, инструмента и оснастки. Более того, в крупных проектах используются механизмы частичного товарного кредитования, так что заказчик успевает оценить, что он сможет получить в итоге, до того, как понесет основную часть затрат.

Основная концепция маркетинга и продаж фирмы "Солвер" заключается в том, что подобная фирма не может работать одновременно с сотнями клиентов (она не нацелена на массовый рынок простых продаж). Инженерно-консалтинговую фирму можно сравнить с высококлассным ателье индивидуального пошива, работающим со "своими" клиентами. Сотрудник такого "ателье" должен ощущать себя не человеком, хватающимся за первую попавшуюся работу, а ответственным представителем фирмы, дорожащим своим местом, репутацией и клиентами. Больше всего он заинтересован в поддержании и развитии отношений с клиентами, и у него есть все полномочия и инструменты для этого.

Фирма уделяет особое внимание как поддержке высокой квалификации собственного персонала, так и подготовке персонала у клиентов. Для клиентов:

- организована регулярная сертификация специалистов;
- проводятся стажировки (в том числе за рубежом);
- созданы и работают учебно-методические центры на базе ведущих технических университетов (два в Москве, по одному в Воронеже, Нижнем Новгороде);
- проводится обучение специалистов предприятий в техническом центре фирмы в Москве (на конкретных задачах из реализуемых проектов) с натурной обработкой деталей на имеющемся технологическом оборудовании.

Каждый сотрудник должен увязывать свой взгляд на работу с общим видением бизнеса компании, его перспективами, а не с разовым достижением результата. Сотрудники должны понимать, что их успехи, карьера, финансовое благополучие зависят прежде всего от понимания основных ценностей и их реализации в практической деятельности.

Еще один немаловажный момент — политика "Солвер" в области продаж состоит в совместном с клиентом получении скидок от поставщиков оборудования и программного обеспечения. "Солвер" имеет значительные скидки от поставщиков при условии выполнения установленных объемов продаж и готов пропорционально делиться этими скидками с клиентами. Это не имеет никакого отношения к благотворительности, просто "Солвер" не стремится зарабатывать деньги на продаже оборудования и программного обеспечения, ее бизнес (и соответственно основной источник дохода) — внедрение, консалтинг, эксплуатационная поддержка, т.е. работа на конечный результат.

К сожалению, нам неизвестны другие отечественные компании, которые предлагали бы подходы, аналогичные данному, — по совокупности всех четырех этажей. Авторы не гордятся этим и не кокетничают, говоря "к сожалению", потому что первопроходцу приходится тратить много времени и сил на информирование рынка о новых возможностях, на убеждение клиентов, преодоление упорным трудом их естественного начального недоверия. При наличии конкурентов часть этой работы они взяли бы на себя, но увы...

Когда рынок будет уже в основном "вспахан", станет легче — можно будет сконцентрироваться не на информировании и убеждении, а на более оперативном решении (вместе с клиентом) стоящих перед ним проблем. Пока же едва ли не 60% времени уходит на уговоры "больного" и доказательства, что он серьезно болен, и лишь 40% времени остается на оздоровление и лечение.

## Мир проектов (вместо мира планов)

*Нам бы лишь огромные задачи,  
Бесполезных планов громоздь...*

М. Садовский

*До свиданья, план мой встречный,  
перевыполненный мной.*

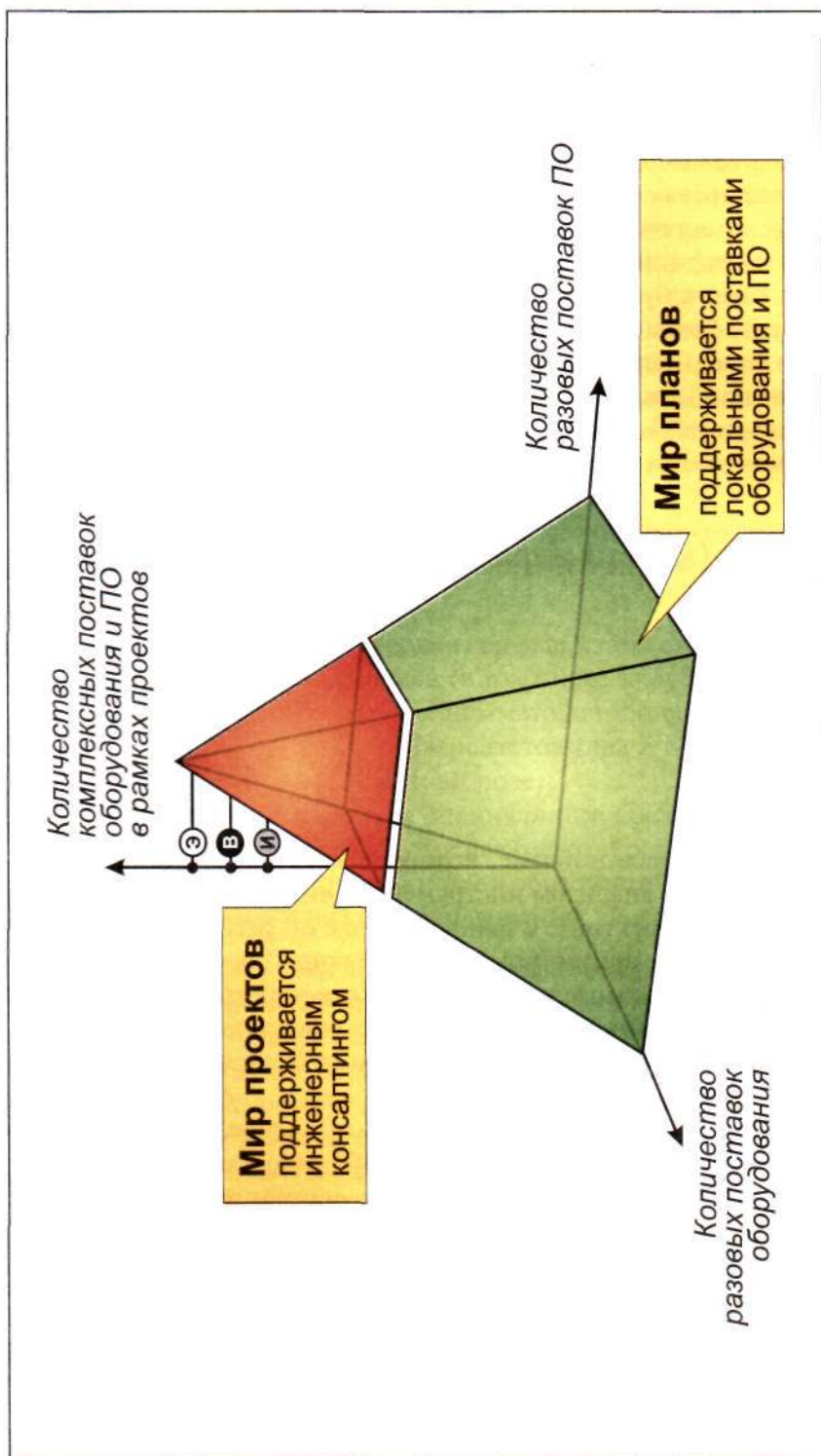
В. Высоцкий

Последнее ключевое понятие, которое авторы считают необходимым ввести перед анализом инструментов инженерного консалтинга, — это "мир проектов". В данном случае он рассматривается как альтернатива всем привычному "миру планов", в котором разрозненные функциональные подразделения предприятия ведут себя как маленькие партизанские отряды, слабо связанные между собой. В проектной пирамиде нижняя часть — мир планов, верхняя — мир проектов (рис. 14).

На координатной оси "Количество комплексных поставок оборудования и программного обеспечения (ПО) в рамках проектов" проектной пирамиды есть три уровня точек, соответствующих количеству комплексных поставок на основе экспериментальных проектов (Э), проектов внедрения (В) и промышленных проектов (И). Охарактеризуем эти типы проектов:

- *экспериментальный проект* (создание на основе моделирования, экспериментального прототипа нового производства, доказывающего конструктивную, технологическую и экономическую целесообразность изделия). В экспериментальном про-





**РИС. 14. Проектная пирамида. Позиционирование поставщиков оборудования и программного обеспечения (ПО):**

Э — поставки на основе экспериментальных проектов;

В — поставки на основе проектов внедрения; И — поставки на основе индустриальных проектов

екте центр тяжести — на специалистах инженерно-консалтинговой фирмы, которые используют свой опыт для реализации конкретного проекта;

- *проект внедрения* (создание действующего прототипа нового производства и организационно-технических предпосылок для развития этого прототипа в масштабе предприятия). Здесь акцент уже на формировании совместной проектной группы, включающей как специалистов инженерно-консалтинговой фирмы, так и (обязательно!) специалистов самого машиностроительного предприятия. Структурные изменения при переходе к проектной организации бизнеса (как высшей его стадии) просто не могут быть выполнены вне фирмы;
- *индустриальный проект* (проектное обеспечение выпуска новых конкурентоспособных изделий в соответствии с потребностями рынка). Здесь акцент делается на проектные группы самого предприятия с возможным участием специалистов инженерно-консалтинговой фирмы. Наивысшая оценка работы консультантов — когда клиенты в большинстве проектов могут обходиться и без них.

Развитие функциональных подразделений на предприятиях как следствие разделения труда и глубокой специализации было, без сомнения, шагом прогрессивным. Стали расти ряды профессионалов, более серьезно прорабатываться вопросы. Вместе с тем функциональная организация предприятий имела и очевидные негативные стороны: специалисты разных профессий все хуже понимали друг друга, барьеры между подразделениями становились выше и прочнее. Попытки интеграции ограничивались исключительно уровнем документооборота. Главное — не было человека, отвечающего (премией, репутацией, должностью) за конечный результат: сроки, качество, затраты.

При множестве функциональных подразделений, живущих своими интересами, громадьё планов очень трудно увязать между собой, да еще с учетом того, что рыночная ситуация меняется и надо успевать на эти изменения реагировать. Все работало хорошо (в меру профессионального понимания), а в итоге — готовое изделие, идущее к потребителю, "неожиданно" оказывалось неконкурентоспособным.

Приведем конкретный пример. Специалисты, получившие по разовой поставке в свое распоряжение продвинутый пакет программ оценки прочности, проводят инженерный анализ изделия: "Имеются зоны повышенного напряжения, надо сделать стальным материал корпуса. Кроме того, надо изменить конструкцию муфт — вместо

крестовых с прямоугольными пазами рекомендуется применить крестовые со сквозными пазами и цилиндрические кулачки". Как конструкторы они совершенно правы, но кто будет считать затраты? Какие проблемы возникнут со старой конструкцией, и во сколько решение этих проблем обойдется заводу? Как отразятся данные изменения на технологичности изделия, его ремонтпригодности?

Сотрудники функциональной структуры думают о повышении своего профессионального уровня и отвечают за выполнение своего плана, не более того. К тому же всегда можно свалить вину на внешних и внутренних смежников, поэтому имеет место податливость при включении работ в план (будет сделано!) и необязательность при выполнении этого плана (мы ни при чем, нас подвели смежники). Разовые поставки оборудования и программного обеспечения, не обремененные особыми идеями, потворствуют жизнеспособности мира планов.

Проектная (матричная) организация бизнеса кардинально отличается от функциональной, когда специалисты просто получают задачи, не всегда зная, зачем это надо. В проектную группу делегируются специалисты функциональных подразделений, но они движимы *единой целью*. Здесь не на кого кивать, здесь специалисты разного профиля должны усиливать друг друга и учитывать интересы друг друга, ища оптимальное решение уже в пространстве нескольких переменных (пусть конструкция будет чуть менее красива, но более технологична и более дешева — в соответствии с требованиями рынка).

В [44] проект рассматривается как особая форма реализации целенаправленных изменений в рамках определенных ограничений по срокам, стоимости и характеристикам ожидаемых результатов. Наличие этих ограничений требует особой организации и методов управления:

- концентрации полномочий и ответственности за проект в руках руководителя проекта;
- создания проектной команды, в той или иной степени отчуждаемой на время исполнения проекта от подразделений компании (об этом мы подробнее поговорим в разделе "Новые организационные формы").

Проект становится центром затрат и прибылей, что позволяет организовать учет человеческих, финансовых и материальных ресурсов и выстроить систему мотивации, базирующуюся на конкретных результатах участников проекта.

Миру планов соответствуют разрозненные поставки оборудования, программ, инструмента: кому что надо, тот то и заказывает. А поскольку бюджет у предприятия один, то сильный главный специ-

алист может склонить чашу весов в свою сторону, и одно подразделение будет оснащаться фактически в ущерб общему делу, потому что на остальных денег не хватит. Такие "островки передового опыта" хорошо показывать гостям, на бизнес они никак не влияют.

В мире проектов совсем другая ситуация. Проектная команда ориентирована и мотивирована на конечный результат, ей нет смысла заниматься самообманом и строительством потемкинских деревень. Естественно, она нацелена на комплексные проекты, включающие поставку оборудования, программ и услуг. Мир проектов не рождается сам по себе, его надо инициировать и поддерживать организационно и методически. Этим и занимаются инженерно-консалтинговые структуры — они стимулируют создание нового "мира проектов" на предприятии.

## Электронная модель машиностроительного производства

*Когда требуешь чего-то от жизни (а кто из нас от нее не требует?) — жизнь автоматически запрашивает в ответ целую кучу дополнительной информации. Для построения расчета необходимо ввести больше данных. Иначе ответа не будет.*

Х. Мураками

*Передача информации позволяет координировать индивидуальные действия в сторону их согласованности и концентрации и тем самым коллективно совершать большие действия, чем если бы каждый делал, кто во что горазд.*

М. Веллер

Рассмотрение инструментов инженерного консалтинга мы начнем с *электронной модели машиностроительного производства*, объединяющей электронные модели изделий, способов и процессов проектирования и производства этих изделий. Под электронной моделью изделия здесь понимается совокупность информационных объектов, включающих конструкторскую, технологическую и иную информацию об изделии от всех участников проектирования и производства. Аналогично определяются понятия электронных моделей проектирования и производства, в которых, кроме всего прочего, должна содержаться информация о методах, правилах (согласова-

ния, утверждения, внесения изменений) и участниках процессов проектирования и производства, а также экономическая информация об этих процессах (трудоемкость, стоимость и т.д.).

В качестве основы для формирования моделей продукции и процессов предлагается использовать принципы *CALS*-технологий (см. раздел "Что дальше?"). В соответствии с этими принципами весь объем информации об изделии можно распределить по этапам его жизненного цикла следующим образом:

- конструкторские данные — сведения о составе изделия, его геометрических моделях, о связях и соотношениях в структуре изделия и т.д.;
- технологические данные — сведения о способах изготовления и контроля качества изделия и его компонентов в процессе производства, ассоциированные с информационными объектами, описывающими изделие и его компоненты;
- производственные данные;
- данные о качестве;
- логистические данные;
- эксплуатационные данные;
- экономические данные.

Методологическую основу электронного описания изделия составляют EPD-технологии (*Electronic Product Definition*), в соответствии с которыми вся информация, относящаяся к одному изделию, структурируется по типу и назначению. Последовательность бизнес-процессов обеспечения жизненного цикла изделия увязывается со структурой самого изделия.

Естественно, нужна полная совместимость применяемых программных продуктов и используемых ими форматов представления данных. Применение информационных моделей и стандартизированных методов доступа к данным является основой эффективной информационной кооперации всех участников жизненного цикла высокотехнологичных изделий. Заметим, что электронная кооперация усиливает, дополняет, но никак не заменяет человеческую, более того — предъявляет более высокие требования к взаимодействию и согласованности действий специалистов.

Не следует считать, что любая автоматизация выводит предприятия на уровень электронных моделей. Достаточно часто предприятия просто переводят имеющиеся бумажные документы в электронный вид, но это не влияет на качество документов и помогает решать лишь отдельные частные задачи (типа быстрого поиска или копирования нужного документа). Применение систем автоматизированного проектирования, хранение и использование техниче-

ской документации (чертежей, спецификаций и т.п.) в электронном виде тоже способствует решению отдельных задач, но не слишком влияет на конечный результат.

При разработке сложных изделий, в которой участвует большое число специалистов для создания нескольких вариантов проектируемого изделия, возникает необходимость в объединении разнородной информации в единую структуру и в эффективном управлении этой информацией. Особенно актуальными становятся вопросы организации процедур прохождения, согласования, утверждения, внесения изменений, а также проблемы взаимодействия разработчиков, связанные с синхронизацией производимых ими изменений изделия.

Огромное число различных версий объектов требует отслеживания истории изменений. При коллективной разработке возникают сложности с регламентированием прав доступа по изменению и использованию данных проектирования. Если проработка различных вариантов детали не вызывает труда, то построение конечного варианта, в котором должны быть учтены лучшие решения из каждого варианта, приводит к необходимости повторного ввода данных, а значит, увеличивается вероятность возникновения ошибок и время проектирования.

Электронная модель производства — не статичное понятие, ее состав и структура изменяются в процессе жизненного цикла изделия: на каждом этапе к электронной модели добавляются новые компоненты (табл. 5).

Перечень и описание этих компонентов приводятся в международных стандартах *ISO*. В соответствии с *ISO 10303* электронная модель изделия как компонент электронной модели производства включает следующие блоки информации:

- геометрические данные (твердотельные поверхности с топологией, фасеточные поверхности и т.п.);
- информация о конфигурации изделия и административные данные (идентификаторы предприятия, данные о вариантах состава и структуры изделия, об изменениях конструкции, о документировании этих изменений и т.д.);
- инженерные данные, подготовленные с помощью различных программных продуктов в различных форматах (в том числе данные о функциональности — прочности, динамике, термодинамике и т.п.).

В состав перечисленных блоков могут входить следующие информационные объекты:

- трехмерная геометрическая (математическая) модель объекта — электронный носитель информации о геометрической форме объекта проектирования (детали). Модель также хранит в себе

Таблица 5

## Компоненты электронной модели производства

<b>Этапы жизненного цикла изделия</b>	<b>Информационные объекты, присоединяемые к электронной модели</b>
Маркетинговые исследования	Результаты маркетинговых исследований, перечень требований к проектируемому изделию
Концептуальное проектирование	Концепт-проект изделия
Дизайн - моделирование	Дизайн-модель изделия
Конструкторское проектирование	Трехмерные модели деталей и сборок изделия, компьютерные чертежи, инженерные расчеты
Создание прототипов элементов конструкции	5TL-модели деталей, управляющие программы для установки быстрого прототипирования
Разработка технологических процессов	Технологические процессы изготовления деталей и сборок. Данные о себестоимости изделия
Проектирование отливки	Электронная модель отливки
Проектирование технологической оснастки	Электронная модель технологической оснастки
Изготовление деталей на станках с ЧПУ	Управляющие программы для станков с ЧПУ
Контроль качества изготовления технологической оснастки	Управляющие программы для контрольно-измерительных машин, данные измерений, результаты сравнения
Другие этапы подготовки производства	

историю построения, что позволяет изменять форму поверхности или объемного тела методом изменений численных значений параметров или замены элементов, входящих в его историю;

- двумерный аналог трехмерной геометрической модели объекта — это проекция трехмерной модели на пространственную плоскость или сечение (разрез), которые являются основой для построения конструкторского чертежа;
- электронный макет изделия — совокупность взаимосвязанных трехмерных моделей деталей, узлов и систем изделия. Макет

аккумулирует в себе основной объем конструкторских данных об изделии: геометрические данные, информацию о взаимодействии деталей, узлов (кинематика, динамика), а также необходимую технологическую информацию;

- компьютерный чертеж — копия традиционного "бумажного" чертежа, входящего в комплект конструкторской документации;
- управляющая программа для станка с ЧПУ — набор управляющих инструкций в кодах станка с ЧПУ. Сопровождается расчетно-технологической картой;
- программа контроля — набор управляющих инструкций в кодах координатно-измерительной машины, предназначенных для контроля геометрии изделия;
- данные измерений — набор координат точек, кривых, поверхностей, полученных в результате измерений изготовленной детали на контрольно-измерительной машине. Оформляются в виде стандартного протокола.

Таким образом, трехмерная геометрическая модель изделия является:

- источником информации о геометрии детали/изделия;
- основой для получения конструкторской документации посредством двумерного аналога;
- объектом для проведения инженерного анализа и контрольно-измерительных работ;
- источником информации для разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- источником информации, которая может быть использована специалистами предприятия в процессе подготовки производства и изготовления детали/изделия.

Электронные модели — прекрасные полигоны для отработки проектных и производственных процессов. Гораздо быстрее, проще и дешевле вылавливать ошибки и несовместимости на моделях, чем на реальных изделиях. На уровне исследований, проработки вполне допустимы ошибки и просчеты, потому что конечная цель — создание структуры и технологии производства изделий с заданными параметрами.

Принципиально важный момент — *электронная модель производства есть интегрированные информационные модели продукции и процессов, которые не имеют прямых аналогов в традиционном бумажном документообороте и простейших формах электронного документооборота* (основанного на использовании электронных образов тех же бумажных документов).



Все этапы конструкторско-технологической подготовки производства (проектирование изделия и технологии, разработка технологической оснастки, создание управляющих программ для оборудования с ЧПУ) должны пройти через комплексную систему сквозного проектирования и изготовления. В единой среде создается сквозная интегрированная цепочка "конструкция изделия — конструкция, оптимизированная по результатам инженерного анализа — макетные образцы — технология — конструкция оснастки — управляющие программы для оборудования с ЧПУ".

Для описания производственных процессов в машиностроении используют распространенные методы динамического имитационного моделирования. Наиболее известен комплекс *Em-plant* фирмы *Technomatix*, который на основании имеющихся "статистических" моделей маршрутных и операционных технологических процессов рассчитывает характеристики потоков деталей и заготовок с учетом различных статистических факторов (простой и поломка оборудования, отклонения от заданной производственной программы и т.п.). Такие системы помогают балансировать производственные потоки с оптимизацией межоперационных заделов, определять реальную (динамическую) производительность участков, цехов, заводов, достоверно осуществлять долгосрочное и оперативное планирование, проводить диспетчеризацию производства.

Приведем несколько примеров ситуаций, в которых моделирование оказывается просто незаменимым.

1. Предположим, мы рассчитали минимальные допуски, необходимые для полного устранения брака, но подобные допуски трудно выдержать на производстве. Ничего страшного — имея модели, можно быстро рассчитать промежуточные варианты, которые окажутся экономически выгодными. Например, увеличив допуски в 1,5 раза, без серьезных дополнительных затрат можно сократить процент брака в 3,5 раза.
2. При проектировании деталей со сложной геометрией традиционными методами даже опытному конструктору не всегда удастся адекватно отобразить на чертеже все геометрические условия, корректно и однозначно проставить все необходимые размеры. Поэтому конструкторская документация часто содержит неточности, которые выявляются лишь при изготовлении продукции и устраняются путем дополнительных затрат времени и средств. Благодаря наличию модели эти проблемы выявляются и устраняются на этапе моделирования — экономятся время и деньги. Дополнительное время на моделирование стоит гораздо дешевле потерь времени и материалов в производстве.

3. Электронное моделирование можно выполнить по готовому изделию, созданному традиционным способом. Это не только позволяет выявить "скрытые" недостатки в конструкции изделия, но и обеспечивает (что особенно важно для автомобильной промышленности) сопряжение традиционных технологий создания внешнего дизайна с помощью моделей-макетов с современными компьютерными методами трехмерного моделирования.
4. С помощью моделирования (а не эмпирического нормирования!) технологических процессов можно объективно оценить требуемое количество режущего и вспомогательного инструмента (при моделировании оценивается реальное время работы соответствующего инструмента в производственном цикле) на всю программу выпуска и соответственно его стоимость. Это позволяет избежать как простоев из-за отсутствия нужного инструмента, так и сверхнормативных запасов инструмента — только на этом крупное предприятие может сэкономить сотни тысяч долларов.
5. Наличие трехмерной модели позволяет быстро создавать иллюстрированные маркетинговые материалы (каталоги, буклеты, учебно-технические плакаты) и компьютерные интерактивные руководства по изделиям. Например, иллюстрированный каталог должен содержать необходимые данные для эффективного обслуживания изделий, поиска неисправностей и обеспечения запасными частями в течение жизненного цикла изделий. Неотъемлемыми элементами каталога являются изометрические изображения всех составных частей изделия, дающие наиболее полное представление о его структуре. Сроки подготовки такого каталога благодаря наличию модели сокращаются в 2—3 раза, затраты — в 3—5 раз, но самое главное — быстрая подготовка и емкое содержание каталога производит благоприятное впечатление на заказчиков и играет важную роль при заключении контрактов.

К электронной модели изделия фактически перешли функции, принадлежавшие ранее комплектам конструкторской и технической документации, поэтому сегодня ее можно рассматривать в качестве основного объекта проектирования. Таким образом, *электронная модель изделия в рамках новых технологий, концепций и принципов проектирования приобретает новый статус — комплекта первичных документов о составе, структуре и свойствах самого изделия* (чертеж остается, но он становится вторичным, дополнительным документом). Эта модель является базой для структурированного описания процессов и участников жизненного цикла разрабатываемого

мого изделия. Только переход к электронной модели изделия как комплекту первичных документов позволяет сделать следующий шаг — перейти к модели машиностроительного производства в целом, позволяющей успешно решать задачи уже совсем другого уровня (с применением механизмов динамического имитационного моделирования). Эти задачи связаны с логистикой и внутрицеховыми перемещениями деталей и изделий, моделированием запасов, обеспечением связи с ERP-системами и т.д.

## Методология трех связанных проектов

*Только то и тревожит,  
Что грядущий режим  
Не испытан, не прожит,  
Но умом постижим.*

И. Бродский

Методология трех связанных проектов (экспериментальный проект, проект внедрения, индустриальный проект) — один из ключевых инструментов инженерного консалтинга, предложенных фирмой "Солвер". Именно она позволяет сбалансировать четыре этажа бизнеса машиностроительного предприятия (см. рис. 4), одновременно существенно снижая инвестиционные риски, связанные с техническим перевооружением предприятия.

*Экспериментальный проект* отвечает на вопрос "что делать?" (это обосновывающая стадия поисков, экспериментов, моделирования).

*Проект внедрения* отвечает на вопрос "как делать?" (здесь ошибки уже слишком дороги, строится технология в реальном производстве).

*Индустриальный проект* позволяет "делать бизнес" и делать деньги. На вопросы "что?" и "как?" мы уже ответили, надо выжать максимум из сотрудников, оборудования и программ, вернуть инвестиции, достичь рыночного лидерства.

Характеристики типов указанных проектов приведены в табл. 6.

Работа с предприятиями-клиентами начинается с экспериментального проекта, цель которого — продемонстрировать заказчику на примере его конкретной производственной проблемы возможности предлагаемого к закупке технологического оборудования и программного обеспечения, обеспечивающие сокращение сроков производства, повышение качества, сокращение затрат на выбранный вид продукции.

Таблица 6

## Характеристики трех типов проектов

Тип проекта	Время проведения	Результат проекта
Экспериментальный	До заказа и поставки оборудования и программного обеспечения	Электронная модель машиностроительного производства данного вида изделий, "виртуальное" производство
Внедрения	После поставки оборудования и программного обеспечения	Опытное машиностроительное производство конкретного вида изделий
Индустриальный	После внедрения оборудования и программного обеспечения	Полномасштабное машиностроительное производство

В ходе экспериментального проекта специалисты предприятия и инженерные консультанты:

- выбирают узлы и детали, которые представляют для предприятия наибольшую сложность в проектировании и изготовлении (естественно, выбор должен быть связан с возможностями и перспективами развития предприятия);
- оптимизируют конструкцию с учетом прочности, динамики и т.д.;
- оптимизируют технологию обработки деталей и управляющие программы для оборудования с ЧПУ, при необходимости изготавливают опытный образец изделия;
- моделируя процессы, устраняют самые "узкие" места в конструкторской и технологической подготовке производства выбранных узлов и деталей;
- оптимизируют производственные процессы.

В результате экспериментального проектирования работы заказчик получает ясную картину того, как и какими средствами (программными, технологическими, организационными) можно наиболее эффективно решить поставленные производственные задачи. Эти предложенные инженерными консультантами варианты решения всесторонне обсуждаются с руководителями предприятия в контексте "было — стало" с обязательной подробной оценкой ожидаемого технико-экономического эффекта.

По мнению руководства инженерно-консалтинговой фирмы "Солвер", экспериментальной комплексной отработке должны под-

вергаться все проекты, предлагаемые для каждого из этажей предприятия. С этой целью еще несколько лет назад фирма создала проектный и технический центры "Комплексные технологии автоматизации управления и производства". В проектном центре широко используются методы математического моделирования конструкций и процессов, а в техническом центре — натурального моделирования технологии обработки деталей на имеющемся оборудовании (из арсенала предлагаемой продуктовой линии). Предприятие-клиент, получая решения, должно быть уверено в реальности и эффективности их осуществления — до очень дорогих "экспериментов" с уже закупленным оборудованием и программным обеспечением.

В табл. 7 приведено несколько основных видов экспериментальных проектов и проектов внедрения.

Как правило, реальные проекты представляют собой комбинации перечисленных в табл. 7 видов:

- "1 + 2" — комплексная автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства;
- "1 + 2 + 3" — комплексная подготовка производства и производство.

Экспериментальный проект в принципе не может закончиться неудачей. Даже если требуемые параметры не будут достигнуты, это означает, что надо отказаться от данного состава оборудования и программного обеспечения и поискать другие варианты, при этом не будут выброшены на ветер значительные средства, не будет неоправданных ожиданий и потерь времени — разве это не положительный результат?

В ходе экспериментального проекта (до поставки!) инженерные консультанты должны доказать руководству предприятия-заказчика свою состоятельность, обязательность и основательность, чтобы у него была уверенность в полном соответствии параметров экспериментального проекта результатам последующего проекта внедрения.

*Пример из практики.* Предприятием было принято решение о закупке 4 станков с ЧПУ, каждый из которых при трехсменной работе имеет фонд машинного времени 5 тыс. часов в год, таким образом, всего предполагалось закупить мощностей на 20 тыс. часов в год. Однако трудоемкость изготовления всех деталей производственной программы, посчитанная инженерными консультантами в рамках первого варианта экспериментального проекта, составила 22 тыс. часов в год. Покупать пятый станок? Но он будет явно недозагружен (на 3 тыс. часов, или на 60%).

Таблица 7

**Виды экспериментальных проектов и проектов внедрения**

Вид проекта	Цель	Результат экспериментального проекта	Результат проекта внедрения
1. Конструкторский	Оптимизация конструкции изделия по различным критериям (потребительские свойства, издержки производства и т.п.) и организационного процесса проектирования	Экспериментальный прототип системы конструкторской подготовки производства — до поставки	Действующий прототип системы конструкторской подготовки производства — после поставки
2. Технологический	Оптимизация технологии изготовления изделия и организационного процесса разработки технологии	Экспериментальный прототип системы технологической подготовки производства — до поставки	Действующий прототип системы технологической подготовки производства — после поставки
3. Производственный	Оптимизация нового или существующего производства (путем модернизации)	Экспериментальный прототип системы производства — до поставки	Действующий прототип системы производства — после поставки

Инженерные консультанты предложили другое, более дешевое решение (в рамках второго варианта проекта) — приобрести дополнительную оснастку для 4 станков и сократить трудоемкость вспомогательных операций, снизив общую трудоемкость до 18,5 тыс. часов.

Важность оснастки часто недооценивается. Между тем турецкие предприятия легкой промышленности (кожевенной, обувной) в свое время закупили множество наших старых станков и теперь за счет современной оснастки вытесняют наших производителей с наших же рынков. Дополнительная оснастка позволяет сократить вспомогательное время, необходимое для переналадки оборудования, установки нового инструмента, смены оснастки и т.д., за счет чего сокращается и общее время изготовления изделия, так называемое штучное время.

В данном случае при стоимости одного дополнительного (пятого) станка примерно в 1 млн долл. дополнительная оснастка на все 4 станка обошлась в 300 тыс. долл., так что удалось, сэкономив средства, обеспечить выполнение производственной программы и полную загрузку дорогостоящего оборудования.

Вообще экспериментальный проект выполняет целый ряд функций — и для предприятия-заказчика, и для инженерных консультантов. Это прежде всего:

- полноценное изучение, диагностика предприятия-заказчика, его проблем и возможностей;
- настройка продуктовой линии инженерно-консалтинговой компании на конкретного заказчика (если это необходимо);
- организация проектных команд, отбор лучших специалистов, согласования целей и понятийного аппарата;
- "взаимная притирка" — своеобразный испытательный срок перед серьезной совместной работой на этапах поставки и внедрения;
- сокращение затрат на последующие проекты, стадии работы.

Результаты экспериментального проекта служат отправной точкой для следующего этапа — проекта внедрения. В ходе экспериментального проекта формируется представление о том, какие конкретно (по составу и количеству) технические и программные средства необходимы для достижения поставленной цели. Это дает возможность подготовить *обоснованную* спецификацию на поставку оборудования, оснастки, инструмента и программ.

Основными целями проекта внедрения являются:

- поставка и внедрение на предприятии заказчика выбранного оборудования и программного обеспечения;
- обучение специалистов заказчика работе с новым оборудованием и программными средствами;
- создание на предприятии новой организационной и технической структуры, обеспечивающей сокращение сроков производства, снижение затрат и повышение качества выбранного вида продукции.

Проект внедрения обязательно должен быть завершен в заданные сроки с заданной результативностью, потому что объект внедрения обязательно входит в производственный план предприятия. Другое дело, что, кроме выполнения плана, будет получено еще несколько значимых результатов: сам объект приобретет новое качество (готовность к модификации), а сотрудники — бесценный опыт реализации подобных новых эффективных процессов.

Один из принципов системы трех проектов — *развитие предприятия (при внедрении) не должно мешать процессу его функционирования*. Чтобы этого добиться, инженерные консультанты существенно расширяют сферу своей компетенции и, самое главное, сферу ответственности в совместном с заказчиком бизнес-процессе внедрения.

Другой принцип — *объективизация ситуации*. Нередко ответственные сотрудники предприятия-заказчика выбирают оборудование и программы, исходя из неких посторонних соображений:

- ангажированности конкретным поставщиком оборудования;
- нежелания каяться в прежних грехах;
- желания выглядеть "модным";
- желания "насолить" кому-то из коллег и т.д.

В совокупности все три проекта, задавая четкую систему координат результативности, лишают сотрудников возможности применять постороннюю "аргументацию", резко снижают уровень сознательной или несознательной дезинформации.

Установив современное оборудование, программные средства и отладив на этапе проекта внедрения технологию, предприятия-заказчики получают мощный инструмент для реализации стоящих перед ними перспективных производственных задач.

За проектами внедрения следуют индустриальные проекты. К этому времени предприятие уже имеет действующий прототип (фактически — опытное производство), команду обученных специалистов, опыт реализации проектов, поэтому в индустриальных проектах (в отличие от экспериментальных и проектов внедрения, где роль консультантов трудно переоценить) основную нагрузку специалисты предприятия берут на себя. Инженерных консультантов приглашают для решения оперативных производственных задач, когда необходимы дополнительные технические средства и инженерный опыт.

На крупных предприятиях, имеющих широкий ассортимент продукции, все три типа проектов могут идти и параллельно: по одним изделиям — экспериментальные, по другим — внедрения, по третьим — индустриальные. При этом будет накапливаться опыт проектного управления, формироваться новые проектные команды.

Особо отметим, что только экспериментальный проект (даже успешный) не приносит ощутимого экономического эффекта, он лишь позволяет оценить возможность достижения этого эффекта, дает (на модели) объективную картину возможных технико-экономических показателей и позволяет выбрать лучший вариант. Гораздо важнее система проектов, которая сопровождает технические и организационно-структурные изменения — от момента фиксации годовой программы до получения эффективного производства и конку-



рентоспособных изделий, дает определенные гарантии (им мы посвятили последний раздел данной главы).

Классические консультанты обычно ограничиваются электронной моделью (это в лучшем случае, в худшем — "книжными" рекомендациями), которая передается заказчику (нате — любуйтесь!). Основная же цель инженерного консалтинга — создание структуры, которая воплощает эту электронную модель в реальном производстве, поддерживает и сопровождает производство, дает гарантии, что реальная жизнь будет соответствовать модели (и наоборот).

*Вся методология трех проектов — это перенос возможных (и даже неизбежных) ошибок на более ранние стадии, когда их гораздо быстрее и дешевле можно поправить.* В экспериментальных проектах ошибаться можно и нужно (это "тренировки", генеральные репетиции), в проектах внедрения и промышленных проектах, которые существуют в координатах реального производства, ошибки уже недопустимы, они обойдутся слишком дорого.

Авторам представляется весьма показательной табл. 8, отображающая трудовые затраты специалистов фирмы "Солвер" на экспериментальные проекты (ЭП) и проекты внедрения (ПВ), завершённые в 2005 году.

Некоторые *выводы* из этой таблицы:

1. Далеко не все проекты переходят от экспериментальной стадии к стадии внедрения. И это связано не только с временными задержками (циклы технического перевооружения достаточно велики и нередко выходят за пределы года), но и с целым рядом субъективных факторов:
  - во-первых, руководство машиностроительных предприятий нередко считает, что экспериментальный проект (особенно когда он реализуется инженерными консультантами бесплатно) дает вполне достаточный материал для того, чтобы продолжить дальнейшую работу собственными силами, без привлечения консультантов. Оно не понимает, что без рассмотренной далее методологии (создания проектной группы, нормативной базы и т.д.), без большого опыта реализации подобных проектов "самодеятельность" практически обречена на неудачу;
  - во-вторых, проект внедрения связан с серьезной организационной и психологической перестройкой: нередко приходится заменять руководителей и специалистов на важнейших участках производства и его подготовки, изменять систему целеполагания, мотивации и производственных отношений. Если первые лица предприятия не хотят или не го-

Таблица 8

Трудовые затраты на реализацию проектов в 2005 г.

Вид проекта (см. табл. 7)	Количество проектов			Трудовые затраты, человеко-дни				
				Фактические			Средние (на проект)	
	ЭП	ПВ	Всего	ЭП	ПВ	Всего	ЭП	ПВ
1. Конструкторско-технологический	4	13	17	256	280	536	64	22
2. Производственный (мехобработка деталей)	54	17	72	1370	1970	3340	26	116
3. Производственный (штамповка деталей)	3	1	4	54	173	227	18	173
4. Конструкторско-технологический и производственный	3	7	10	157	676	833	53	97
<b>Итого</b>	<b>74</b>	<b>18</b>	<b>102</b>	<b>1837</b>	<b>3099</b>	<b>4936</b>	<b>29</b>	<b>82</b>

товы принимать активное участие в этом процессе (например, через механизм управляющего совета, описанный в разделе "Новые организационные формы"), проект внедрения не начинается.

- Трудоемкость проекта внедрения в среднем в 4 раза превышает трудоемкость экспериментального проекта. Однако эта средняя цифра не очень информативна, потому что трудоемкости этих проектов в области подготовки производства практически совпадают, а в области производства различаются в 6 раз (!). Общая трудоемкость проектов в области производства более чем в 2 раза выше, чем в области подготовки производства. Поэтому и соответствующее производственное подразделение фирмы "Солвер" вынуждено иметь значительно больше специалистов, чем подразделение САПР.
- Достаточно трудно входят в жизнь современные технологические инновации. Так, число экспериментальных проектов, связанных с обработкой давлением, более чем в 5 раз меньше числа проектов, основанных на мехобработке — обработке резанием. Люди привыкли к старому оборудованию, старым технологиям, хотя предлагаемые здесь технологии позволяют получать более точные заготовки и уменьшать объемы работы "на стружку".

Методология трех проектов не обещает чуда, придется тратить время, деньги, силы. Есть опробованная технология восхождения на вершину успеха, но вертолеты туда не летают. Примерам реализованных проектов, успешных и проблемных, мы посвятим специальную главу "Проекты: описания и выводы".

Методология связанных трех проектов возникла не на пустом месте. Она базируется на новом взгляде на производство с точки зрения этапов, или стадий, его жизненного цикла.

**Маркетинг.** Изучение рынка средств создания производственных возможностей, адекватных рынку изделий, и формирование будущего облика этих возможностей.

**Внедрение.** Выход на запланированные показатели создаваемых производственных процессов.

**Эксплуатация.** Поддержание и контроль запланированных показателей созданных производственных процессов.

**Утилизация.** Прекращение существующих неэффективных производственных процессов и последующий переход через маркетинг к новым, более прогрессивным производственным процессам.

Предложенная модель совершенствования производства создана для целенаправленного повышения эффективности производственных возможностей машиностроительного предприятия и работает на всех стадиях (этапах) этого жизненного цикла (маркетинг, внедрение, эксплуатация, утилизация):

- экспериментальный проект используется как основной инструмент **маркетинга** для выбора наиболее эффективного варианта производства;
- проект внедрения создает организационную среду для скорейшего **внедрения** новых производственных процессов с выходом на начало запланированной результативной деятельности, параметры которой были определены экспериментальным проектом;
- индустриальный проект поддерживает **эксплуатацию** внедренных производственных процессов в рамках созданной при внедрении нормативной базы и контролирует экономические показатели производства, заданные на этапе экспериментального проекта (и подтвержденные на этапе проекта внедрения). Важно отметить, что экспериментальный проект связан с решением исключительно технических и экономических вопросов (какие технологии нужны, какова стоимость их приобретения, каков срок окупаемости и т.д.). Проект внедрения уже не ограничивается техническими вопросами, а вынужден затрагивать и вопросы организационные (создаются проектные группы, управляющий совет, нормативная база, проводится сертифи-

кация специалистов — об этом речь в одном из следующих разделов). Но только индустриальный проект ставит вопросы организации производства во главу угла;

- индустриальный проект определяет также момент начала неэффективной эксплуатации производственных процессов (падение запланированной экономии или прибыли, например, в связи с резким ростом заработной платы) и активизирует новый экспериментальный проект по поиску более эффективного производства. При этом существующее неэффективное производство постепенно утилизируется (продается малопродуктивное оборудование, сокращается персонал).

Главное, не упустить период, когда уже выгоднее заканчивать инвестиции в поддержание технического состояния имеющегося оборудования (модернизация, ремонт) и направлять финансовые средства на приобретение нового оборудования, дающего выход на новый уровень рентабельного производства. Таким образом, имеет место дилемма, связанная с техническим перевооружением машиностроительных предприятий, — что лучше: тратить средства на поддержание старых технологий или вкладывать эти средства в новые? Индустриальный проект в сочетании с экспериментальным дают ответ на данный вопрос.

Описанное воздействие предложенной модели на все указанные этапы жизненного цикла производственных возможностей предприятия определяет ее новизну и уникальные конкурентные преимущества в сравнении с известными подходами.

В процессе создания нового производства особое значение имеет расчет необходимых инвестиций и периода их окупаемости (вся эта работа выполняется в рамках экспериментального проекта).

## Расчетный период окупаемости инвестиций

Расчетный период окупаемости инвестиций  $T_{ок,р}$  на приобретение оборудования для осуществления технического перевооружения предприятия с переходом на новые технологии определяется как

$$T_{ок,р} = \frac{C_{об}}{\mathcal{E}_T}, \quad (1)$$

где  $C_{об}$  — контрактная стоимость приобретаемого оборудования;

$\mathcal{E}_T$  — экономия затрат (в единицу времени исчисления периода окупаемости, например в год) при переходе от старых (существующих) технологий изготовления к новым технологиям за счет

сокращения трудоемкости, снижения энергопотребления, высвобождения производственных площадей. Экономия  $\mathcal{E}_T$  зависит от достигаемого сокращения (в единицу периода окупаемости) штучного времени изготовления деталей (элементов продукции)  $\Delta T_{шт.}$  и сокращения количества единиц оборудования  $\Delta N_o$ :

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_T &= \mathcal{E}_T(\Delta T_{шт.}, \Delta N_o) = S_{T,1} - S_{T,2} = \\ &= \Delta T_{шт.} \cdot \left( Z_p + \frac{K_{нр}}{100} \cdot Z_p \right) + \Delta T_{шт.} \cdot P_{см.} \cdot S_{кВт\cdotч} + \Delta N_o \cdot F_{см.} \cdot K_F + \Delta R, \end{aligned} \quad (2)$$

- где  $S_{T,1}$  — существующая технологическая себестоимость изготовления (в единицу периода окупаемости);
- $S_{T,2}$  — новая технологическая себестоимость изготовления (в единицу периода окупаемости);
- $Z_p$  — заработная плата основных рабочих за 1 нормо-час;
- $K_{нр}$  — процент накладных расходов на предприятии, линейно уменьшающихся при высвобождении основных рабочих (обычно принимается равным 200%);
- $P_{см.}$  — усредненная мощность одного станка;
- $S_{кВт\cdotч}$  — стоимость 1 кВт-ч электроэнергии;
- $F_{см.}$  — усредненная площадь, занимаемая одним станком, с учетом возможности его обслуживания;
- $K_F$  — затраты на содержание 1 м<sup>2</sup> производственной площади (налоги и т.д.);
- $\Delta R$  — разница затрат на режущий инструмент (в единицу времени исчисления периода окупаемости).

Экспериментальный проект работает в основном с электронной моделью машиностроительного производства, на основе которой получают наиболее достоверные оценки расчетного срока окупаемости инвестиций в новое оборудование (в гл. 4 это будет показано на примере конкретных проектов). Но экспериментальный проект — это несколько человеко-месяцев работы, а предприятие очень часто нуждается в экспресс-оценке, пусть не такой точной, но позволяющей оценить порядок инвестиций и (пусть очень примерно) сроки окупаемости.

Идя навстречу многочисленным пожеланиям предприятий, была разработана специальная методика экспресс-оценки (которая может быть выполнена за несколько дней!) объема инвестиций и срока окупаемости, а также иных параметров создаваемого производства на первой фазе экспериментального проекта. Пример применения этой методики приведен в табл. 9.

Таблица 9

**Экспериментальный проект.**  
**Предварительная оценка экономии и расчетного периода окупаемости**

№ п/п	Наименование данных	Определение данных	Реальный пример (ОАО «Электромашина», г. Челябинск)
<b>ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ</b>			
1.	Существующая месячная трудоемкость изготовления деталей $T_{шт,1}$ , ч	1/12 от штучного времени изготовления деталей заданной номенклатуры по годовой производственной программе	174 157 час / 12 = 14 513
2.	Количество наименований деталей в производственной программе	Справочная информация	705
3.	Существующее количество единиц оборудования $N_1$ , шт.	Учитывается оборудование, используемое в маршрутной технологии	80
4.	Существующая численность основных рабочих $n_1$ , чел.	Общее количество операторов станков (по всем сменам)	85
5.	Стоимость 1 нормо-часа $Z_p$ , руб.	40 ... 80	70
<b>РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ</b>			
1.	Новая месячная трудоемкость изготовления деталей $T_{шт,2}$ , ч	$T_{шт,2} \approx \frac{T_{шт,1}}{4}$ ← Среднее снижение трудоемкости (из опыта SOLVER)	14513 / 4 = 3628
2.	Требуемое количество единиц нового оборудования $N_2$ (шт.) при коэффициенте загрузки 0,8 и месячном фонде $\Phi_0$ (ч) (170 ч – 1 смена, 340 – 2, 510 – 3)	$N_2 = \frac{T_{шт,2}}{0,8 \cdot \Phi_0}$	3628 / (0,8 · 340) = 13
3.	Ориентировочная стоимость нового оборудования $C_{об}$ , руб.	$N_2 \times$ (150 000 \$ – Hardinge, Romi 400 000 \$ – Kitamura, 600 000 \$ – Nakamura-Tome)	13 · 150 000 · 28 руб./\$ = <b>= 54 600 000</b>
4.	Экономия технологической себестоимости изготовления за месяц $\mathcal{E}$ , руб.	<p>Накладные расходы 200% ↓</p> $\mathcal{E}_T = (T_{шт,1} - T_{шт,2}) \cdot 3 \cdot Z_p +$ <p>Средняя мощность станка, кВт ↓ Стоимость 1 кВт·час, руб. ↓</p> $+ (T_{шт,1} - T_{шт,2}) \cdot 13 \cdot 1,2 +$ <p>Площадь под 1 станок, м² ↓ Налог за 1 м², руб. ↓</p> $+ (N_1 - N_2) \cdot 10 \cdot 100$	$(14513 - 3628) \cdot 3 \cdot 70 +$ $+ (14513 - 3628) \cdot 13 \cdot 1,2 +$ $+ (80 - 13) \cdot 10 \cdot 100 =$ $= 2\,285\,850 + (90\%)$ $+ 169\,806 + (7\%)$ $+ 67\,000 (3\%)$ <b>= 2 522 656</b>
5.	Расчетный период окупаемости оборудования $T_{ок}$ , мес.	$T_{ок} = \frac{C_{об}}{\mathcal{E}}$	$T_{ок} = \frac{54\,600\,000}{2\,522\,656} = 22$ <b>(1 год 10 мес.)</b>
6.	Новая численность основных рабочих $n_2$ , чел.	$n_2 = \frac{T_{шт,2}}{170}$	$\frac{3628}{170} = 21$
7.	Сокращение месячной трудоемкости изготовления деталей $\Delta T_{шт}$ , ч	$\Delta T_{шт} = T_{шт,1} - T_{шт,2}$	14513 – 3628 = 10885
8.	Сокращение численности основных рабочих $\Delta n$ , чел.	$\Delta n = n_1 - n_2$	85 – 21 = 64
9.	Сокращение количества единиц оборудования $\Delta N_0$ , шт.	$\Delta N_0 = N_1 - N_2$	80 – 13 = 67
10.	Сокращение производственных площадей $\Delta F$ , м²	$\Delta F = (N_1 - N_2) \cdot 10$ ↓ Площадь под 1 станок, м²	(80 – 13) · 10 = 670

## Фактический период окупаемости инвестиций и фактическая стоимость нового оборудования

Фактический период окупаемости инвестиций  $T_{ок, ф}$  определяется с учетом дополнительных затрат в течение срока внедрения новых технологий производства  $\Delta T$ , обеспечивающих снижение трудоемкости ( $\Delta T_{шт.}$  в (2)):

$$T_{ок, ф} = \frac{C_{об} + \Delta T}{\mathcal{E}_T}. \quad (3)$$

Дополнительные затраты  $\Delta T$  в (3) есть, по-существу, недополученная предприятием экономия за период внедрения (освоения) новых технологий  $T_{вн}$ , в течение которого происходит переход от существующих технологий к новым: новые технологии полноценно начинают работать только **после завершения** процесса внедрения. Тогда

$$\Delta T = \mathcal{E}_T \cdot T_{вн}. \quad (4)$$

Из (1) следует:

$$\mathcal{E}_T = \frac{C_{об}}{T_{ок, р}}. \quad (5)$$

Подстановкой  $\mathcal{E}_T$  из (5) в (4) получим:

$$\Delta T = \frac{C_{об}}{T_{ок, р}} \cdot T_{вн} \quad (6)$$

или

$$\Delta T = C_{об} \cdot \frac{T_{вн}}{T_{ок, р}}. \quad (7)$$

Тогда фактический срок окупаемости по (3) может быть представлен в виде:

$$\Delta_{ок, ф} = \frac{C_{об} + C_{об} \cdot \frac{T_{вн}}{T_{ок, р}}}{\mathcal{E}_T}. \quad (8)$$

Сравнивая (1) и (8), можно принять, что фактический срок окупаемости возрастает как бы за счет роста стоимости оборудования на некоторую величину  $\Delta C$ :

$$\Delta C = C_{об} \cdot \frac{T_{вн}}{T_{ок, р}}. \quad (9)$$

Теперь можно ввести новое понятие "фактическая (или экономическая) стоимость оборудования" --  $C_{об,ф}$ :

$$C_{об,ф} = C_{об} + \Delta C = C_{об} + C_{об} \cdot \frac{T_{вн}}{T_{ок,р}} = C_{об} \left( 1 + \frac{T_{вн}}{T_{ок,р}} \right) = C_{об} \cdot \frac{T_{вн} + T_{ок,р}}{T_{ок,р}}. \quad (10)$$

Тогда по (8) и (10):

$$T_{ок,р} = \frac{C_{об}}{\mathcal{E}_T}, \quad (И)$$

С другой стороны, согласно (3) и (4):

$$T_{ок,ф} = \frac{C_{об} + (\mathcal{E}_T \cdot T_{вн})}{\mathcal{E}_T} = \frac{C_{об}}{\mathcal{E}_T} + T_{вн}, \quad (12)$$

где

$$\frac{C_{об}}{\mathcal{E}_T} \text{ есть } T_{ок,р} \text{ по (1).}$$

Тогда:

$$T_{ок,ф} = T_{ок,р} + T_{вн}. \quad (13)$$

Сравнивая (11) и (13), получим:

$$\frac{C_{об,ф}}{\mathcal{E}_T} = T_{ок,ф} + T_{вн}, \quad (14)$$

откуда

$$C_{об,ф} = \mathcal{E}_T (T_{ок,р} + T_{вн}). \quad (15)$$

Таким образом, введенная фактическая стоимость оборудования по (10) равна сумме достигаемой экономии производственных затрат за расчетный период окупаемости и потерь за период внедрения.

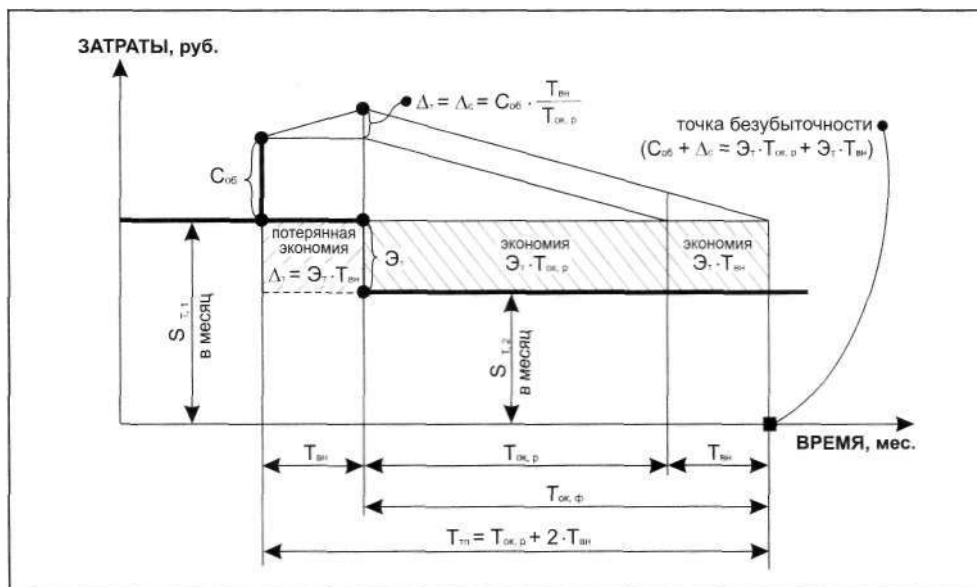
Проанализируем  $C_{об,ф}$  по (10) при различных соотношениях значений  $T_{ок,р}$  (расчетный период окупаемости) и  $T_{вн}$  (период внедрения).

Например, при расчетном периоде окупаемости  $T_{ок,р} = 3$  года (36 месяцев) и периоде внедрения  $T_{вн} = 12$  месяцев получим:

$$C_{об,ф} = C_{об} \cdot \frac{12 + 36}{36} = 133\% \cdot C_{об}. \quad (16)$$

Согласно (16) при внедрении новых технологий в течение 12 месяцев, что достаточно характерно для традиционных подходов совершенствования предприятий, фактические затраты на приобретенное оборудование возрастают на 33% (!).





**РИС. 15.** Графики зависимостей основных показателей в период техперевооружения предприятия

С использованием методологии инженерного консалтинга период внедрения сокращается, как правило, до 3 месяцев. Тогда получим:

$$C_{об,ф} = C_{об} \cdot \frac{3+36}{36} = 108\% \cdot C_{об}. \quad (17)$$

Разница  $C_{об,ф}$  по (16) и (17) составляет 25% (!) от контрактной стоимости оборудования  $C_{об}$ , что свидетельствует о критическом влиянии рассматриваемых подходов на фактическую стоимость оборудования (размер инвестиций).

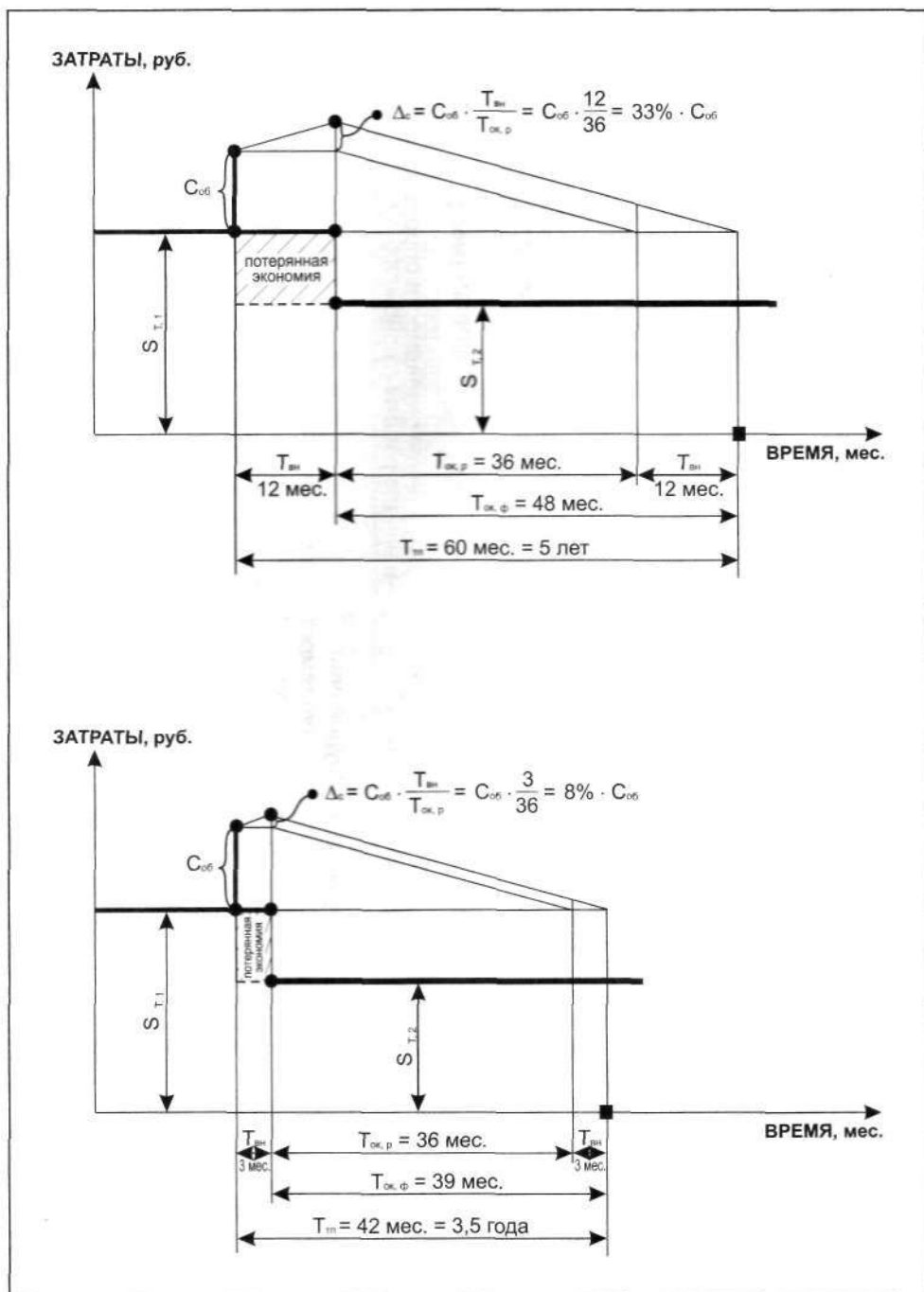
На рис. 15 в координатных осях "затраты — время" показаны графики зависимостей (1) — (17). Эти графики иллюстрируют также, что время от точки начала внедрения новых технологий производства до точки безубыточности (когда окупаются все предыдущие затраты и начинается работа с чистой экономией  $\mathcal{E}_T$ ), которое справедливо можно назвать периодом технического перевооружения предприятия  $T_{ТП}$ , равно

$$T_{ТП} = T_{ок,р} + 2T_{об}, \quad (18)$$

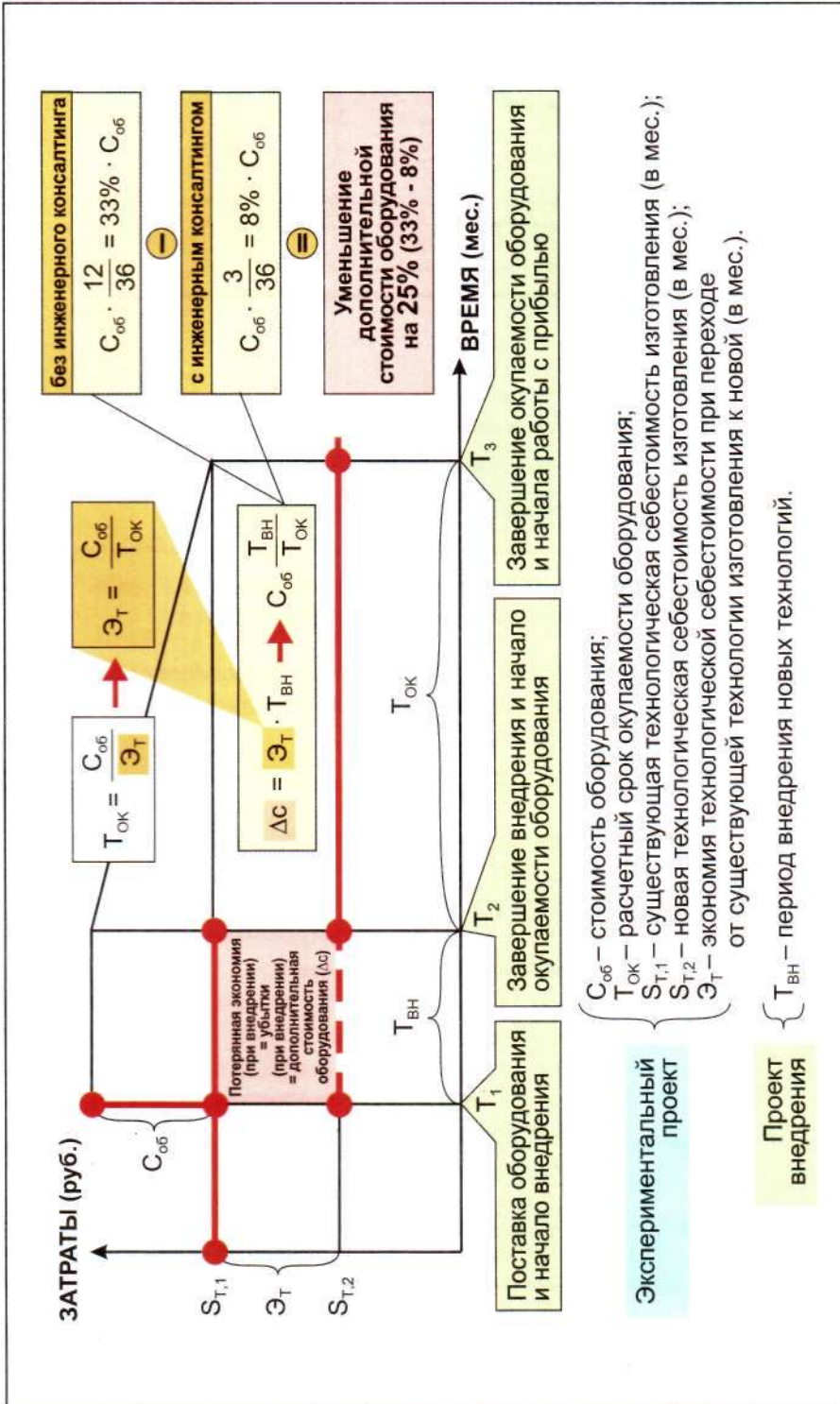
где:  $T_{ок,р}$  — расчетный период окупаемости (см. (1));

$T_{об}$  — период внедрения новых технологий (см. (3) и (4)).

При техническом перевооружении предприятия на основе традиционных подходов графики приобретают вид, как на рис. 16, а, а по методологии инженерного консалтинга — как на рис. 16, б.



**РИС. 16.** Варианты технического перевооружения предприятия на основе традиционных подходов (а) и по предлагаемой методологии инженерного консалтинга (б)



**Рис. 17. Проект внедрения. Дополнительные затраты на приобретенное оборудование в период его внедрения**

Таким образом, методология инженерного консалтинга обеспечивает снижение фактической стоимости оборудования на 25% и сокращение периода технического перевооружения с 5 лет до 3,5 года, т.е. на 30% (см. рис. 17).

## Влияние модели трех связанных проектов на эффективность совершенствования производства

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ являются фундаментальной основой для выбора оптимального варианта производственных возможностей с максимальной экономией ( $\mathcal{E}_T$ ) производственных затрат за счет сокращения ( $\Delta T_{шт.}$ ) штучного времени изготовления. Штучное время изготовления по существующей технологии производства и рассматриваемым вариантам новой технологии (реализуемой предлагаемым набором оборудования) определяется на основе математического моделирования процессов изготовления средствами программного обеспечения САПР.

В принципе вместо  $\mathcal{E}_T$  по (2) на этапе экспериментального проекта могут рассматриваться целевые функционалы дополнительной прибыли или роста объема продаж как функции от штучного времени изготовления, от количественных характеристик качества (надежность, долговечность и т.д.).

При этом следует подчеркнуть, что и на достижение минимального штучного времени изготовления, и на характеристики качества изделий прямо влияют процессы подготовки производства (конструкторское и технологическое проектирование), которые тоже моделируются на этапе экспериментального проекта (моделируется как само изделие, так и процессы его конструкторской и технологической разработки).

В итоге экспериментальные проекты позволяют достоверно **минимизировать** расчетный период окупаемости инвестиций, требуемых для совершенствования производства —  $T_{ок,р}$  по (1).

Достигнутый минимальный расчетный период окупаемости инвестиций (в создание производства) — это интегральный бизнес-результат экспериментального проекта, определяющий эффективное достижение цели совершенствования производства (сроки, качество, затраты). Данный бизнес-результат является **достоверным** и, главное, **достижимым** (на последующих связанных проектах: внедрения и индустриальном).

Традиционные методы не дают подобного интегрального бизнес-результата, а обращаются к системе оценок, достоверность и достижимость которых не всегда гарантирована.

**ПРОЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ** нацелены на минимизацию периода внедрения ( $T_{вн}$ ) и как следствие минимизацию фактической стоимости оборудования ( $C_{об,ф}$  по (10)), приобретаемого на основе маркетинговых рекомендаций, формируемых экспериментальными проектами. Ниже приводятся сравнительные оценки проекта внедрения и традиционных подходов.

1. Проект внедрения основан на результатах предшествующего поставке экспериментального проекта: разработке оптимальной технологии изготовления деталей, моделировании (в программных комплексах подготовки управляющих программ для станков) их оптимальной обработки. Экспериментальный проект выполняется **до поставки технологического оборудования** и, таким образом, значительно сокращает последующий период внедрения, требующий разработки и оптимальной технологии, и оптимальных ЧПУ-программ.

При традиционных подходах поиск оптимальной технологии осуществляется после поставки — при внедрении оборудования, что значительно удлиняет этот процесс, который может завершиться и вовсе неутешительным выводом: "купили не совсем то или совсем не то оборудование для производства данных изделий". Будет напрасно потрачено дорогое время внедрения (и напрасно потрачены средства на приобретение этого оборудования).

2. Проект внедрения создает действующий прототип нового производства, основанный на тщательно проработанной на предварительном этапе экспериментального проекта номенклатуре изделий (и их производственной программе) с обязательным выделением **ограниченного количества** групп однотипных деталей и их деталей-представителей. По этим малочисленным деталям-представителям создаются типовые бизнес-процессы производства деталей всей многочисленной номенклатуры изделий. Поскольку количество деталей-представителей существенно меньше исходного количества всех деталей производственной номенклатуры, то период внедрения резко сокращается без какого-либо ущерба качеству процесса внедрения: по мере внедрения технологий на детали-представители происходит переход на освоенные таким образом новые технологии изготовления **всех** деталей соответствующих групп. При этом новое производство деталей группы может начинаться сразу после освоения ее детали-представителя, не дожидаясь окончания процесса внедрения по остальным деталям-представителям, что тоже значительно сокращает период внедрения.

Напротив, традиционная работа без правильно организованного проекта внедрения — это "веерная" работа со всей номенклатурой деталей (по текущим производственным планам), так

что период внедрения резко возрастает: тратятся ресурсы на освоение нового производства многочисленных однотипных деталей.

3. В проекте внедрения важнейшим методологическим звеном является создаваемая нормативная база по бизнес-процессам нового производства деталей-представителей, что в сочетании с сертификацией специалистов предприятия на владение этими нормативными процессами обеспечивает устойчивый и, главное, необратимый переход к новым технологиям производства.

Традиционно нет такой жестко "навязываемой" нормативной базы, из-за чего происходит частичный откат на "удобные", давно освоенные старые технологии, т.е. движение в сторону нового производства носит прерывистый характер и как результат период внедрения затягивается (иногда на годы).

4. Проект внедрения имеет выстроенную и проверенную опытом работы с передовыми предприятиями организационную структуру. Специалисты предприятия и инженерные консультанты совместно работают по тематике внедрения в проектных группах, состав которых, как и решаемые задачи, определяется приказом директора предприятия. Контроль состояния внедрения осуществляется управляющим советом во главе с директором предприятия, в который входят руководители всех производственных подразделений, участвующих в бизнес-процессах внедрения. Таким образом, создается четкий план действий во времени специалистов по внедрению новых технологий и вводится механизм контроля результатов этих действий в четкие сроки утвержденного периода внедрения.

Без такой специальной организационной структуры процесс внедрения традиционно носит хаотический характер: разносы на оперативных совещаниях у руководства ("почему так долго и плохо") и "пожарные" активные действия в цехе после них (до следующего разноса). Конечно, период внедрения затягивается ввиду такой неуправляемости.

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ поддерживают и контролируют эксплуатацию достигнутых при внедрении производственных возможностей с экономией производственных затрат на запланированном уровне ( $\mathcal{E}_T$  по (2)) как в течение фактического периода окупаемости ( $T_{ок, ф}$ ), так и после него.

На этапе индустриального проекта обязательно контролируется соблюдение созданной (на предшествующем этапе внедрения) нормативной базы по бизнес-процессам производства (см. раздел "Нормативная база").

Если нормативная база строго соблюдается, а экономия (или прибыль) уменьшается, то по результатам индустриального проекта принимается решение о создании новых производственных возможностей,

более адекватных рынку. При этом инициируется **новый** экспериментальный проект для достоверной оценки этих **новых** возможностей.

На этапе индустриального проекта контроль соответствия технических процессов производства созданной на этапе проекта внедрения нормативной базе, безусловно, является организационным моментом, но далеко не единственным.

Теперь, когда техническая база (в ходе экспериментального проекта и проекта внедрения) полностью подготовлена к выпуску конкурентоспособной продукции с заданными параметрами, особое значение приобретает человеческий фактор, организация производственных отношений.

Если индустриальный проект не нацелен на серьезные изменения в организации производства, рассчитанный срок окупаемости не будет достигнут и вместо ожидаемой экономии предприятие может "влететь" в убытки. При этом не важно, на какую конкретно организационную модель или теорию будет опираться индустриальный проект — на "бережливое производство", пришедшее к нам от японских компаний, прежде всего "Тойоты", или на теорию ограничений Э. Голдратта [39], или на "20 ключей" Кобаяси [41].

Инженерный консалтинг — открытая методология, которая в каждом конкретном случае рекомендует один или несколько вариантов выбора подходящей для данного предприятия и данной отрасли базовой методологии.

Завершение работы с предприятием на этапе проекта внедрения или попытка избежать организационных преобразований в ходе индустриальных проектов приводит к тому, что принятые на многих предприятиях "котловой" учет затрат и так называемая единая себестоимость нормо-часа по заводу приводят к парадоксальному выводу о ненужности всяческих новых технологий и даже их убыточности. Таких примеров авторы накопили более чем достаточно.

Почему-то считается, что вопросы внедрения нового оборудования и новых технологий могут быть успешно решены службой технического директора, главного инженера или директора по производству, а все остальные службы и подразделения предприятия могут продолжать работать в прежнем режиме. Авторы совершенно уверены, что это ошибочная точка зрения. **Без перестройки управленческого этажа "пирамиды" предприятия, в том числе экономической службы, финансовой службы, службы контроля качества и др., требуемый результат на производстве не может быть получен.**

Если пользоваться старыми экономическими моделями и категориями, доставшимися нам в наследство от развитого социализма, то получается, что цех, оснащенный новым оборудованием и выпускающий сложнейшие детали, работает в убыток, даже если не пла-

тить заработную плату рабочим и не тратить деньги на режущий инструмент (поскольку принятые схемы учета амортизации оборудования способны уничтожить любой реальный эффект).

Кроме того, совершенно по-новому в условиях современных технологий смотрятся такие привычные на многих предприятиях вещи, как отсутствие оператора, отсутствие или низкое качество заготовок, использование дешевого и нестойкого режущего инструмента, произвольный выбор операторами режимов резания, недопустимо длительные и никем не контролируемые сроки наладок и переналадок оборудования. Простой дорогостоящего оборудования по различным организационным причинам достигают 20—30% рабочего времени.

Модными являются и такие старые "трюки", как увеличение норматива на штучное время изделия на 20 — 30, а то и на 50% в сравнении с достигнутым значением на этапе проекта внедрения (на которое был сертифицирован персонал). Игра этим нормативом позволяет скрывать непроизводительные простои, неэффективное использование оборудования (что уж там говорить о многостаночном обслуживании!) и при этом платить определяемую рынком труда заработную плату — фактически за невыполненную работу.

Вот это реальные убытки — о запланированной экономии и рассчитанных сроках окупаемости в такой ситуации можно забыть. И тут уже никакая умная техника в борьбе с нежеланием менеджеров изменять ситуацию не спасет, предприятию нужно планомерно заниматься организационными вопросами — самостоятельно или с помощью инженерных консультантов, имеющих опыт реализации индустриальных проектов.

На рис. 18 показана предлагаемая модель связанных трех проектов (методологическая модель инженерного консалтинга) с указанием основных характеристик производств, которые эта модель системно определяет.

## Управление рисками и затратами в системе трех взаимосвязанных проектов

Давайте рассмотрим стадии жизненного цикла производства в координатах "Степень риска принятия неэффективных решений — Текущие затраты на данной стадии" (рис. 19).

На стадии маркетинга нового производства (анализ рынка новых технологий, изучение поставщиков, подбор оборудования, программного обеспечения) затраты сравнительно невелики, зато риски принятия ошибочных решений максимальны, потому что эти решения затем практически невозможно исправить.



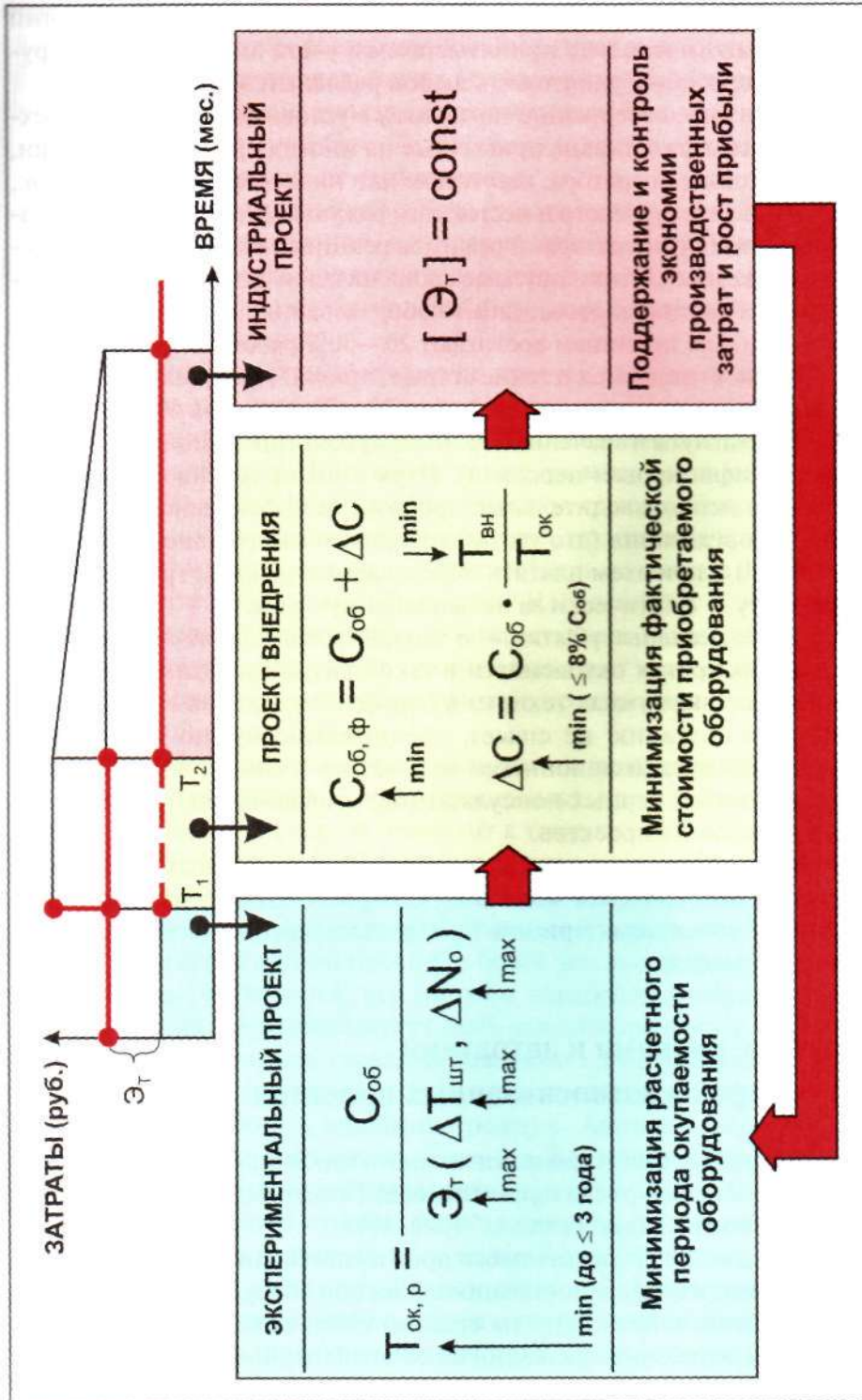
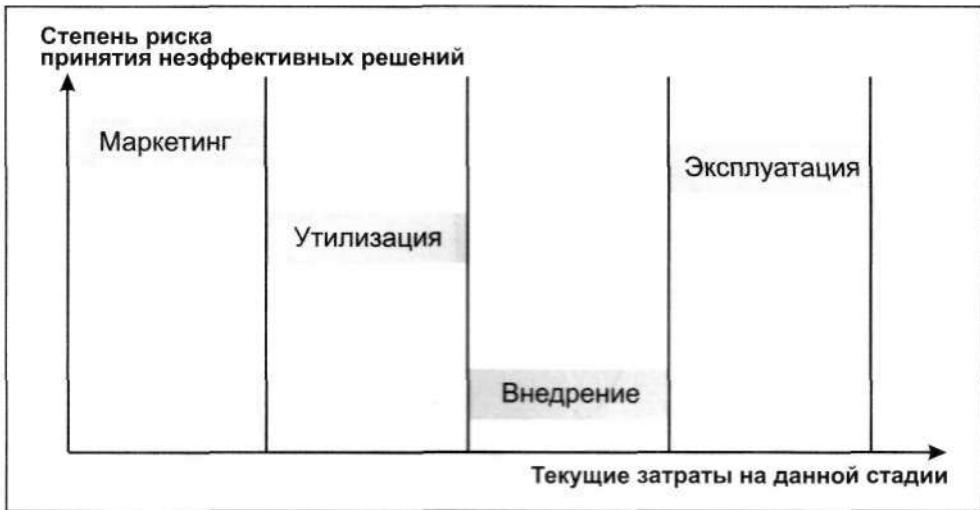


Рис. 18. Система "Три проекта"



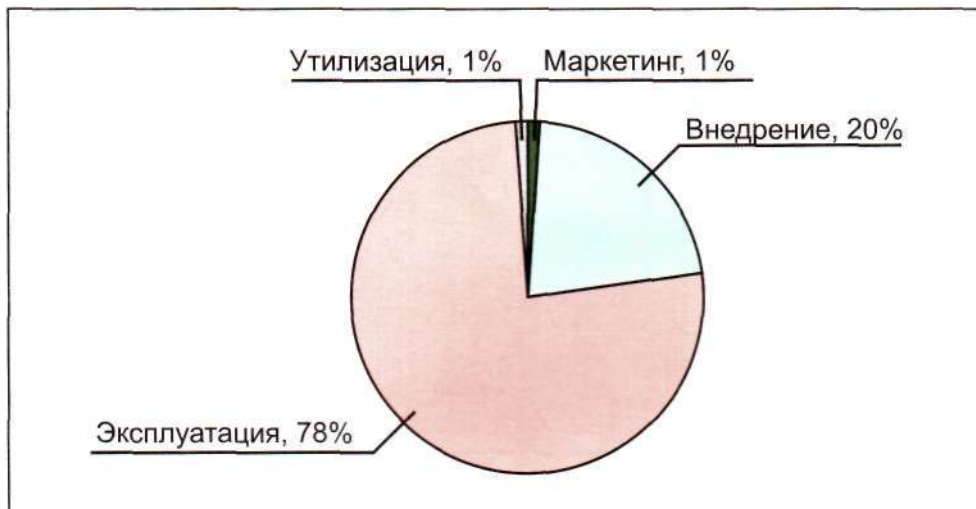
**РИС. 19.** Стадии жизненного цикла производства

На стадии внедрения затраты существенно возрастают, к этому времени закуплено оборудование и программы, обучен персонал, подготовлены производственные площади, а риски на данной стадии не велики — они связаны лишь со срывом запланированных сроков внедрения.

На стадии эксплуатации затраты максимальны (добавляются затраты на сырье и материалы, заработную плату сотрудников, оплату электроэнергии, налоги и т.д.), но максимальны и риски принятия неэффективных решений, прежде всего, организационного характера, которые не позволят ни прибыль получить, ни даже понесенные затраты окупить.

И наконец, на стадии утилизации производства (особенно если предприятие "прозевало" момент технологического предела) затраты на нее не очень велики — нужно провести демонтаж оборудования и продать его по остаточной стоимости или сдать на металлолом, зато велики риски отстать от поезда технического прогресса и новых технологий и потерять экономическую эффективность и конкурентоспособность.

Любой человек, даже не будучи профессиональным строителем, знает, что без проекта можно построить шалашик. А небоскреб без серьезного проекта, без объемной рабочей документации не построишь. Опытные заказчики прекрасно знают, что лучше не экономить средства на предпроектной и проектной стадиях, потому что эти ошибки обходятся слишком дорого, на порядок дороже, чем ошибки на следующих стадиях. Почему же предприятия считают, что можно экономить деньги на проектной стадии строительства такого сложного здания, как новое производство?



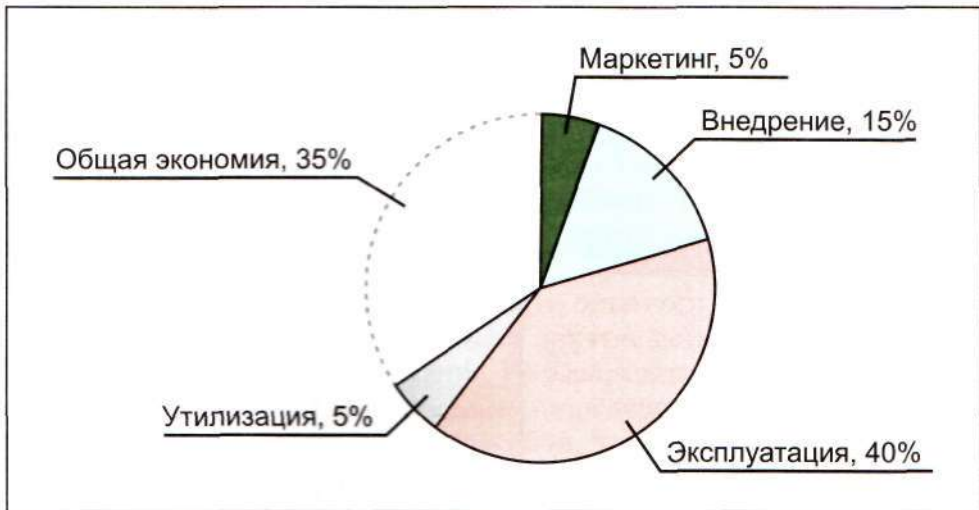
**РИС. 20. Традиционное распределение затрат по стадиям жизненного цикла производства**

Проанализировав целый ряд машиностроительных предприятий, авторы определили примерное распределение затрат по стадиям жизненного цикла в существующем производстве (не абсолютизируя цифры, мы выявили качественную картину — см. рис. 20).

Псевдоэкономия на этапах маркетинга и утилизации, которой так гордится традиционная экономика, оборачивается в итоге потерями и недополученной прибылью. Увеличив же затраты на этих двух конечных этапах, мы можем получить совершенно другую картину с общей экономией 30 — 35% затрат (а в отдельных случаях — и до 50%). Приведем пример из практики (см. рис. 21).

Перечислим **основные задачи**, которые необходимо решать на каждой стадии жизненного цикла производства:

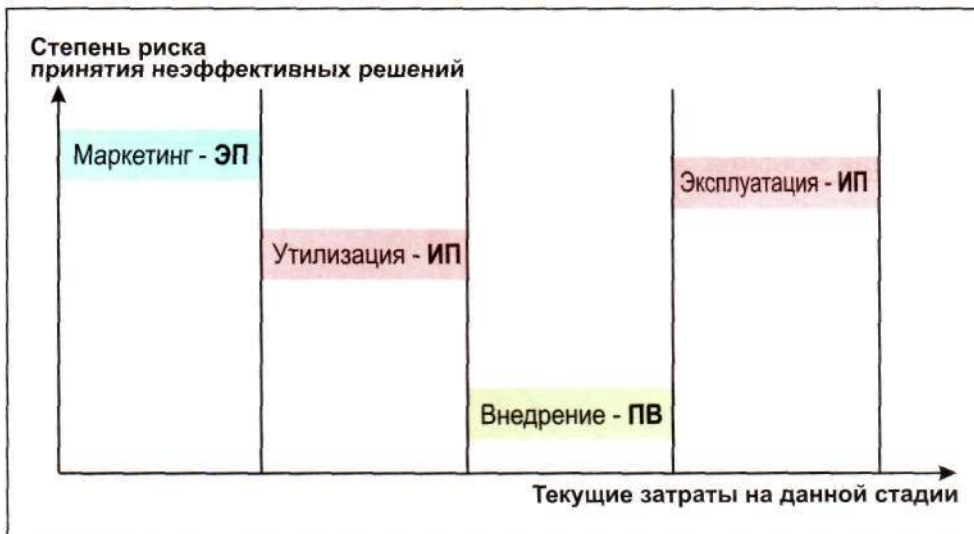
- *маркетинг* — здесь бессмысленно "настойчиво" экономить затраты, потому что главная задача на этой стадии — минимизация рисков неправильного выбора технологий, оборудования, программ, что обязательно приведет в итоге к неэффективному производству и потере рынка. Поэтому часть затрат со следующих стадий (особенно стадии эксплуатации) необходимо перенести на стадию маркетинга. Нужно потратить определенные средства и время на более тщательное и обязательно вариативное техническое и экономическое **моделирование** нового производства (а не ограничиваться посещением поставщиков, выставок и проведением ценовых тендеров);
- *внедрение* — поскольку здесь риски уже невелики (выбор сделан), на этой стадии самой острой является задача минимизации



**РИС. 21.** Пример экономического распределения затрат по стадиям жизненного цикла производства

ции затрат, связанных с периодом перехода от старых технологий к новым. Эти затраты или потери, по существу, представляют собой упущенный экономический эффект за период перехода (период внедрения), когда параллельно процессу внедрения еще продолжают работать старые технологии;

- *эксплуатация* — здесь нужно решать двойственную задачу, поскольку велики (особенно при больших масштабах производства) и затраты, и риски неэффективных решений. Эта стадия кардинально отличается от прочих тем, что технико-экономические вопросы, главенствующие на стадиях маркетинга и внедрения, уступают свое место организационным вопросам (производственное планирование и учет, система мотивации и иные вопросы организации производства и управления производством). Решая организационные вопросы, предприятие должно одновременно минимизировать и риски принятия неэффективных (неправильных) управленческих решений, и — на их основе — минимизировать операционные затраты;
- *утилизация* — на данной стадии нужно минимизировать риски несвоевременного перехода на новые технологии. Помимо традиционных затрат, на эту стадию нужно перенести часть затрат со стадии эксплуатации для осуществления регулярного мониторинга как рынка новых технологий, так и эффективности собственного производства, использующего существующие технологии.



**РИС. 22. Стадии жизненного цикла производства при использовании методологии трех связанных проектов**

На рис. 22 показано, как методология трех связанных проектов используется для решения этих основных задач на каждой стадии жизненного цикла производства.

Таким образом, система трех связанных проектов становится одновременно и комплексной системой управления рисками и затратами на всех стадиях жизненного цикла производства, решая на соответствующей стадии описанные выше **основные задачи**.

## Прототип производства и/или подготовки производства

Прототипы разного уровня играют большую роль в инженерном консалтинге. Это и неудивительно. Попробуйте смоделировать на компьютере (даже с применением самых современных программ) процесс производства выпускаемых предприятием изделий, если они содержат сотни и тысячи наименований деталей и узлов. Понятно, что в приемлемые сроки такую работу выполнить нереально. Значит, надо каким-то образом существенно сократить их и трудоемкость моделирования.

Один из способов — анализ инженерными консультантами всей номенклатуры деталей и выделение совместно со специалистами предприятия типовых деталей изделия из всего их множества. Таких

типовых деталей (деталей-представителей) обычно оказывается намного меньше, чем число наименований деталей в производственной номенклатуре (например, 25 из 1000).

Детали-представители (или детали-прототипы) позволяют определить штучное время изготовления на данном оборудовании каждой аналогичной детали из соответствующей группы (с применением поправочных коэффициентов, определяемых через соотношения их габаритных размеров или масс).

Понятие изделия-прототипа или опытного образца более привычно, чем рассмотренное выше понятие детали-прототипа. Но оно изменило свое содержание. Раньше, когда речь шла об опытном образце, всегда имели в виду макет или действующий образец изделия, выполненный ручным способом, что долго и очень трудоемко. Сейчас появилась возможность создания изделий-прототипов на так называемых 3D-принтерах на основе компьютерного моделирования. Разрабатываемое изделие в разных видах и разрезах можно сколько угодно разбирать, собирать и "крутить" на экране монитора, а затем "распечатать" в виде реальной конструкции. Появились сравнительно недорогие установки быстрого натурального прототипирования (например, фирмы *Stratasys* — прототипы из пластика).

Эти установки характеризуются отличными техническими характеристиками: точностью изготовления моделей, производительностью, гибкостью выбора моделирующих материалов, а широкий модельный ряд установок позволяет использовать их как на крупных предприятиях, так и в небольших фирмах.

Изготовленный на таких установках прототип в отличие от компьютерного можно "пощупать" руками, проверить его собираемость, в реальных условиях оценить функциональность и даже работоспособность, проведя натурные испытания у заказчика, — причем сделать все это быстро, не прибегая к изготовлению специальной оснастки или к задействованию станков с ЧПУ. Понятно, что оперативные изменения в конструкцию дешевле и проще вносить на ранних стадиях, не доводя дело до серьезных производственных проблем с большими финансовыми и материальными затратами.

Надо сказать, что изделия, детали и узлы-прототипы чрезвычайно важны не только для конструкторов, в табл. 10 показано, какие новые возможности получают благодаря таким прототипам различные службы предприятия.

Впрочем, указанными деталями-прототипами и тем более изделиями-прототипами сегодня мало кого можно удивить. Основные инновационные возможности возникают на более высоких уровнях

Таблица 10

**Востребованность прототипов службами предприятия**

Служба	Возможность при использовании прототипа
Маркетинга	Эффективно проводить исследования рынков сбыта, демонстрируя заказчикам и потребителям образцы будущего изделия, а также использовать их в рекламных кампаниях
Продаж	Своевременно учесть требования и пожелания клиентов, значительно быстрее достигнуть взаимопонимания с ними
Конструкторская	Легко оценивать варианты внешнего вида, эргономику разрабатываемого изделия, проверять собираемость и функциональность конструкции, внося необходимые изменения еще до запуска изделия в производство
Технологическая	Использовать их в качестве мастер-моделей для изготовления традиционной технологической оснастки (например, литейной), а также в технологиях быстрого изготовления опытных партий (например, при использовании силиконовых форм или методов напыления металлов)
Сервисная	Своевременно сформулировать свои требования и пожелания к конструктиву изделия

моделирования (агрегирования), когда рассматривается электронная (она рождается в результате экспериментального проекта), а потом и действующая (в итоге проекта внедрения) модель машиностроительного производства. На базе электронной модели производства, настроенной на конкретную заданную номенклатуру изделий-представителей, создается экспериментальный прототип производства. Производственное внедрение этих конкретных изделий — это уже действующий прототип будущего бизнеса. Сам по себе он, конечно, не может мгновенно изменить экономику и лицо предприятия, но определяет направление развития, открывает дорогу индустриальным тематическим проектам и полномасштабному эффективному машиностроительному производству.

В итоге благодаря созданным процессным прототипам весь производственный цикл, включая конструкторскую и технологическую подготовку производства, становится управляемым, "про-

Таблица 11

## Уровни прототипов

Уровень прототипа	Описание прототипа
Деталь, узел (или деталь-представитель, узел-представитель)	Конструктивно подобная деталь (узел) с одинаковым технологическим маршрутом изготовления
Изделие-прототип (модель-прототип, опытный образец)	Сходное изделие, подобное другим изделиям данной номенклатуры по функциональности и конструктиву
Экспериментальный прототип производства и/или подготовки производства	Настроенная на конкретную номенклатуру изделий электронная модель производства, базирующаяся на основе предлагаемого к поставке оборудования и программного обеспечения
Действующий прототип производства и/или подготовки производства	Действующее опытное производство кон- кретного вида продукции по номенклатуре предприятия, созданное на основе поставляемого оборудования и программного обеспечения

зрачным" и предсказуемым, существенно снижается степень неопределенности, в которой приходится принимать решения руководству предприятия.

Описания прототипов различных уровней мы свели в табл. 11.

## Новые организационные формы

*Какой царит у нас порядок,  
В чем наша слава, в чем упадок...*

**С. Маршак**

Мы уже не раз подчеркивали, что технические изменения ничего не дадут предприятию, если не будут поддержаны и усилены организационно-структурными изменениями. Специалистами фирмы "Солвер" разработана (на основе опыта ведущих мировых консалтинговых фирм) и успешно используется система организационно-струк-



турных изменений, осуществляемых при реализации описанной методологии трех проектов.

На этапе проекта внедрения создаются основные элементы этой системы:

1. *Управляющий совет*. В него обычно входят:

- технические руководители предприятия — главный конструктор, главный технолог, ряд начальников цехов и подразделений;
- генеральный конструктор и ряд руководителей подразделений фирмы "Солвер".

Совет собирается не реже одного раза в месяц для решения структурных и методических вопросов. Руководит управляющим советом, как правило, главный инженер предприятия, но иногда руководителем становится генеральный директор или даже собственник. В гл. 4 приведены конкретные примеры решений, принятых управляющими советами различных предприятий в ходе реализации проектов внедрения.

2. *Проектные группы*. В них входят сотрудники предприятия и фирмы "Солвер". Выбирается актуальный объект внедрения, и совместные проектные группы участвуют в конкретном процессе его проектирования и производства. Важно, что заводчане и консультанты весь этот процесс проходят вместе от начала до конца, вплоть до изготовления детали, узла или изделия в цехе, так что специалисты предприятия и обучаются, и при этом не срывают производственный план.

Параллельно, в фоновом режиме, идут обучение и сертификация руководителей и специалистов всех звеньев (в том числе даются общие сведения об управлении проектами, системах автоматизированного проектирования, системах управления жизненными циклами изделий и т.д.). Все возникающие в ходе работы проблемы обязательно фиксируются и выносятся на управляющий совет.

Обучение и сертификация специалистов предприятия не носят абстрактного характера "всеобуча" и "всепохвалы", имеют отношение к выбранному объекту внедрения с проекцией процессов его конструкторского и технологического проектирования, производства на конкретные штатные единицы и конкретных людей.

По итогам внедрения готовится итоговый отчет, включающий:

- "фотографии" рабочих мест;
- поэтапное описание всего цикла производства (действующего прототипа);

- результаты сертификации персонала;
- оценку достигнутых технико-экономических результатов.

Процессы, отработанные в масштабе проектной группы на этапе внедрения, начинают распространяться на предприятие в целом, формируя на нем попроектную индустриальную организацию производства.

Механизм проектных групп заслуживает отдельного обсуждения, поскольку он вместе с моделью четырех этажей бизнеса, системой трех проектов и нормативной базой (см. далее) фактически составляет методологическую основу инженерного консалтинга. В отличие от инжиниринговых и учебных структур, где четко разделено, где заказчик, а где исполнитель работ, в данном случае барьеры изначально должны быть сломаны.

*Проектная группа — это единый коллектив специалистов предприятия и/или консультантов, работающий на поставленную производственную цель и обеспечивающий реализацию экспериментального проекта, проекта внедрения или индустриального проекта.*

Для проектов внедрения и индустриального в это определение следует добавить еще: *в заданные сроки с заданными параметрами.*

В проектной группе общей целью объединяются специалисты предприятия, хорошо знающие его специфику и особенности, и внешние специалисты, прекрасно владеющие новыми технологиями, но малознакомые со спецификой предприятия. В зависимости от целей и задач проекта в такую группу могут входить экономисты предприятия (и "Солвер"), бизнес-консультанты, специалисты по персоналу, по организации командной работы.

Феномен проектной группы в том, что, кроме знаний и опыта, она обладает еще и целенаправленной волей к достижению результата. В итоге возникает мощный синергетический эффект, объясняемый еще и скрещиванием разнообразных внутренних и внешних "опытов".

На рис. 23 показана схема организации проектных групп на различных этапах работ по методологии трех проектов, а документооборот для различных типов проектов представлен на рис. 24—26.

Главное — проектные группы создаются в реальных производственных условиях, а консультанты по существу нанимаются на предприятие на время реализации проекта. Проектная группа — это своеобразная школа, тир, где стреляют боевыми патронами. Объект внедрения, закрепляемый за проектной группой, — это обязательно "боевой" объект, включенный в производственный

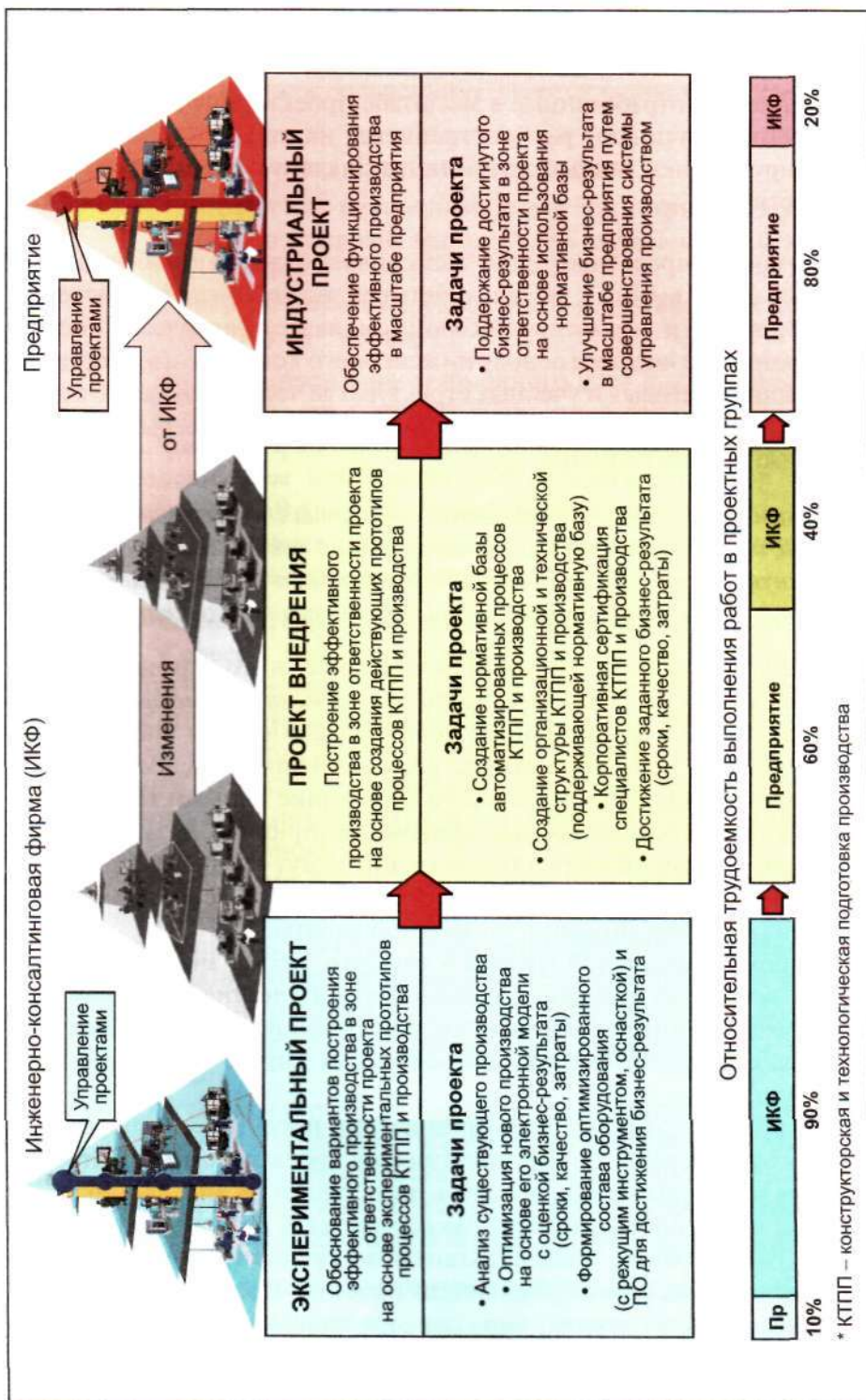


Рис. 23. Методология трех проектов и ее организационная поддержка проектными группами

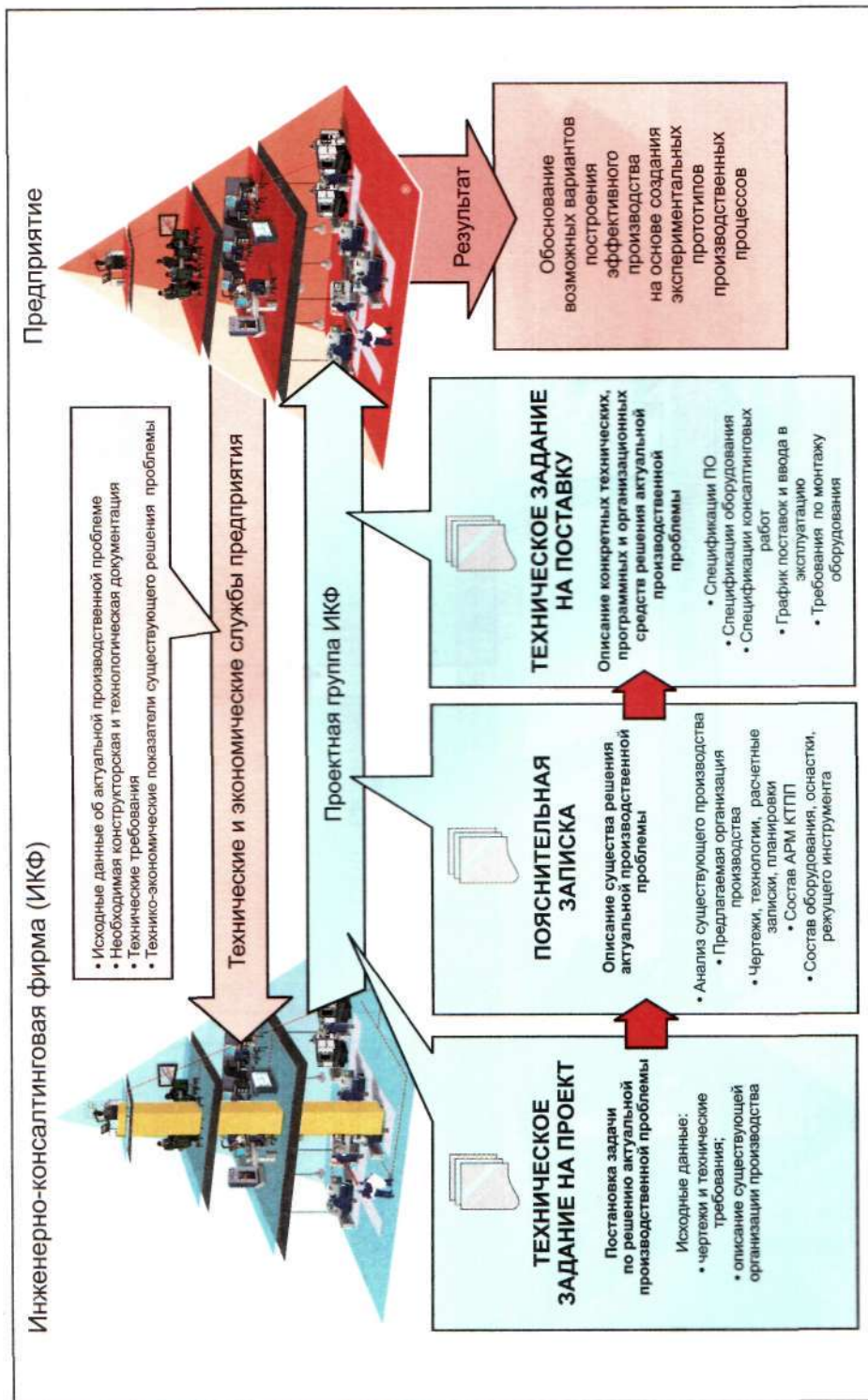


РИС. 24. Экспериментальный проект. Проектная группа и созданные документы

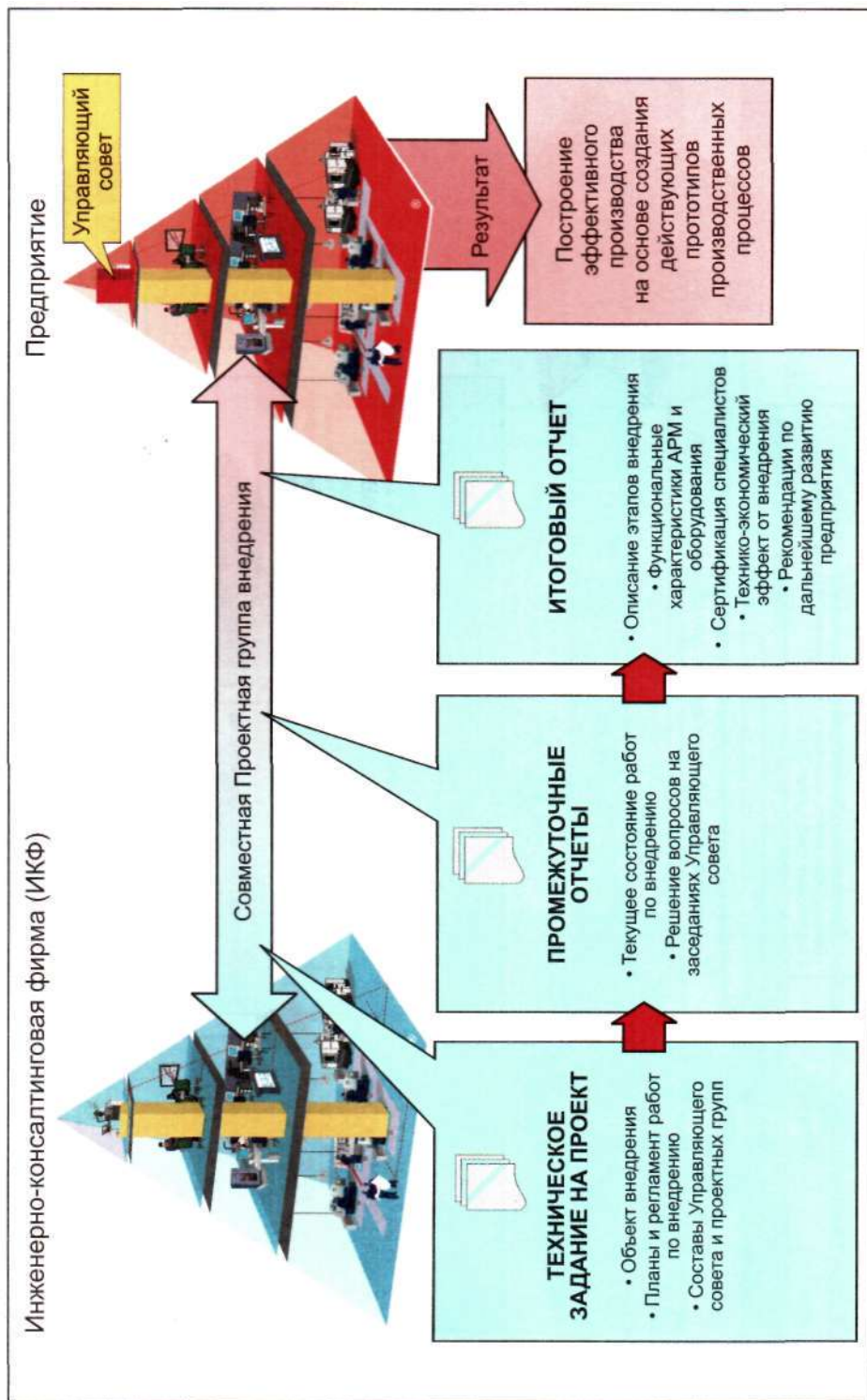


РИС. 25. Проект внедрения. Проектная группа и созданные документы

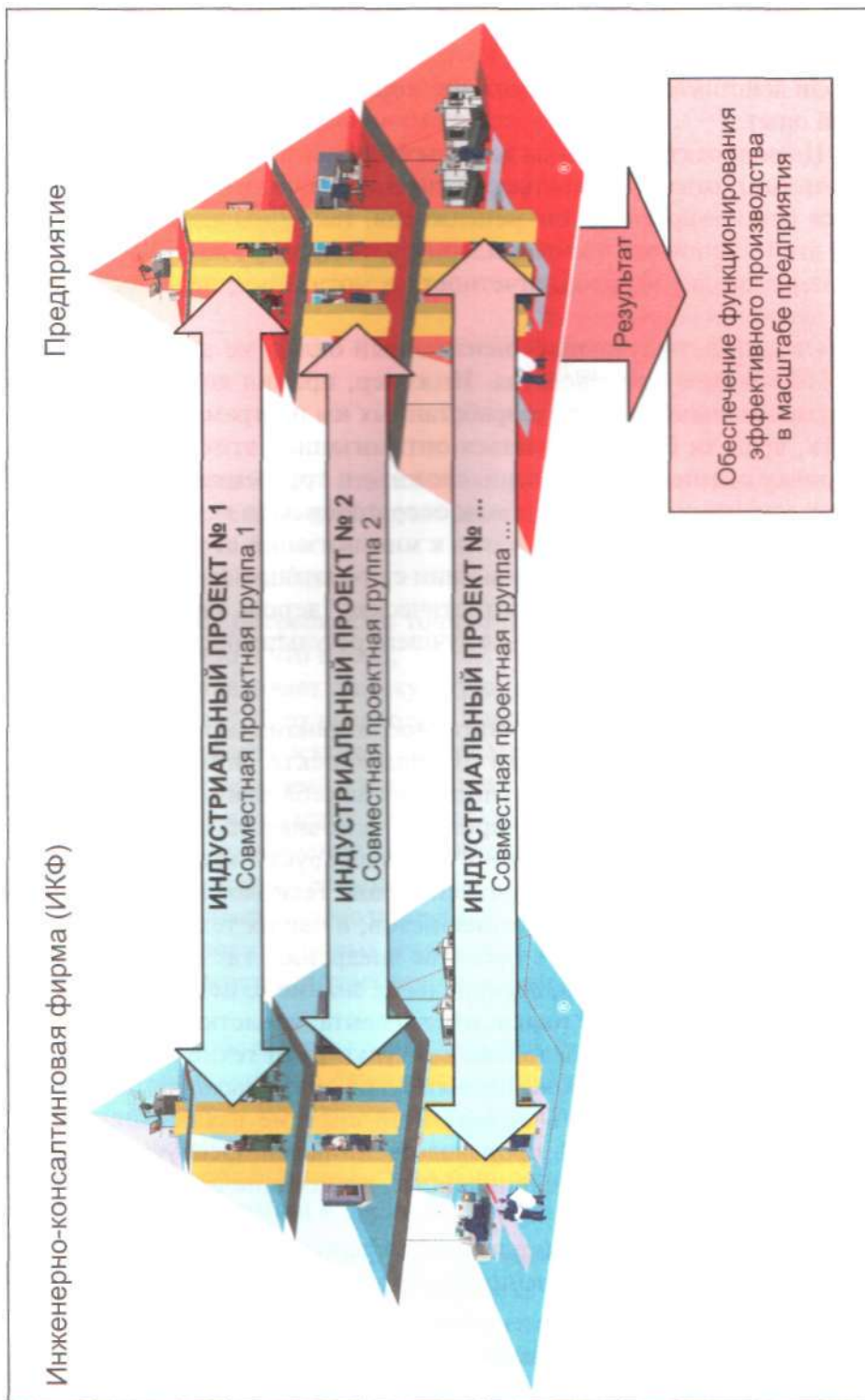


РИС. 26. Индустриальный проект. Тематические проектные группы

план с конкретными сроками. Тогда в группу будут направлять лучших специалистов (а не тех, кого не жалко послать на обучение), и люди действительно приобретут в "горячих точках" бесценный боевой опыт.

Цели проектной группы должны быть увязаны с правами (полномочиями), ответственностью, мотивацией и отчетностью. Это касается как конкретных топ-менеджеров, так и подразделений. Если из этой "цепочки" что-то выдернуть, например, возложить ответственность, но без прав, отчетности и мотивации, цели достигнуты не будут.

Оператор, получающий неизменный оклад, не заинтересован в росте объемов производства. Инженер, премия которого зависит исключительно от числа разработанных им программ для станков с ЧПУ, вряд ли будет заниматься оптимизацией этих программ, поскольку оптимизация — вещь сложная и трудоемкая. Значит, системе мотивации и инженеров, и операторов надо менять. Если того же инженера обучить и побудить к минимизации штучного времени изготовления детали — в сравнении с прототипом (ведь прототипом служит некоторая "среднестатистическая" деталь, так что для конкретной детали можно добиться лучшего результата), ситуация кардинально изменится.

Проектная группа — не статичное, а динамично изменяющееся образование. В зависимости от вида проекта, этапа работы роль "первой скрипки" в этой группе берут на себя разные специалисты. Так, в экспериментальных проектах основная нагрузка падает на специалистов по информации, "набивших руку" на создании электронных моделей изделий, деталей, узлов. Технологи в таких проектах консультируют этих специалистов, а час их технологического "соло" приходит позже, в проектах внедрения, где важен большой производственный опыт, доскональное знание возможностей и особенностей станочного парка, инструмента, оснастки. На этой стадии информационщики только консультируют технологов. А в индустриальных проектах на первый план опять выходят технологи, которые уже уверены в налаженной системе взаимодействия с информационщиками и производственниками. Особую ценность, конечно, представляют специалисты, владеющие всеми областями знаний.

Для организации взаимодействия членов проектной группы используется система управления проектами (*MS Project, Windchill*). Она позволяет:

- планировать и балансировать ресурсы проектной группы;
- контролировать исполнение заданий;

- накапливать и использовать необходимую статистику о проектах;
- поддерживать документооборот по проектам;
- управлять изменениями в проектах.

## Нормативная база

*Смотри: экономя усилья,  
Под взглядом седых мастеров,  
Работает токарь Васильев,  
Работает слесарь Петров.*

И. Бродский

Нормативная база — это, по сути, руководство по эксплуатации созданного действующего прототипа производства и/или подготовки производства.

Нормативная база:

- задает потребителю точку отсчета, систему координат — что хорошо и что плохо;
- устанавливает планку "хуже делать нельзя, а лучше — пожалуйста". Это касается и времени пронормированных этапов конструкторского и технологического проектирования, и времени освоения и изготовления деталей;
- не только задает минимальный порог качества, но и определяет направление дальнейшего развития — куда можно и нужно двигаться дальше;
- облегчает прогнозирование сроков подготовки производства и освоения новых изделий, а также их трудоемкости, себестоимости, потребности в дополнительной рабочей силе и т.д.;
- способствует персонализации ответственности и уходу от коллективной безответственности, когда непонятно, кто виноват — конструктор или технолог, оператор или начальник цеха;
- повышает степень "прозрачности" и делает предприятие более управляемым и дисциплинированным.

*Конкретный пример:* при расчете себестоимости изделия в проекте внедрения стоимость одного из материалов (сталь 12X18H10T) взяли из Интернета — 74 руб. за 1 кг. Когда выяснилось, что результаты расчетов себестоимости, сделанные инженерными консультантами и специалистами завода, расхо-



дятся, начали сверять эти расчеты и обнаружили, что служба снабжения завода давно уже закупает этот материал по 140 руб. за 1 кг. По этому поводу немедленно было начато служебное расследование.

Как правило, нормирование производства конкретных объектов внедрения сопровождается итоговым отчетом и приложениями к нему: набором документов и сводной таблицей нормативов, где фиксируются все бизнес-процессы внедрения данного вида изделий и их характеристики.

Состав нормативов по внедрению выбранных деталей-представителей приведен в табл. 12. Принципы выбора деталей-представителей по исходной номенклатуре деталей наглядно иллюстрирует рис. 27.

Норматив закрепляет (как и стандарт предприятия) достигнутый уровень сокращения трудоемкости изготовления по внедренной новой технологии — по сравнению с существовавшей технологией. На рис. 28 показаны примеры деталей из конкретных проектов внедрения с указанием достигнутого сокращения трудоемкости их изготовления. К каждой строчке таблицы нормативов (см. табл. 12) прилагаются:

- соответствующие трехмерные модели деталей;
- их чертежи (в виде файлов и бумажных копий);
- маршрутные и операционные технологические карты;
- модели процессов обработки и полученные с их помощью управляющие программы для станков с ЧПУ;
- акты контрольных операций и сдачи-приемки.

Нормативная база включает руководства по эксплуатации оборудования, технологии, режущего инструмента, оснастки, автоматизированных рабочих мест конструктора, технолога, дизайнера, а также организационные основы взаимодействия всех этих компонентов между собой (регламенты работы оборудования и использования режущего инструмента, нормативы выполнения разнообразных работ и т.п.). Кроме того, в рамках проекта создаются и передаются предприятию инструкции для оператора, для службы главного механика и т.д.

В нормативную базу часто включают специальные организационные и технические регламенты, например, связанные с действиями по отработке брака, мотивацией персонала при исполнении особо важных и срочных заказов и т.п. Руководство по эксплуатации производства, которым фактически является нормативная база, включает также специальные инструкции по эксплуатации оборудо-

Таблица 12

Нормативная база созданного действующего прототипа подготовки производства и производства

№ п/п	Деталь			Математическая модель		Чертеж	Технологический процесс				ЧПУ-программа		Изготовление детали								
	Номер позиции в ТЗ	Наименование	код	Обозначение	Т <sub>м</sub>		А <sub>м</sub>	Т <sub>р</sub>	Т <sub>п</sub>	А <sub>п</sub>	Т <sub>рз</sub>	А <sub>рз</sub>	Т <sub>осв</sub>	Расчетное			Фактическое				
														Т <sub>маш</sub>	Т <sub>всп</sub>	Т <sub>итог</sub>	Т <sub>маш</sub>	Т <sub>всп</sub>	Т <sub>итог</sub>		
1	1	Форма чистовая	АЛ-118 ПРС-700-Скрипка-1-1		80	№ 12 от 1.08.01 г.	16	Модель станка	Операция	Время разработки, ч	А <sub>п</sub>	Т <sub>рз</sub>	А <sub>рз</sub>	Т <sub>осв</sub>	Т <sub>маш</sub>	Т <sub>всп</sub>	Т <sub>итог</sub>	Т <sub>маш</sub>	Т <sub>всп</sub>	Т <sub>итог</sub>	Принят: Акт от Заказчика
								Fadal VMC-4020 (2)	Фрезерная	2		2		8	9,8	1	10,8	28,5	0	28,5	№ 106 от 31.07.02 г.
								Fadal VMC-4020	Фрезерная	1,5		1,5		4	6	1,2	7,2	7,5	4,5	12	№ 132 от 20.02.03 г.
								Romi G20	Токарная	2,5		2,5		8	18	1,8	19,8	14,8	8	22,8	№ 97 от 10.07.02 г.
								Fadal VMC-4020	Фрезерная	2		2		4	7,9	0,8	8,7	20	5	25	№ 16 от 19.03.02 г.
								Romi G30	Токарная	3		3		8	11,9	0,9	12,8	11,8	3	14,8	№ 112 от 12-14.02.03 г.
								Comprimill HMC-410	Фрезерная	4		4		8	192,7	19,3	212	110	0	110	№ 56 от 25.04.02 г.
								Mollart	Сверлильная	1		1		4	15,5	1,6	17,1	8,1	5	13,1	№ 121 от 17.03.03 г.
								Vibra Free	Фрезерная	4		4		8	31	2	33	33	3	36	№ 129 от 29.04.03 г.
								<b>ИТОГО</b>								<b>20</b>	№ 28 от 25.10.01 г.	<b>74</b>	№ 34 от 15.12.01 г.	<b>52</b>	<b>243,9</b>

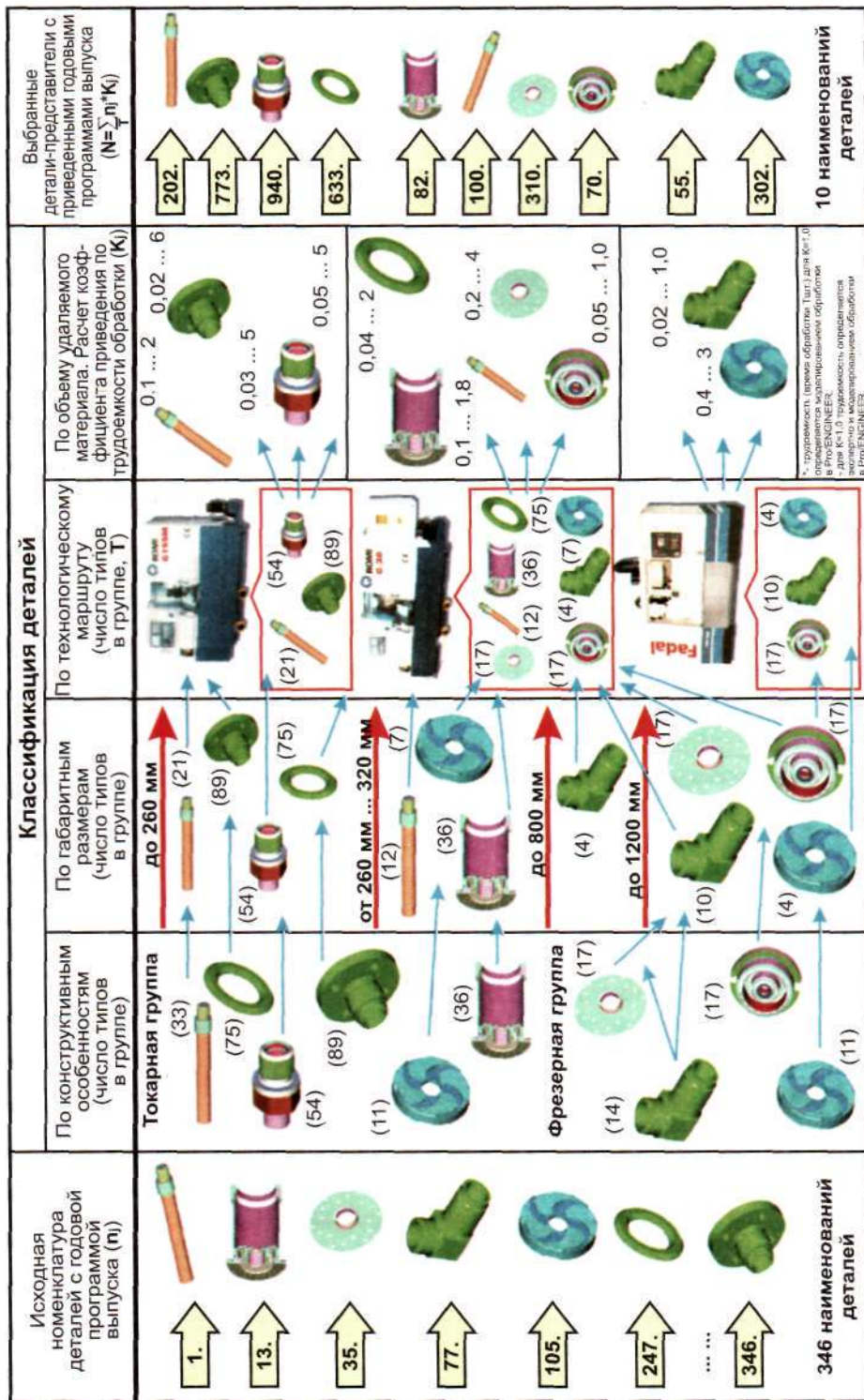


РИС. 27. Выбор деталей-представителей по исходной номенклатуре деталей

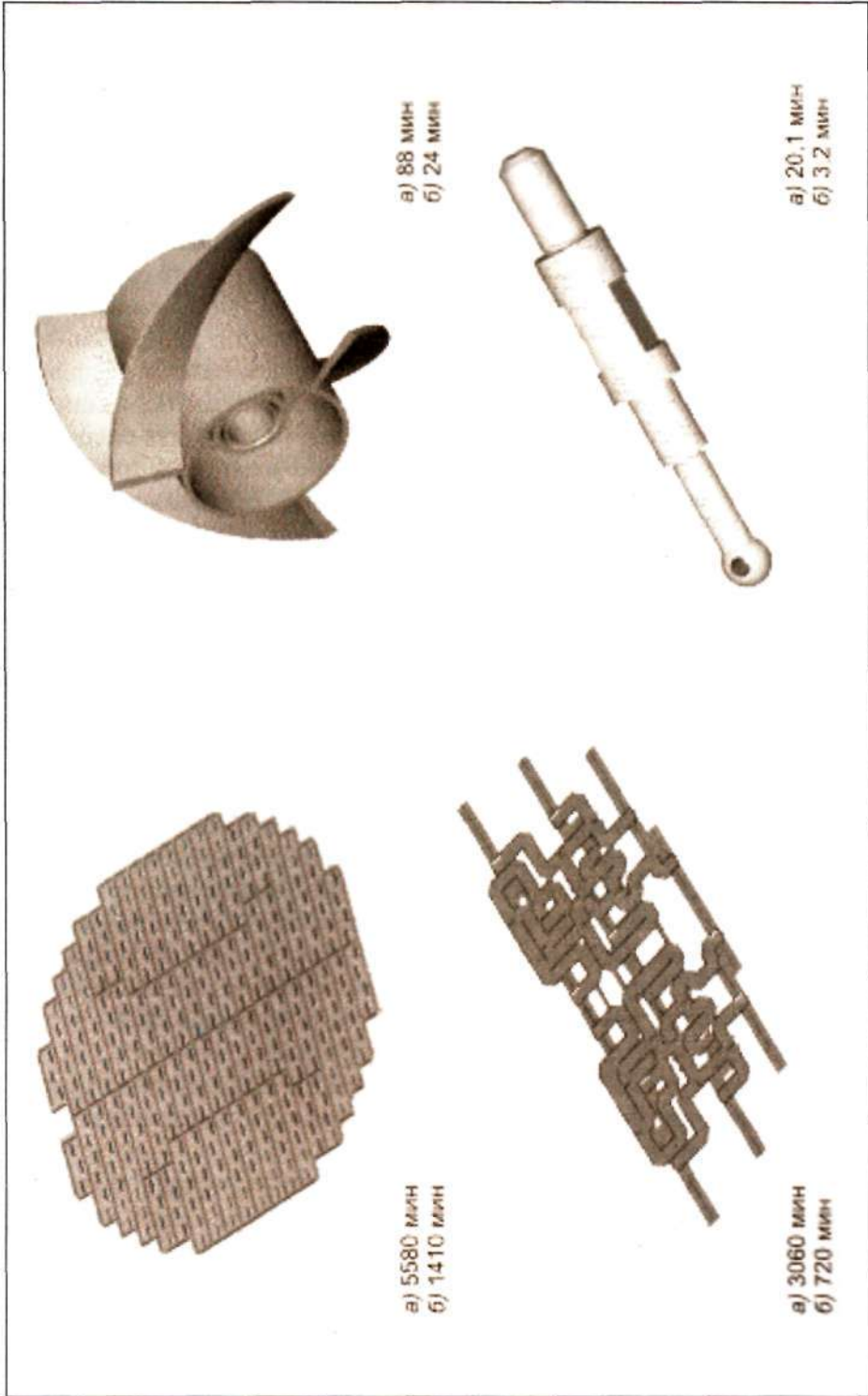


Рис. 28. Время изготовления деталей по существующей (а) и новой (б) технологии

вания. Например, на одно из нижегородских предприятий был поставлен очень точный токарный станок, при работе которого малейшие недопустимые столкновения инструмента с деталью (удары) приводили к потере точности этого оборудования. Фирма-производитель считала, что такой станок в принципе не может так (!) эксплуатироваться рабочими. Поэтому фирма категорически отказалась передать схему повторной настройки станка, объяснив, что эта операция выполняется только один раз при пусконаладке, и столкновение инструмента с деталью следует считать грубым нарушением правил эксплуатации, которые влекут за собой немедленный отказ производителя от гарантийных обязательств. Пришлось сервисной службе фирмы "Солвер", адаптируясь к нашим реальным российским условиям, фактическому отсутствию рынка квалифицированной и ответственной рабочей силы, разработать специальную инструкцию по оперативной настройке станка на требуемую точность после столкновений инструмента с деталью. Данная инструкция была включена в итоговый отчет. В результате "Солвер" взял на себя и соответствующие работы по гарантийному обслуживанию.

Мы уже подчеркивали роль нормативов в деле укрепления трудовой и производственной дисциплины. Завершая данную тему, приведем весьма показательный пример. На заводе "Красное Эхо" был внедрен новый станок, на котором было достигнуто штучное время изготовления детали в 10 мин. Был подписан соответствующий акт сдачи-приемки. И вдруг через месяц инженерно-консалтинговая фирма получила претензию по факсу: реальное штучное время изготовления детали — не 10 мин., а 50, не работает технология, которую вы нам передали. Специалисты срочно выехали на предприятие и выяснили, что рабочий на станке в 5 раз снизил режимы обработки. Почему? А зачем ему быстро работать? Легче сообщить технологу, что "качество не получается, время не соблюдается". А технолог цеха (и вышестоящие руководители) поверили рабочему и друг другу и не соизволили заглянуть в нормативную документацию, где все режимы были указаны. Так что проблема оказалась совсем не в станке и не в технологии изготовления детали, а в системе организации и мотивации труда.

Таким образом, важно действительно придать созданной нормативной базе статус стандарта предприятия с организацией жесткого контроля его исполнения, наделив этими функциями существующие структурные подразделения предприятия. Периодически такой контроль могут проводить после внедрения и инженерные консультанты. Именно с таким предложением обратился к "Солвер" генеральный директор чебоксарского объединения "Элара" после выяв-

ления фактов неэффективной загрузки нового технологического оборудования: некоторые детали изготавливались с отклонением от нормативов в 8—10 раз.

## Гарантийные обязательства инженерных консультантов

Все ранее рассмотренные инструменты инженерного консалтинга:

- электронные модели (от модели детали-прототипа до модели производства);
- методология связанных трех проектов (экспериментального проекта, проекта внедрения, индустриального проекта);
- экспериментальные и действующие прототипы производства и/или подготовки производства;
- единые проектные группы;
- нормативная база как "руководство по эксплуатации" производства,

нацелены, в частности, на то, чтобы обеспечить предсказуемый и гарантированный результат технического перевооружения предприятия — по затратам, качеству продукции, срокам ее подготовки и выпуска.

Поэтому не случайно мы завершаем рассмотрение основных понятий и инструментов инженерного консалтинга именно гарантийными обязательствами. О чем идет речь?

О том, что инженерно-консалтинговая фирма, на наш взгляд, должна предоставлять заказчику гарантии того, что требуемая работа при внедрении будет выполнена с хорошим качеством, в заданные сроки, в рамках заранее согласованного бюджета и главное — с достижением заявленных технико-экономических параметров.

Чтобы предоставлять такие гарантии и нести ответственность, инженерно-консалтинговой фирме необходимы:

- тщательный выбор поставщиков оборудования, режущего инструмента, оснастки и программного обеспечения. Это не так просто, как может показаться: выбирай мировых лидеров-производителей — и все будет нормально. На самом деле далеко не все мировые лидеры имеют хороший сервис и серьезно хотят работать с Россией. К тому же технические и программные решения разных производителей должны быть хорошо совместимы между собой. Наконец, ситуация на мировом рынке весьма подвижна, сегодняшний лидер послезавтра мо-

жет оказаться аутсайдером (особенно с учетом модных на Западе слияний и поглощений). Инженерные консультанты должны сделать все возможное, чтобы оградить клиентов от этих непростых проблем;

- постоянные тесные связи с поставщиками для решения оперативных и согласования стратегических вопросов. По этой причине предлагаемая продуктовая линия должна быть достаточной, но не слишком широкой и быстрорасширяемой, в нее включается только то, что прошло испытание временем (в различных проектах) и доказало свою эффективность. В фирме "Солвер", к примеру, есть специальная "Служба взаимодействия с поставщиками". Поставщики, заинтересованные в долгосрочных партнерских отношениях с инженерно-консалтинговой фирмой, не будут обращаться с ней как с разовым, случайным клиентом;
- ориентация исключительно на высоконадежное оборудование и на качество, в принципе достижимое на этом оборудовании. Конечно, бывшее в употреблении оборудование дешевле, но при этом трудно брать ответственность за результат (нет предсказуемости и уверенности), а значит, нужно покупать "запасные" станки, занимать под них дополнительные площади. "Солвер" пока не предлагает отечественное оборудование, даже использующее импортные комплектующие, именно из-за неуверенности в его надежности (хотя ситуация в российском станкостроении уже меняется к лучшему);
- наличие собственных технических служб, поддерживающих продуктовую линию — от надежной работы поставленного технологического оборудования и программного обеспечения зависит исполнение гарантийных обязательств. Эти службы занимаются пусконаладкой, гарантийным и постгарантийным обслуживанием, есть в их составе специалисты по программным системам, по использованию режущего инструмента, оснастки, специалисты по обучению и т.д.

В литературе по менеджменту последних лет принято клеймить позором "натуральное хозяйство", но в сегодняшней ситуации его наличие необходимо, чтобы гарантированно отвечать за итоговый успех проекта. Можно было бы, конечно, взять на себя только консалтинг, а остальное возложить на предприятие-заказчика, но тогда число "но", тормозящих реализацию проекта, было бы слишком большим, на предприятие были бы возложены непомерные для него обязательства. По мере развития рынка, наверное, станет возможным аутсорсинг этих функций, но прежде должны появиться профессиональ-

ные специализированные фирмы и существенно вырасти уровень доверия: одно дело давать гарантии за своих специалистов, другое дело — за специалистов фирм-партнеров;

- обязательные экспериментальные проекты, предшествующие крупным закупкам оборудования и программных средств — сначала инженерные консультанты должны сами, в условиях электронной модели производства, убедиться, что поставленная задача может быть успешно решена при заданных условиях;
- наличие системы управления проектами, грамотное документальное оформление и постоянный мониторинг проектов, взаимных обязательств по ним.

Ясно, что гарантии и обязательства не могут быть односторонними. Инженерно-консалтинговая фирма берет на себя ответственность, при этом побуждая к ответственности и предприятие-заказчика:

- В ходе проекта внедрения создается обязательная для соблюдения система нормативов, и при отклонении от них (использовании другого режущего инструмента, изменении рекомендованных режимов резания или допуске к работе не прошедших обучение работников) всю ответственность за последствия этих нарушений руководство предприятия, естественно, берет на себя.
- Обязательства инженерных консультантов подобны гарантийным обязательствам поставщиков оборудования при условии эксплуатации оборудования в соответствии с нормативными и эксплуатационными документами. Если смежники производят заготовки, качество которых не соответствует нормативному, как могут отвечать консультанты за качество и время механической обработки этих заготовок?
- Документ, называемый *"разделительной ведомостью"*, четко определяет, что должны сделать стороны в рамках конкретного проекта внедрения или индустриального проекта: что и в какие сроки должно сделать предприятие, а что — инженерно-консалтинговая фирма.
- Задается формат отношений (для экономии трудовых затрат с обеих сторон). Например, задается формат "горячей линии": в рабочие дни с 15.00 до 17.00 мы отвечаем на ваши вопросы. В каком бы городе физически ни находились наши специалисты, они в это время готовы выйти с вами "на связь". Все вопросы и ответы фиксируются, потом подводятся итоги за квартал: всего специалистами предприятия было задано 54 вопроса (из них 22 — по электронной почте, 10 — по факсу, 4 — при



личной встрече на выставке, 18 — по телефону), на все 54 были даны ответы, 2 ответа были даны с задержкой по нашей вине. Из 54 вопросов 32 были связаны с плохим знанием документации (и тут же следует предложение по обучению и переобучению специалистов клиента), 10 — с пробелами в технической документации (в течение месяца будет издана специальная методичка) и т.д. Такая регулярная обратная связь с анализом вопросов и ответов позволяет, как показывает опыт, быстро отрегулировать количество и качество задаваемых вопросов, избавляет некоторых специалистов от иждивенческих настроений.

Как и в любом другом виде консультирования, в инженерном консалтинге трудно переоценить важность взаимного доверия сторон. Еще раз подчеркнем — гарантии могут быть только обоюдными. "Мелкие хитрости" заказчиков, как-то: сделать предварительный заказ и отказаться оплатить его (нашли "точно такое же", но дешевле) или затеять экспериментальный проект, считая, что по его результатам все остальное можно сделать своими силами, на первый взгляд производят впечатление экономности руководства предприятия, а на самом деле — это наивность, граничащая с недалковидностью, поскольку не достигается конечный результат, теряются время, деньги, репутация.

## Глава 4

# ПРОЕКТЫ: ОПИСАНИЯ И ВЫВОДЫ

*Мы строили замок, а выстроили сортир. Ошибка в проекте, но нам, как всегда, видней.*

А. Башлачев

Попробуем сформулировать основные особенности инженерного консалтинга, обуславливающие его практическую ценность.

Во-первых, это принципиально новый подход, базирующийся на философии "четырёх этажей бизнеса":

- четвёртый этаж — стратегия предприятия-заказчика и его рыночное позиционирование;
- третий этаж — оперативное управление предприятием, бизнес-процессы;
- второй этаж — конструкторско-технологическая подготовка производства;
- первый этаж — производство,

и рассматривающий предприятие как единое "четырёхэтажное" здание. При этом важно наличие *генерального плана реконструкции и развития бизнеса и производства*, а с чего конкретно (с какого "этажа") начинать — это уже вопрос тактический.

Во-вторых, данный бизнес-подход поддерживается тщательно отобранным и скомбинированным (прежде всего в ходе экспериментального проекта) ассортиментом продуктов и услуг для всех четырёх этажей — от высшего руководства предприятия до конкретных рабочих мест в подразделениях, в цехах и на участках.

В-третьих, предлагается отработанная и строго документированная методология внедрения с организационных (управляющий совет, проектная группа) и технических позиций при обязательном доведении объекта внедрения до стадии изготовления продукции.

В-четвёртых, инженерно-консалтинговая фирма сама должна быть оснащена полным ассортиментом предлагаемого оборудова-

ния, программ, инструмента, оснастки, чтобы заказчик мог воочию (на собственных задачах) убедиться в возможностях и преимуществах предлагаемого подхода к комплексной автоматизации управления, проектирования и производства.

И наконец, что очень важно, отношения инженерно-консалтинговой фирмы и предприятия-клиента не начинаются поставкой оборудования и не заканчиваются ею. Это долгосрочное взаимовыгодное сотрудничество, укрепляющееся и постоянно развивающееся в ходе решения конкретных задач.

Инженерно-консалтинговая фирма берет на себя инициацию и поддержку (методологическую, организационную и техническую) перехода предприятия-заказчика от уровня проекта (экспериментального, внедрения, индустриального) до уровня совершенствования предприятия в целом с целью решения основных рыночных проблем:

- сокращения сроков изготовления новой продукции (делающее реальной игру на опережение конкурентов);
- повышения качества изделий (а следовательно, степени удовлетворенности и лояльности своих потребителей);
- снижения затрат на производство и эксплуатацию изделий (что позволит держать конкурентоспособные цены на продукцию).

Предприятие очень тяжело преодолевает противоречия между: текучкой и развитием, сложившимися "кланами" и внутри "кланов", интересами сотрудников предприятия и интересами консультантов, техническими, технологическими и программными платформами у заказчика и инженерно-консалтинговой фирмы.

Далеко не все рабочие и специалисты горят желанием раскрывать свои резервы, изыскивать дополнительные ресурсы, работать эффективно, в полную силу. Серьезный консалтинг всегда посягает на существующую ситуацию, пытается изменить ее.

Успех определяется: волей первого лица, материальной базой (наличием необходимого оборудования, программ, инструмента), человеческим потенциалом (наличием обученных конкретной работе и хорошо мотивированных людей), выстраиванием организации работ над материальной базой и людьми.

Подробно опишем несколько реально выполненных проектов, нацеленных на решение самых различных задач — от модернизации существующего производства до создания нового.

## Создание нового производства

ОАО "ЭМК-Атоммаш" (г. Волгодонск) освоил выпуск газовых силовых энергетических установок, одним из основных элементов которых является горелочный агрегат турбины. Это сложное изделие включает 157 различных деталей, в том числе около 50 сложных пространственных деталей из нержавеющей стали и жаропрочных сплавов с габаритными размерами до 2,5 метра (рис. 29).

Ранее этот агрегат приобретался по кооперации по 100 тыс. долл. за штуку, и пока годовая программа производства силовых энергетических установок не превышала 30—40 в год, внешние поставщики успешно справлялись с поставками горелочных агрегатов. Перспективная программа на 2005—2007 гг. была разработана из расчета ежегодного изготовления 120 комплектов в год (рынок малой энергетики растет очень быстрыми темпами, и грех терять его).

Внешние поставщики заявили, что они не в состоянии обеспечить своевременную поставку 120 агрегатов без технического перевооружения (им нужно менять оборудование). Свои проблемы они, как принято, решили переложить на клиента, заявив, что при 3—4-кратном увеличении объема поставки цена одного агрегата вырастет в полтора раза — со 100 до 150 тыс. долл. в год. Таким образом, поставщики попытались поставить ОАО "ЭМК-Атоммаш" в полную зависимость от своих производственных возможностей и, скажем прямо, своеобразной системы ценообразования (казалось бы, чем больше заказ, тем ниже должны быть цены).

Ситуация не из приятных — резко увеличивая объемы производства и сбыта, предприятие вынуждено было бы значительную часть инвестиций, а потом и дополнительной прибыли направлять на техническое перевооружение внешних поставщиков. И кто в таких условиях поручится, что они вскоре вновь не поднимут цены и не начнут изымать всю дополнительную прибыль? Какой смысл расширять бизнес, если плоды твоих трудов достанутся кому-то другому?

В этих условиях собственник предприятия вынужден был искать разумные альтернативы. Мы уже говорили, что столь близкое отечественному опыту "натуральное хозяйство" давно уже не пользуется популярностью на мировом рынке. Более грамотным и эффективным считается подход, при котором фирма делает то и только то, что она умеет делать лучше других (лучше конкурентов — с точки зрения клиентов!). Остальное — надо покупать, привлекать партнеров и т.п. Впрочем, на не очень цивилизованном и еще не устоявшемся рынке действуют свои законы и правила.



РИС. 29. Трехмерные электронные модели деталей-представителей горелочного агрегата турбины

Можно иронизировать по поводу склонности наших предприятий к "натуральному хозяйству" и стремления все делать самим, но в данном случае речь шла о рыночной судьбе предприятия, и риски отношений с поставщиками горелочных агрегатов явно выходили за пределы допустимых. Перед руководством предприятия была поставлена задача — проработать возможность создания собственного производства горелочных агрегатов и сопоставить технико-экономические показатели нового производства с показателями внешней поставки.

Дело осложнялось тем, что предприятие не имело опыта производства подобных сложных изделий в больших количествах на основе современных технологий. Старые технологии и имеющееся оборудование позволяли произвести не более 10—15 комплектов в год (к тому же с достаточно высокой себестоимостью).

Руководитель производства рассматривал два варианта:

- пропорциональное наращивание существующих производственных мощностей с сохранением старой технологии, основанной на универсальном оборудовании;
- переход к новой технологии на основе современного оборудования.

Основные минусы первого варианта:

- количество единиц подобного универсального оборудования должно увеличиться почти в 10 раз (для перехода от 10—15 комплектов к 120 комплектам в год);
- примерно во столько же раз должны вырасти производственные площади (а свободных площадей на предприятии в таком объеме просто не было);
- в 10 раз увеличится количество производственных рабочих (в Волгодонске найти новых рабочих очень непросто, как, впрочем, и в большинстве городов страны);
- закупка старого, давно не выпускаемого российскими поставщиками оборудования — сама по себе проблема, тем более, что некоторые из этих поставщиков уже "приказали долго жить";
- сохранение высокой себестоимости сведет на нет все возможные плюсы расширения старого производства.

Более того, даже если этот вариант будет принят и реализован, где гарантия, что следующая производственная программа снова не потребует удвоения станков, людей и площадей? Поэтому первый вариант (назовем его экстенсивным или количественным) был отвергнут как нереальный и бесперспективный. Оставался второй вариант — разработать новую технологию и подобрать оборудование для изготовления горелочного агрегата турбины.

Руководитель производства прекрасно осознавал, что специалисты предприятия, загруженные текущей работой и не имеющие информации о современных технологиях и оборудовании, не смогут качественно решить эту задачу. Встал вопрос о привлечении субподрядной организации. Посещавший в свое время различные семинары он вспомнил, что фирма "Солвер" предлагала в подобных ситуациях выполнять экспериментальный проект с подробным моделированием новых технологий, позволяющим детально оценить технические и экономические аспекты создаваемого производства.

Чертежи всех основных 157 деталей горелочного агрегата были переданы руководителем производства генеральному конструктору фирмы "Солвер". Годовая программа выпуска каждой детали была рассчитана, исходя из производства 120 комплектов горелочных агрегатов. Была также передана информация о стоимости энергоресурсов, численности и заработной плате производственного персонала, составе имеющегося оборудования и существующей (нынешней) трудоемкости, определен годовой фонд времени работы каждой новой единицы оборудования — 3600 часов.

В фирме "Солвер" была создана проектная группа, в которую на разных этапах проекта входили до 7 человек. Длительность проекта составила 1,5 месяца, трудоемкость — 126 человеко-дней. В процессе работы были выделены четыре группы деталей из одинаковых материалов и разработаны технологические маршруты их обработки. Для данных маршрутов было выбрано новое технологическое оборудование, а внутри подгрупп выделены "детали-представители", описывающие весь конструктивный диапазон деталей. В итоге 157 деталей были "свернуты" в 26 деталей-представителей (рис. 29), для которых разработали технологию изготовления и подробно смоделировали (в программном комплексе *Pro/ENGINEER — VERICUT*) все операции обработки с определением штучного времени изготовления.

Для каждой детали-представителя были определены коэффициенты снижения трудоемкости изготовления по сравнению с существующей технологией. Например, для детали-представителя "фланец" (а их нужно около 1000 в год) коэффициент снижения трудоемкости составил 4,6. Для других деталей-представителей он колебался от 2,1 до 12,7.

На основе определенного с помощью математического моделирования времени обработки каждой детали-представителя и соответствующих коэффициентов снижения этого времени (трудоемкости) для соответствующей подгруппы было рассчитано время обработки всех 157 деталей горелочного агрегата.

Таблица 13

**Состав технологического оборудования для производства горелочных агрегатов турбины**

Оборудование	Количество, шт.	Коэффициент загрузки
Вертикальные фрезерные станки	6	0,84
Горизонтальные фрезерно-расточные станки	2	0,67
Горизонтальные обрабатывающие центры	4	0,99
Вертикальные токарные центры	2	0,88
Токарные станки	6	от 0,8 до 0,97

При экстенсивном варианте выполнения программы выпуска агрегата (сохраняется старая технология и резко растут площади, количество людей и парк оборудования) общее время обработки его деталей могло составить 241,6 тыс. ч в год, в новой же, предлагаемой технологии — всего 63,1 тыс. ч. Снижение почти в 4 раза производственного цикла эквивалентно 4-кратному росту производительности труда.

Инженерными консультантами был предложен состав технологического оборудования, включающий 20 единиц (см. табл. 13).

При этом планировалось сокращение прямых затрат на производство (заработная плата основных рабочих, электроэнергия) на 13,2 млн руб. по сравнению с экстенсивным вариантом. Численность производственного персонала в экстенсивном варианте выросла бы с 20 до 129 человек, при новой технологии — до 40 человек. При старой технологии потребовалось бы 68 единиц оборудования, которое занимало бы примерно 1000 м<sup>2</sup>, при новой — 20 единиц и площадь не более 300 м<sup>2</sup>.

Себестоимость одного горелочного агрегата по новой технологии составила около 60 тыс. долл., тем самым была доказана целесообразность собственного производства таких агрегатов (напомним, внешние поставщики оценивали их в 100 тыс. долл., а большие объемы готовы были производить только за 150 тыс. долл.).

Если при расчете срока окупаемости данного проекта исходить только из сокращения технологической трудоемкости, получится примерно 4,5 года. Но в данном случае логичнее учитывать нынешние затраты предприятия на приобретение изделий у внешних по-



ставщиков. При этом при годовой программе в 120 горелочных агрегатов расчетный срок окупаемости новых 20 единиц оборудования (общей стоимостью около 10 млн долл.) составляет около 2 лет. Предложенное оборудование имеет широкие технологические возможности и может легко перенастраиваться на новые детали, что снижает риски предприятия при колебаниях годовой программы по конкретным видам изделий.

Технико-экономические показатели, полученные в ходе экспериментального проекта, позволили собственнику и топ-менеджерам предприятия принять осознанное решение о техническом перевооружении "Атоммаша". Принципиально важно, что в данном случае технология разрабатывалась на основе не приблизительных экспертных оценок специалистов, а точного и вариативного математического моделирования всех технологических переходов и операций с учетом применяемого режущего и вспомогательного инструмента и технических параметров оборудования. В частности, при моделировании оценивалась возможность реализации конкретного технологического процесса на оборудовании данной функциональности и мощности.

Когда речь идет о сложных технологических системах, очевидные решения, на уровне здравого смысла, нередко являются крайне неэффективными. Например, представляется логичным приобретение более дешевого инструмента и небольшого количества вспомогательной оснастки. Между тем оценка на базе математического моделирования показывает как раз обратное: дорогой и более стойкий инструмент, большее количество оснастки значительно, в 2,5 раза, удешевляют стоимость собственного производства в целом за год. Наличие и просчет альтернатив кардинально меняет критерии оценки целесообразности того или иного варианта!

## Модернизация существующего производства

Чебоксарское научно-производственное приборостроительное предприятие ОАО "Элара" — ведущий российский производитель авионики и средств навигации, широко известный выпуском приборов автомобильной электроники, средств связи, тепловентиляции, автоматики для теплоэнергетики.

История данного проекта началась с того, что ОАО "Элара" получило большой, рассчитанный на несколько лет, экспортный заказ на поставку авиационных приборов. Руководство ОАО "Элара", име-

вшее большой опыт кооперации с производителями корпусных и крепежных деталей, прекрасно понимало, что внешние субподрядчики имеют свои планы и не ориентированы на большие объемы поставок и жесткие сроки. Известны также были высокие требования зарубежного заказчика именно к соблюдению согласованных сроков поставки изделий. Риски неисполнения обязательств перед крупнейшим клиентом по вине субподрядчиков оказались недопустимо велики, поэтому было принято решение о техническом перевооружении предприятия, чтобы изготавливать все корпусные и крепежные детали на ОАО "Элара" собственными силами.

У предприятия "Элара" уже был успешный опыт работы с фирмой "Солвер" по созданию системы конструкторско-технологической подготовки производства, поэтому и к решению вновь возникшей задачи привлекли зарекомендовавшего себя партнера, поставив, в частности, условие, чтобы вновь создаваемая система производства была интегрирована с созданной ранее автоматизированной системой конструкторско-технологической подготовки производства на базе *Pro/ENGINEER*. Задача консультантам была сформулирована следующим образом: обеспечить самостоятельное производство всей номенклатуры корпусных и крепежных деталей (порядка 1500 наименований деталей), при этом добившись сокращения сроков выпуска изделий в 2—3 раза. В соответствии с перспективными экспортными заказами была сформирована годовая программа выпуска каждой детали.

Над задачей, поставленной руководством ОАО "Элара", в течение двух месяцев в рамках экспериментального проекта работала бригада из 4 специалистов фирмы "Солвер". 1500 деталей были сведены к 11 деталям-представителям (каждая с годовой программой от 100 до 5000 штук).

Не секрет, что едва ли не любое предприятие считает свою номенклатуру деталей, включающую сотни и тысячи позиций, набором совершенно уникальных и не поддающихся типизации элементов. Между тем опытные внешние консультанты, работая совместно с технологами предприятия, за пару недель сводят эти сотни и тысячи деталей к нескольким десяткам деталей-представителей (подробно мы говорили о них в предыдущей главе), сходных по конструктиву, материалам и технологическому маршруту.

Была разработана новая технология изготовления этих 11 деталей-представителей и смоделированы все технологические переходы и операции — с учетом предлагаемого оборудования, режущего инструмента и оснастки.

В процессе моделирования было обосновано машинное время изготовления каждой детали (напомним, штучное время изготовления



**РИС. 30. Деталь-представитель "Стенка"**

каждой детали из группы, характеризуемой деталью-представителем, определяется по штучному времени детали-представителя пропорционально соотношению их габаритных размеров и/или масс). Это позволило достоверно определить необходимое количество оборудования для организации его трехсменной работы.

В ходе экспериментального проекта по одной из очень "хитрых" алюминиевых деталей — "Стенка", содержащей большое число продольных пазов (рис. 30), — у специалистов ОАО "Элара" возникли большие сомнения.

Дело в том, что при моделировании обработки было получено расчетное время 1 ч 22 мин., а по существующей технологии эта деталь изготавливалась тогда почти 15 часов. Разница почти в 10 раз — невероятно! Они утверждали, что реально время составит не менее 10 часов (в проекте внедрения фактическое время составило 2,5 часа — причины этого мы обсудим далее). В итоге было предложено приобрести 7 единиц оборудования (табл. 14).

Из табл. 14 видно, что горизонтальные центры и токарные станки явно недозагружены и можно было бы обойтись, например, одним

Таблица 14

Состав оборудования для производства  
деталей приборов

Оборудование	Количество, шт.	Коэффициент загрузки
Вертикальные обрабатывающие центры	2	0,852 (рис. 31)
Горизонтальные обрабатывающие центры	3	0,407
Токарные станки	2	0,37 и 0,54

токарным станком с коэффициентом загрузки 0,91 ( $0,37 + 0,54$ ) и двумя горизонтальными центрами с коэффициентом загрузки 0,61. Однако, учитывая перспективные планы по наращиванию годовой программы выпуска деталей для разных видов изделий, руководство предприятия приняло решение о закупке двух токарных станков и трех горизонтальных центров.

Таким образом, уже на этапе экспериментального проекта фактически проводится оценка и предварительная балансировка производственных мощностей. Это значительно лучше, чем "вдруг" обнаруживать, как это часто бывает после поставки, что новые станки простаивают или перегружены.

В ходе экспериментального проекта были разработаны три основных документа:

- техническое задание на проект (совместно со специалистами ОАО "Элара");
- пояснительная записка с разработанной технологией, результатами математического моделирования обработки деталей, расчетами требуемого количества единиц оборудования и коэффициентов его загрузки. В пояснительной записке была также изложена методология интеграции существующей системы подготовки производства и вновь создаваемого производства (подготовка и оптимизация ЧПУ-программ, DNC-управление оборудованием и т.п.);
- техническое задание на поставку оборудования, программного обеспечения и инструмента.

Еще один важный аспект: в ходе экспериментального проекта были разработаны планировка размещения оборудования во вновь создаваемом цехе механообработки и оптимальные технологические маршруты движения деталей и заготовок по этому цеху.

Сравнение существующей и новой технологии говорит само за себя:

- трудоемкость изготовления всей номенклатуры деталей по существующей технологии — 138 тыс. ч в год;
- по новой — 26,5 тыс. ч в год (в 5 с лишним раз меньше).

При этом производственный цикл тоже сокращается в 5 раз, и высвобождаются около 50 производственных рабочих, что немало важно в условиях роста объемов производства и стагнации на рынке труда.

На этом этапе у руководства ОАО "Элара" появилась уверенность в том, что при закупке семи единиц нового оборудования (и организации производства в соответствии с разработанным проектом) экспортный заказ будет выполнен в заданные сроки и предприятие получит ожидаемую прибыль от реализации своих авиационных приборов.

Что касается сроков окупаемости данного проекта, она может быть рассчитана разными способами. Если итогом проекта считать лишь снижение трудоемкости, срок окупаемости составит около 5 лет. Но авторы считают, что при расчете окупаемости следует учитывать не только сокращение прямых затрат на производство, зависящих от трудоемкости изготовления изделий, но и полученную или упущенную дополнительную прибыль от реализации изделий на рынке. В этом случае расчетный срок окупаемости сокращается до 1,5—2 лет.

Через месяц после завершения экспериментального проекта на основе технического задания на поставку были подготовлены договоры на поставку оборудования и на проект внедрения. Еще через квартал оборудование было установлено, и специалисты "Солвер" совместно со специалистами ОАО "Элара" начали реализацию проекта внедрения.

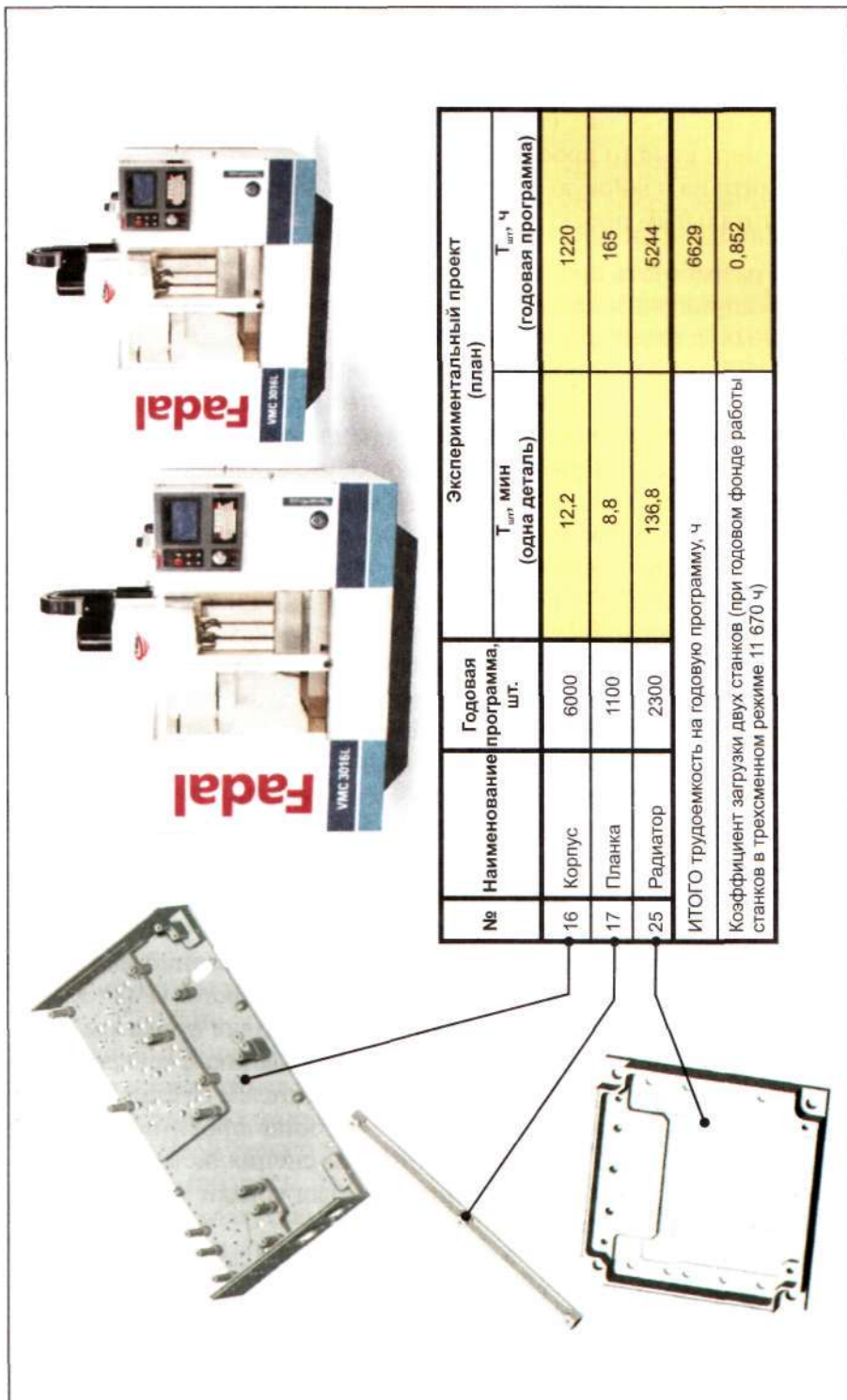
Целью проекта внедрения было создание действующего прототипа системы конструкторско-технологической подготовки на основе *Pro/ENGINEER* и автоматизированного производства с использованием поставленного технологического оборудования:

- фрезерных станков *Fadal VMC3016 L* (см. рис. 31), *Compumill HMC-410*,
- токарных станков *Hardinge (Conquest T42L и Cobra 42)*;
- инструмента *SECO* и приспособлений *VB* и *КОМА*,

а также выбранных объектов проектирования и изготовления (заданной номенклатуры деталей).

При этом требовалось:

- сократить производственный цикл в 5 раз (принципиальная возможность такого сокращения была обоснована и рассчитана в ходе экспериментального проекта);



**РИС. 31. Технологическая загрузка двух вертикально-фрезерных станков Fadal VMC 3016L. Экспериментальный проект**

- повысить качество изделий — довести число годных изделий до 99 из 100;
- снизить затраты на производство на 112 тыс. нормо-часов — со 138 тыс. до 26 тыс. (также в соответствии с результатами экспериментального проекта);
- выйти на плановую загрузку оборудования, заданную экспериментальным проектом, с точностью  $\pm 20\%$ ,

а также разработать программу развития механообработки в масштабе предприятия в целом (с охватом уже не только корпусных и крепежных деталей для авиационных приборов, но всей номенклатуры деталей предприятия, включающей более 5 тыс. наименований).

Принципиальное отличие проекта внедрения от экспериментального в том, что в экспериментальном проекте в основном задействованы консультанты, а от предприятия требуются лишь исходные данные для формирования технического задания на проект и оценка результатов выполненного проекта.

Проект внедрения — более важный и принципиальный для предприятия этап, поскольку здесь готовятся и происходят технические и организационные изменения, связанные с внедрением новых технологий. Роль специалистов предприятия на этом этапе становится определяющей, и необходимо личное участие в проекте топ-менеджеров и ведущих специалистов (без них необходимые изменения просто не смогут произойти и стать необратимыми). Но любое предприятие, особенно крупное, — структура консервативная, следовательно, необходимо предложить методологию и организационные формы для эффективного участия топ-менеджеров и ведущих специалистов в проекте внедрения.

В данном случае проектная группа вследствие масштабности проекта была многочисленной: в нее вошли 15 специалистов ОАО "Элара" и 7 специалистов от "Солвер". Группа была создана приказом генерального директора ОАО "Элара" (по согласованию с генеральным конструктором фирмы "Солвер"), а руководителем ее стал заместитель главного технолога предприятия. В состав проектной группы вошли конструкторы изделий, технологи, специалисты механического цеха. Приказом по предприятию был создан управляющий совет во главе с техническим директором.

Перед проектной группой была поставлена задача в течение двух кварталов освоить производство всех 11 деталей-представителей, выбранных в ходе экспериментального проекта, а также ПО аналогичных деталей из производственной программы текущего года. Мы уже отмечали в предыдущей главе, что проект внедрения всегда свя-

зан не с учебно-демонстрационными задачами, когда и сроки можно сдвинуть, и специалистов дать не самых лучших, а с "боевыми" производственными задачами, в которых за срыв плана (несмотря на внедрение новой техники) спросят полной мерой. Именно такой жесткий регламент методологически выбран фирмой "Солвер" в качестве основного, потому что он фактически превращает проектную группу в специальное производственное подразделение, имеющее "спецназовский" уровень (ни консультанты, ни предприятие не хотят ударить в грязь лицом).

Были подготовлены и утверждены план мероприятий по реализации проекта внедрения из 84 пунктов и подробный план-график, определяющий подзадачи, сроки и ответственных лиц (практически все эти планы были выполнены в срок).

Вся работа проектной группы была направлена на осуществление технических изменений — изменение технологий, системы контроля качества, системы разработки управляющих программ для станков с ЧПУ и т.д. Но в разделе о новых организационных формах мы доказывали, что технические изменения обязательно должны сопровождаться организационными — изменениями во взаимоотношениях между инженерными и производственными службами, в системе документооборота, в системе норм и нормативов и т.п.

Конкретный *пример* из проекта, осуществленного на ОАО "Элара": существовавшая система качества требовала проверки соответствия размеров каждой изготовленной детали, что, естественно, требовало дополнительного времени, увеличивало производственный цикл и общую трудоемкость. Внедрение новой технологии, гарантирующей точность исполнения размеров самой управляющей программой и параметрами станка, позволяет перейти от тотального активного контроля к выборочному, при котором проверяется сначала 1 из 10, а затем и из 100 деталей.

Понятно, что проектная группа неспособна решить подобную организационную проблему (да и служба качества будет изо всех сил отстаивать ранее существовавшую систему), для этого нужна другая структура, в которую входят наделенные полномочиями топ-менеджеры. Этой структурой и является управляющий совет, который, как уже упоминалось, на ОАО "Элара" возглавил технический директор. Совет заседал ежемесячно, отслеживая выполнение производственных планов проектной группой. На его рассмотрение выносились все организационные вопросы, связанные с процессом внедрения новых технологий в производство. На одном из заседаний совета был решен вопрос о введении новой системы контроля качества деталей, изготавливаемых по новой технологии. Для помощи в органи-



зации этой системы один из ведущих специалистов "Солвер" провел на предприятии "Элара" 2 месяца.

Кроме того, принципиальным было решение управляющего совета создать проектную группу технологов-разработчиков ЧПУ-программ непосредственно в механическом цехе, что значительно упростило подготовку производства (до этого все ЧПУ-программы создавались в отделе главного технолога).

Еще одно решение управляющего совета инициировало появление нового стандарта предприятия, четко регламентирующего взаимодействие конструкторских и технологических служб, ориентированное на новое оборудование и программное обеспечение. До этого технологические службы, используя чертежи, сами строили трехмерные электронные модели деталей, тем самым освобождая конструкторов от ответственности за принятые ими решения и беря на себя ответственность за все ошибки при сборке этих деталей в изделие.

Общая длительность проекта внедрения составила 6 месяцев, общая трудоемкость — 3784 человеко-дня (в том числе по "Солвер" — 1204 человеко-дня). На рис. 32 показан участок цеха с созданным производством.

При создании действующего прототипа была сформирована нормативная база для всех 11 деталей-представителей, а также описан и пронормирован процесс технической подготовки производства и производства детали по всем этапам. Для примера рассмотрим лишь одну из деталей-представителей — "Корпус" (см. рис. 31).

Нормативные бизнес-процессы по этой детали-представителю:

- моделирование геометрии детали и получение ее чертежа (нормативное время в 12 ч утверждалось руководителем проектной группы на основании соответствующего акта, подписанного руководителем конструкторской службы);
- разработка технологического процесса (16ч, акт был подписан заместителем начальника цеха);
- моделирование обработки детали — разработка ЧПУ-программы (16 ч, полученное расчетное штучное время изготовления — 12,2 мин., акт подписан главным технологом);
- изготовление детали (время освоения — 16 ч, фактически достигнутое штучное время изготовления — 15 мин., акт подписан начальником цеха механической обработки).

Отклонение фактически достигнутого при внедрении по детали "Корпус" штучного времени — 15 мин. и расчетного штучного времени, определенного на этапе экспериментального проекта, — 12,2 мин., — находится в заданных техническим заданием на проект внедрения пределах —  $\pm 20\%$ .



**РИС. 32.** Участок цеха, созданный в результате проекта внедрения

Важно, что нормативы для всех 11 деталей-представителей были не просто достигнуты проектной группой, а утверждены (не без борьбы!) руководителями служб, ответственными за соответствующие этапы подготовки производства и производства, т.е. за реальную эксплуатацию создаваемого прототипа производства. Созданные нормативы подробно документированы в итоговом отчете о проекте внедрения.

А поскольку отклонения штучного времени любой конкретной детали из производственной номенклатуры от ее детали-представителя находятся в пределах от 20% до 60% (детали-представители выбирались именно таким образом), то в этих пределах должны находиться и реальные отклонения. И если нормативное штучное время изготовления детали-представителя утверждено равным 15 мин., то детали из данной группы в принципе не могут изготавливаться более 24 мин., в противном случае это должно стать предметом очень серьезного служебного разбирательства.

В процессе создания нормативной базы был проведен контроль соответствия расчетного и фактического времени обработки всех 11 деталей-представителей, расхождения составили не более 20% (это допустимый диапазон).

Впрочем, было и одно исключение — уже упомянутая деталь "Стенка". Технологический процесс изготовления детали "Стенка" из алюминиевого сплава, используемый ранее, предусматривал 15-часовую механическую обработку на оборудовании с ЧПУ с применением цельного инструмента: малоразмерных фрез и сверл. Переход на режущий инструмент *SECO* (фрезу с восьмигранными сменными режущими пластинами, дисковую фрезу со сменными твердосплавными режущими вставками для прорезки пазов и т.п.) позволил сократить время изготовления этой детали в 5,5 раза — до 153 мин. Замечательно?

Но в ходе экспериментального проекта расчетное время изготовления этой детали было определено равным 81,6 мин. (рис. 30), т.е. фактическое время (153 мин.) оказалось почти вдвое больше расчетного.

Этот случай стал предметом подробного анализа.

Существует несколько причин для столь серьезных расхождений:

- значительное отклонение фактических и справочных свойств материалов (по химическому составу и механическим характеристикам);
- значительное отклонение фактических и паспортных свойств режущего инструмента (по стойкости, потому что это влечет изменение режимов обработки). Обычно при моделировании

"Солвер" рекомендует использовать средние режимы обработки из диапазона, рекомендуемого фирмой — производителем инструмента;

- отличие фактических типов оснастки от принятых при моделировании;
- разница в размерах реальной заготовки и заготовки, описанной при моделировании;
- ошибки при моделировании — поэтому для особо важных деталей независимое моделирование проводят в "Солвер" два разных специалиста или выполняется технологическая обработка (натурное моделирование) на собственном технологическом оборудовании в техническом центре.

В данном случае удвоение времени обработки детали объяснялось влиянием комбинации первых четырех факторов. В частности, материал детали "Стенка" оказался более вязким, чем предполагалось, и для достижения требуемого качества обработки на практике пришлось снижать скорость резания.

Проект внедрения практически полностью подтвердил результаты экспериментального проекта — по коэффициенту загрузки оборудования отклонения составили не более 15% от расчетных значений, что можно считать вполне удовлетворительным показателем. Единственное исключение было связано с тремя горизонтальными обрабатывающими центрами, на которых обрабатывалась деталь "Стенка", здесь коэффициент загрузки превысил расчетное значение (0,407) почти вдвое и составил 0,795. Поскольку запас по загрузке был большой (0,407 существенно меньше 1), ничего страшного не произошло.

Если бы такого запаса не было, фирме "Солвер", которая давала гарантии по результатам экспериментального проекта, пришлось бы за собственный счет приобретать специальную оснастку для станков, чтобы снизить штучное время обработки детали "Стенка". Вот что такое — в нашем понимании — реальная ответственность инженерных консультантов, берущихся за фактическое достижение ими же рассчитанных показателей!

Подведем некоторые итоги. В ходе 6-месячного проекта внедрения было освоено 117 деталей из производственной программы. Основные результаты, достигнутые в проекте:

- на площадях, заполненных устаревшим оборудованием, предназначенным к списанию, фактически был построен новый цех механообработки (цех 103) с современным оборудованием;

- было высвобождено около 70 человек производственного персонала, значительно сократилась зависимость объединения от дефицита рабочих-станочников;
- цикл изготовления деталей сократился в 4,5 раза (расчетное значение было — в 5 раз, в исходном задании требовалось сократить его в 2—3 раза);
- экономия трудоемкости по сравнению с существовавшей составила более 107 тыс. нормо-часов (сокращение в 4,5 раза);
- повысилось качество изделий — количество годных изделий доведено до 99 из 100;
- был утвержден план освоения еще 600 деталей в течение следующих 7 месяцев после завершения проекта внедрения. Эту работу предприятие в состоянии выполнить своими силами при минимальном привлечении консультантов.

В итоге за 18 месяцев предприятие прошло путь от постановки задачи в экспериментальном проекте до выхода на установленные плановые показатели в рамках проекта внедрения:

- составление технического задания на экспериментальный проект — 1 мес;
- выполнение экспериментального проекта — 4 мес;
- составление технического задания на поставку оборудования и программ — 1 мес;
- поставка оборудования и программного обеспечения — 4 мес;
- установка и пусконаладка — 1 мес;
- выполнение проекта внедрения — 6 мес;
- итоговый отчет — 1 мес.

Общий объем переданной документации на проект внедрения составил 556 страниц: итоговый отчет, документация на технологические процессы, организационные и нормативные документы, сертификационные документы, программы обучения. Эта документация представляет собой мощную нормативную базу созданного действующего прототипа, которая и позволяет развить этот прототип в масштаб предприятия.

Одной из основных целей проекта внедрения как раз является подготовка оргструктуры предприятия, его специалистов к самостоятельной реализации последующих индустриальных проектов. Мы уже отмечали в предыдущей главе: если в экспериментальном проекте роль консультантов крайне велика, а специалисты предприятия играют роль лишь заказчика и приемщика проекта, то в индустриальном проекте все кардинально меняется. Консультанты могут привлекаться для участия в таких проектах, но только для

решения особо сложных задач и консультаций по поводу текущих проблем.

Индустриальный проект — это развитие результатов проекта внедрения в масштаб предприятия на основе созданного и действующего прототипа производства. Фирма "Солвер" категорически не рекомендует перепрыгивать из экспериментального проекта в индустриальный (или тем более сразу затевать масштабный индустриальный проект), минуя проект внедрения, и старается не участвовать в подобных авантюрах.

Опыт показывает, что попытка развернуть крупномасштабный выпуск новых изделий без создания прототипа на основе отработки деталей-представителей (даже если процесс внедрения других видов деталей прошел нормально) ни к чему хорошему не приводит.

С такой ситуацией как раз и столкнулось ОАО "Элара" при изготовлении сложной детали "Основание" — нового вида изделий, не освоенного в процессе создания действующего прототипа производства (на основе упомянутых 11 деталей-представителей) на этапе проекта внедрения. Деталь "Основание" существенно отличалась от деталей-представителей, и при оптимизации машинного времени ее обработки специалисты предприятия "Элара" получили время 13 ч. Начался выпуск этих деталей на поставленном современном оборудовании.

Совершая обход цеха, генеральный директор объединения поинтересовался, почему летать так долго обрабатывается на новом станке, хотя консультанты после завершения проекта внедрения гарантировали, что для деталей освоенной номенклатуры машинное время не будет превышать 3 ч (за исключением одной очень трудоемкой детали, требующей специальных "щадящих" режимов обработки). Масла в огонь подлил находившийся рядом швейцарский гость, который, покачав головой, сказал: "Я у себя на станке сделал бы эту деталь за 1 час" и прехтожил свои услуги в разработке соответствующего технологического процесса. (Заметим, что ему немедленно были переданы чертежи детали, но ответа не последовало и по прошествии года.) Не получив вразумительного ответа от собственных технологов, генеральный директор обратился к консультантам за разъяснениями.

Специалисты "Солвер" выехали на предприятие и включились в текущую производственную деятельность, в частности занялись оптимизацией технологии изготовления детали "Основание". Чтобы не загружать отладочными работами оборудование заказчика, был задействован технический центр "Солвер" в Москве, где есть аналогичное оборудование. В итоге удалось довести машинное время до 2 ч 40 мин. (т.е. трудоемкость изготовления детали была

снижена почти в 5 раз). Это время было сначала получено в техническом центре, а потом полностью подтвердилось при запуске технологии в цехе.

Основная проблема состояла в том, что цеховые технологи, не имея в ту пору достаточного опыта работы с новым оборудованием и режущим инструментом, неоправданно занизили (на всякий случай, для мнимой экономии инструмента) режимы резания. "Экономия" вылилась:

- в непроизводительное использование оборудования — такая ситуация легко может привести к нехватке оборудования при массовом выпуске продукции, цех не будет справляться с планом и встанет вопрос о закупке дополнительного оборудования;
- в увеличение сроков изготовления изделия в целом;
- в рост затрат на электроэнергию и заработную плату.

Эта ситуация впоследствии рассматривалась высшим руководством объединения, которое объявило о реализации индустриального проекта, нацеленного на оптимизацию трудоемкости изготовления всех деталей, входящих в годовую производственную программу. Естественно, в ходе этой работы существенно расширили нормативную базу.

О роли и значении нормативной базы, нормирования работ хотелось бы сказать особо:

1. В рассматриваемом проекте все началось с нормирования подготовки производства и производства деталей, не затрагивались конструкция в целом, процессы передачи информации, управление документооборотом (в том числе выдача извещений об изменениях). В общем случае нормирование может начаться с любого этапа, любого "этажа" бизнеса, важно, чтобы оно в итоге охватило все этапы процессов подготовки производства и производства.

Нормативная база, определяя и контролируя сроки, качество, затраты, балансирует первый, второй и третий этажи бизнеса, а через конкурентоспособность продукции влияет и на четвертый этаж.

2. Нормативная база — важнейший организационно-технический элемент новой технологии, она должна быть освоена и усвоена руководителями и специалистами предприятия. Как правило, фирмы — поставщики оборудования и программных средств обучают людей основам работы с конкретным станком или программой, никак не привязываясь к специфике рабочего места и номе-

нклатуре изделий. Далее все зависит от случая и самого человека. Фирма "Солвер" выбрала другой путь — обязательной сертификации специалистов на степень владения созданной нормативной базой. Сертификации подлежат конструкторы, технологи, операторы станков, наладчики, начальники цехов и т.п. При этом обучение остается, но оно становится лишь первым этапом сертификации. А сама сертификация основана на конкретных деталях-представителях, для каждой из которых разрабатывается специальная система контрольных вопросов для всех категорий специалистов (табл. 15).

При этом сертификация перестает быть формальной (в отличие от общих обучающих программ, где выпускные экзамены сдают обычно все). Например, по двум специалистам предприятия фирма "Солвер" дала по итогам сертификации отрицательные отзывы и рекомендовала заменить или переместить их (табл. 16).

Кстати, эта схема вполне применима не только для отдельных деталей, но и для изделий в целом (если проект затрагивает конструкторскую подготовку изделия).

3. Основной бич предприятий — *неконтролируемая трудоемкость*. Поскольку нет эталонов и обоснованных нормативов, зачастую трудоемкость сознательно или несознательно завышается (например, для увеличения заработной платы производственных рабочих), при этом неэффективно используется оборудование, заказывается новое при недозагруженном имеющемся и т.п. Генеральный директор ОАО "Элара" попросил фирму "Солвер" периодически контролировать исполнение установленных нормативов по трудоемкости — по созданной нормативной базе (в дальнейшем он передал эту функцию соответствующей службе предприятия).

## Создание новой системы технической подготовки производства

Описанный пример создания новой системы технической подготовки производства выбран нами не по критерию его успешности (проект в итоге был "заморожен"), а потому, что в нем отразились многие специфические черты отечественных машиностроительных предприятий, препятствующие (при самых блестящих технических решениях) переходу к проектному управлению, динамичному преобразованию и развитию бизнеса.



Таблица 15

Распределение контрольных вопросов  
при сертификации специалистов

Должность	ФИО	Номера контрольных вопросов по детали-представителю					
		Крестовина 753436.003		Упор 6С8.366Л82		Шток 6С8.352.067	
Начальник цеха	Иванов А.А	1	2	3	4	5	6
Зам. начальника цеха	Петров С.Н	1	2	3	5	8	9
Зам. начальника цеха	Сидоров Н.Н.	1	2	3	5	8	9
Мастер	Котов А.В.	1	2	23	27	28	29
	Рогов С.А.	1	2	23	27	28	29
	Черенков В.А.	1	2	23	27	28	29
Механик цеха	Попов А.И.	2	3	4	5	6	8
Начальник ПДБ	Колтаков О.Н.	10	13	14	15	16	18
Инженер по подготовке производства	Иванова О.С.	1	3	4	5	6	8
Ведущий инженер-технолог	Петрова С.Л.	1	2	5	6	8	9
Инженер-технолог	Сомов Л.В.	10	13	14	15	16	18
	Петров А.В.	10	13	14	15	16	18
	Рыбкин С.В.	10	13	14	15	16	18
	Токмачев В.П.	10	13	14	15	16	18
Инженер Б ИХ	Семенов Н.Г.	10	13	14	15	16	18
Инженер-конструктор	Кошкин С.В.	38	35	38	37	38	41
	Васин Н.А.	38	35	38	37	38	41

В период перестройки предприятие (не знаем, хотя ли его руководители быть упомянутыми, поэтому назовем его — для определенности — ОАО "Нептун") испытывало большие трудности с реализацией основной своей продукции в связи с известными проблемами отечественного авиапрома.

Таблица 16

## Результаты сертификации специалистов

Должность	ФИО	Результаты сертификации					
		Крестовина 753436.003		Упор 6С8.366.182		Шток 6С8.352.067	
Начальник цеха	Иванов А.А.	+	+	+	-	+	+
Зам. начальника цеха	Петров С.Н.	+	+	+	-	+	+
Зам. начальника цеха	Сидоров Н.Н.	+	-	+	+	+	-
Мастер	Котов А.В.	+	-	+	+	+	+
	Рогов С.А.	+	+	+	+	-	+
	Черенков В.А.	-	+	+	+	+	-
Механик цеха	Попов А.И.	-	-	+	-	+	-
Начальник ПДБ	Колтаков О.Н.	-	-	+	+	+	+
Инженер по подготовке производства	Иванова О.С.	-	+	+	+	+	-
Ведущий инженер-технолог	Петрова С.Л.	-	+	+	+	-	+
Инженер-технолог	Сомов Л.В.	+	-	-		+	-
	Петров А. В.	+	-	+			
	Рыбкин С.В.	+	-	-			
	Токмачев В.П.	+	+	+	-	+	+
Инженер БИХ	Семенов Н.Г.	+	+	+	+	+	-
Инженер-конструктор	Кошкин С.В.	-	+	-	+	-	+
	Васин Н.А.	-	+	+	+	+	+

Для сохранения мощнейшего накопленного потенциала была проведена диверсификация, предприятие начало выпускать снегоходы, силовые электрические установки для энергетических систем и силовые газоперекачивающие установки для газопроводов (на базе серийно выпускаемых авиационных двигателей). По выпуску силовых установок предприятию быстро удалось завоевать

лидирующие позиции в стране и захватить значительную долю рынка.

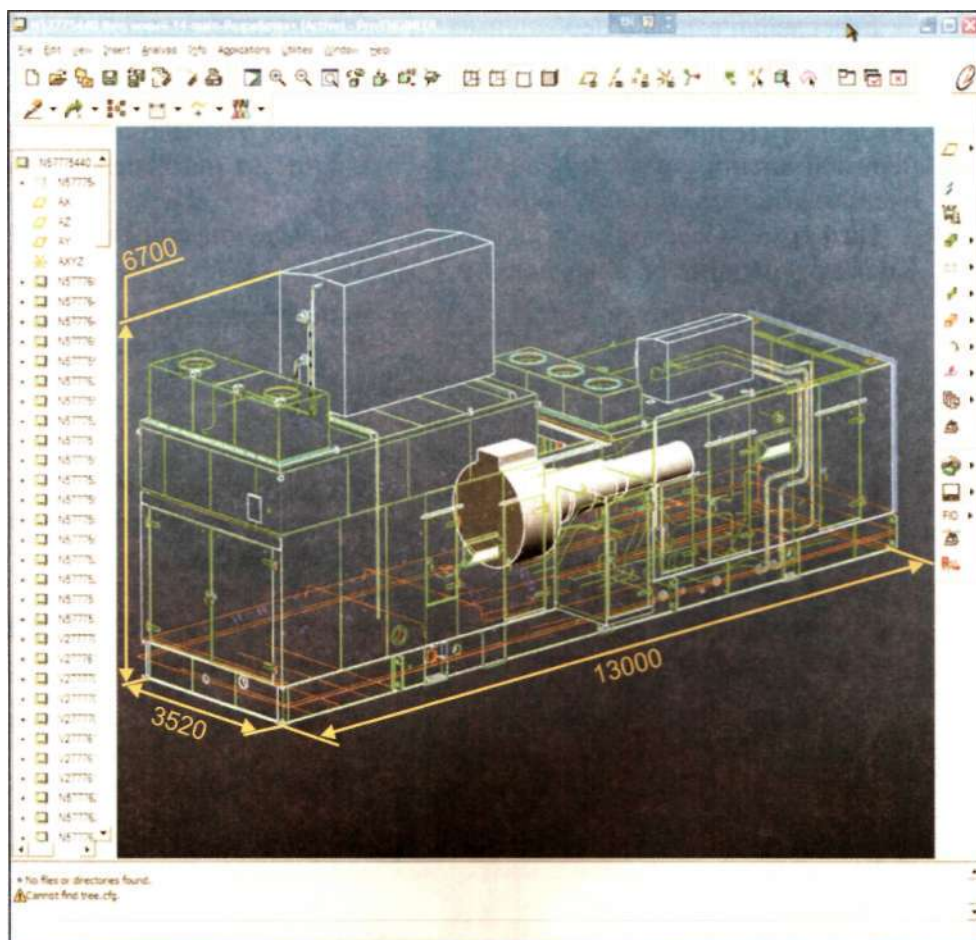
Впрочем, радость была недолгой. Во время командировки в Англию директор по производству посетил предприятие, выпускающее аналогичные силовые установки, и был поражен. При аналогичном станочном парке численность инженеров у англичан оказалась в несколько раз меньше, чем у нас, а срок разработки новых изделий и вывода их на рынок составлял 6 месяцев (у нас — порядка 2 лет). Естественно, при такой разнице нечего было и думать о выходе на зарубежные рынки, к тому же существовала реальная опасность потери отечественного рынка, если западные конкуренты надумают его атаковать.

Директор по производству поставил перед фирмой "Солвер" задачу разобраться в ситуации и дать рекомендации по изменению системы подготовки производства и производства, чтобы сократить срок вывода новых изделий на рынок — в идеале до английских 6 месяцев. Наиболее трудоемким компонентом силовых установок является так называемый контейнер — крупногабаритная сварная металлическая конструкция, внутри которой находится авиационный двигатель и электрическая турбина (рис. 33). По договоренности с директором по производству бригада специалистов фирмы "Солвер" провела анализ состояния конструкторской и технологической подготовки производства и самого производства контейнеров.

Следует сказать, что подобный анализ — обязательный этап инженерного консалтинга, предшествующий экспериментальному проекту, поскольку позволяет грамотно сформулировать техническое задание на него.

Анализ показал, что с точки зрения использования нового прогрессивного оборудования больших резервов в производстве нет, оно достаточно оснащено современными газорезательными машинами и сварочными агрегатами. Основной причиной длительного производственного цикла оказалась крайне несовершенная конструкторская и технологическая подготовка производства. Что удалось быстро позаимствовать у англичан — это название специального конструкторского бюро: "бюро пэкеджей" (так англичане называли этот контейнер).

Несмотря на то что предприятие уже 4 года собственными силами внедряло мощную *CAD/CAM* систему *Unigraphics*, конструкторы продолжали рисовать чертежи контейнера в системе *AutoCad* (не было электронной модели контейнеров). Технологи совершенно обособленно разрабатывали маршрутные и операционные технологии, а оборудование в цехе работало не от управляющих программ, полученных на основе электронной модели, а "с листа" чертежа, т.е. геометрия чертежа вручную заносилась на ЧПУ-стойку станка.



**РИС. 33. Трехмерная электронная модель узла "Контейнер" силовой установки. Общая компоновка**

Ввиду отсутствия трехмерной электронной модели контейнера и силовых агрегатов трудоемкие в производстве сложные пространственные трубопроводы изготавливались по ручным, изготовленным из проволоки, шаблонам. Но проволока моделирует только ось трубы. Представить себе, как конструкция будет выглядеть с учетом реальных диаметров труб, практически невозможно, отсюда многочисленные ошибки и переделки при сборке, срывы сроков, увеличение затрат на материалы и т.п. Не говоря уже о том, что любые компоновочные изменения (а компоновать необходимо элементы корпуса контейнера с силовыми агрегатами и трубами) вызвали резкое увеличение трудоемкости в производстве и значительно увеличивали сроки изготовления.

Был сделан вывод о необходимости создания современной системы конструкторской и технологической подготовки производства силовых установок и интеграции ее с существующей системой производства. Подписание протокола о намерениях открыло путь экспериментальному проекту. Техническое задание на него готовилось очень тщательно, что заняло почти 2 месяца.

На фирме "Солвер" была создана проектная группа из 12 человек. Кроме руководителя, в нее вошли:

- 2 конструктора по созданию электронной трехмерной модели установки;
- 2 специалиста по анализу прочности;
- 1 разработчик чертежей;
- 1 разработчик технологических процессов;
- 1 разработчик управляющих программ для станков с ЧПУ;
- 1 специалист по управлению документооборотом конструкторско-технологической подготовки производства;
- 1 разработчик технического задания на поставку;
- 1 переводчик, потому что пришлось работать с англоязычной технической документацией на газорезательную машину.

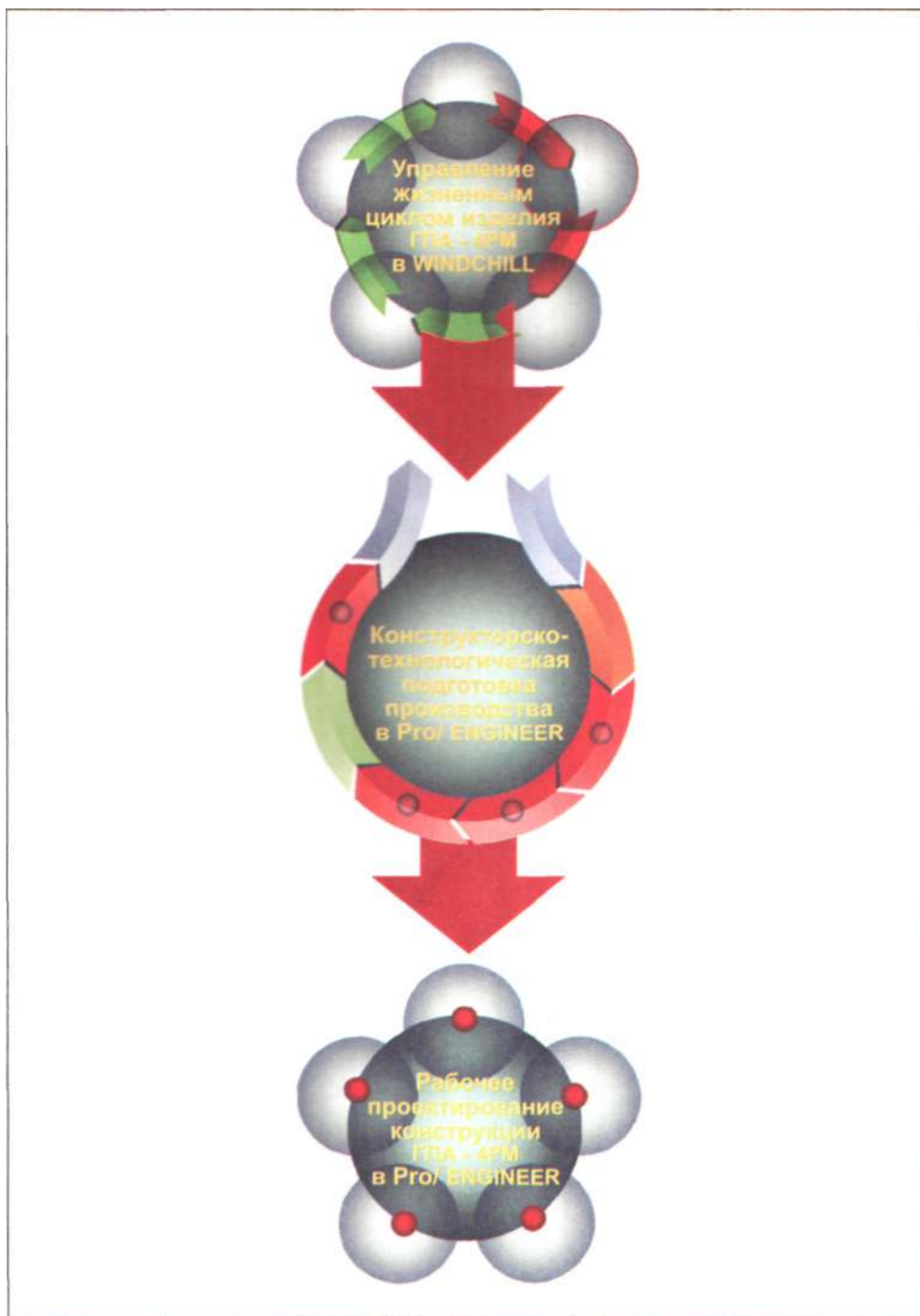
Общая продолжительность экспериментального проекта составила 4 месяца, трудоемкость — 540 человеко-дней.

Была предложена и реализована следующая этапность экспериментального проекта:

1. Разработка трехмерной электронной модели корпусного сборочного узла "Контейнер".
2. Конструкторско-технологическое проектирование трубопроводов, соединяющих силовые устройства агрегата между собой.
3. Оптимизация массы сварной конструкции корпусного узла "Контейнер".
4. Технологическое проектирование деталей сварной конструкции узла "Контейнер".
5. Планирование, контроль исполнения работ по конструкторско-технологической подготовке производства, управление изменениями.

Общая структура работ по проекту представлена на рис. 34.

В ходе проектирования в комплексе программ *Pro/ENGINEER* была разработана трехмерная электронная модель сборочного узла "Контейнер" (размеры этого узла 13м x 3,5м x 6,7м), содержащая около 1183 наименований деталей и 147 наименований сборочных единиц (рис. 35). Заметим, что вся эта работа была проведена двумя опытными специалистами фирмы "Солвер" за два месяца.



**Рис. 34. Структура работ по проекту**  
(работы, реализованные в проекте, выделены красным цветом)

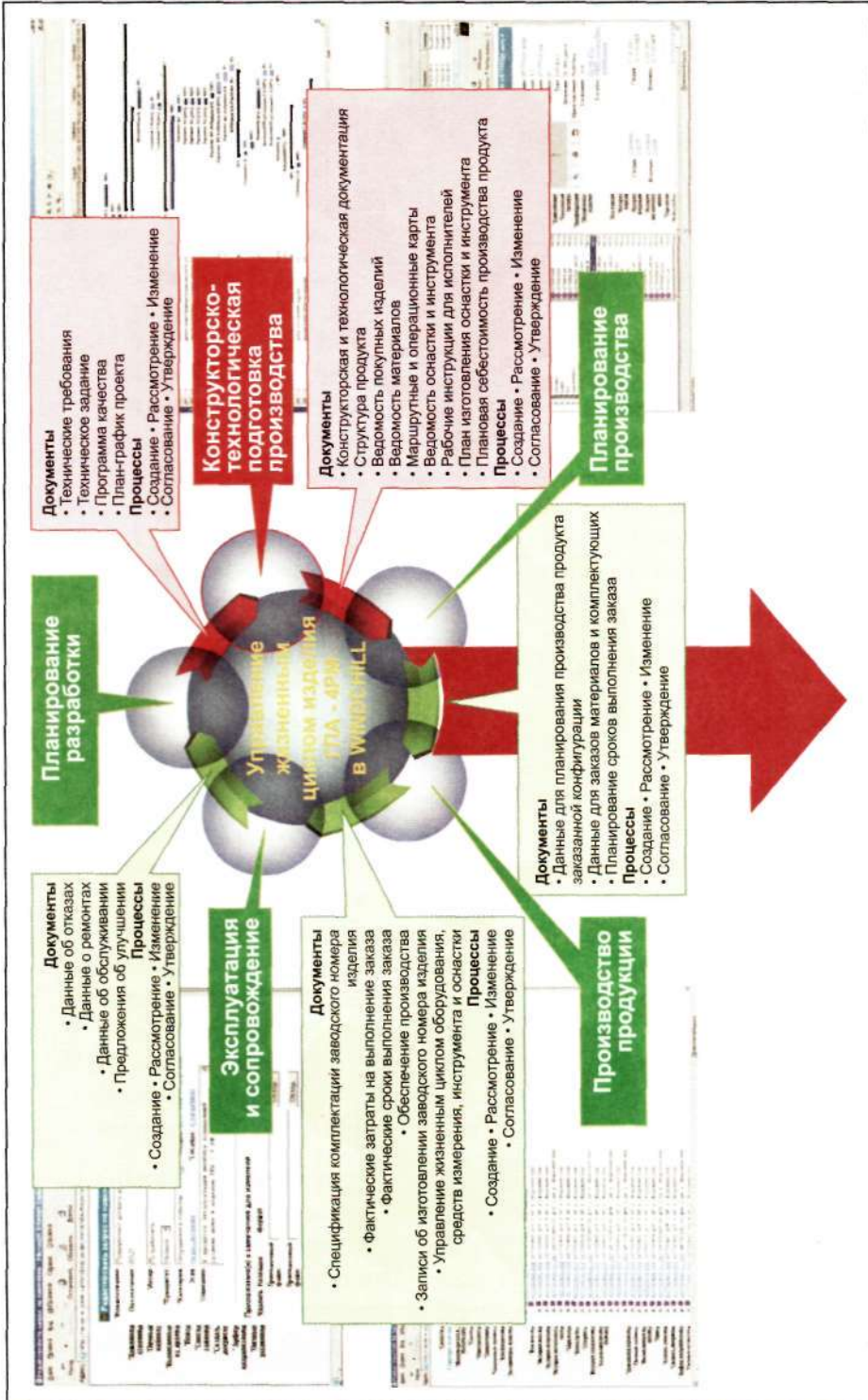


Рис. 34 (продолжение 1). (работы, реализованные в проекте, выделены красным цветом)

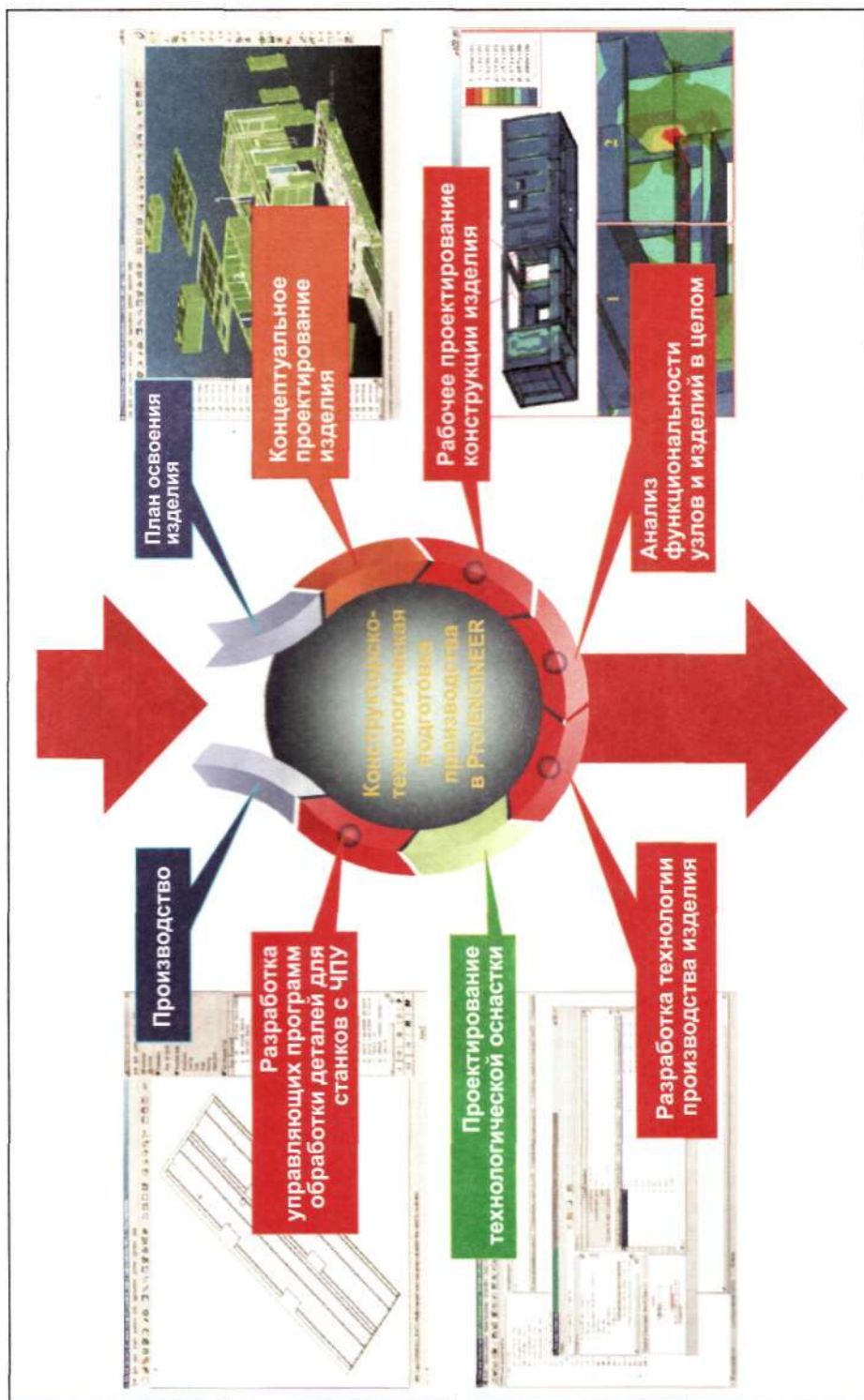
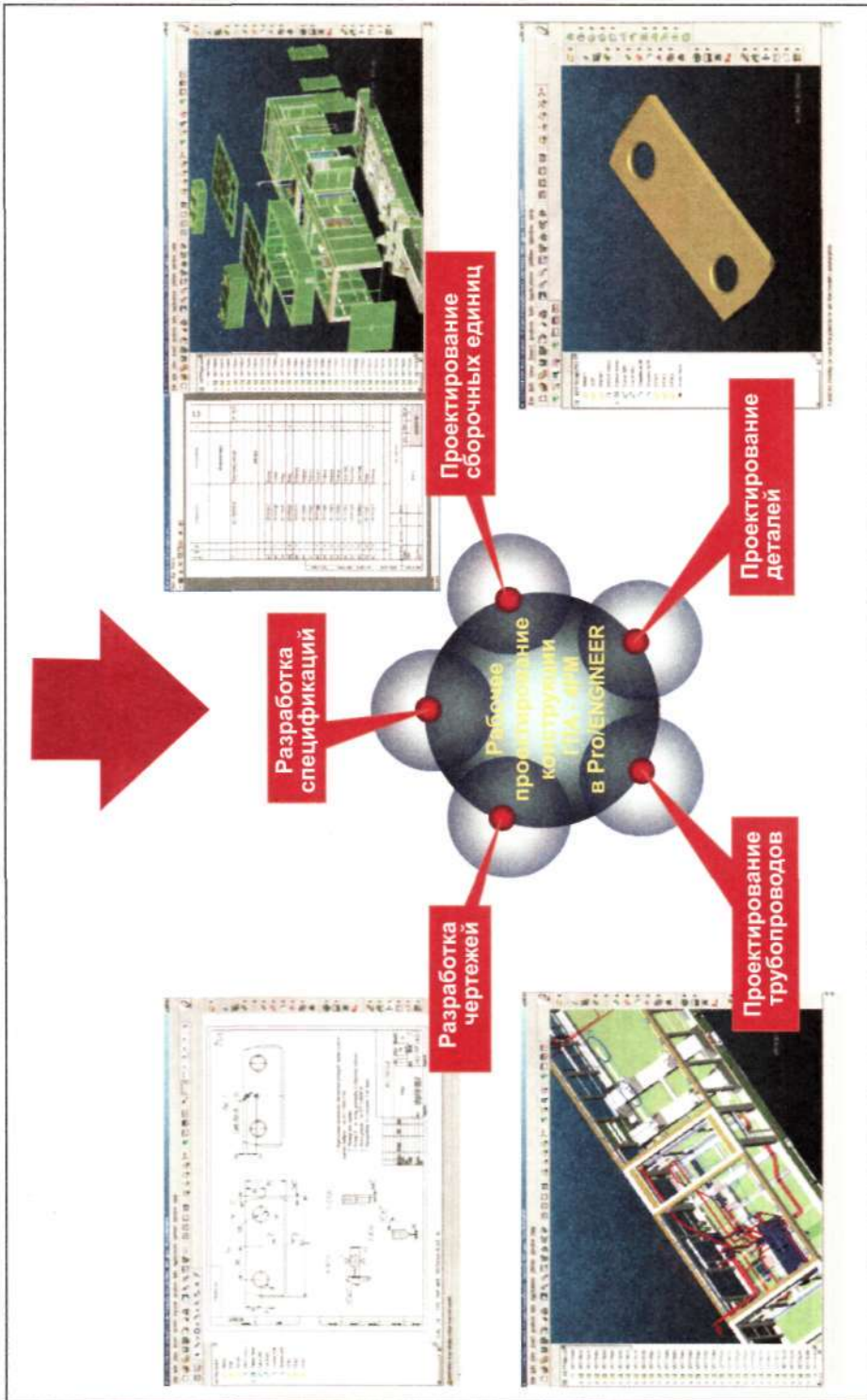


Рис. 34 (продолжение 2). (работы, реализованные в проекте, выделены красным цветом)





**РИС. 34 (продолжение 3).** (работы, реализованные в проекте, выделены красным цветом)

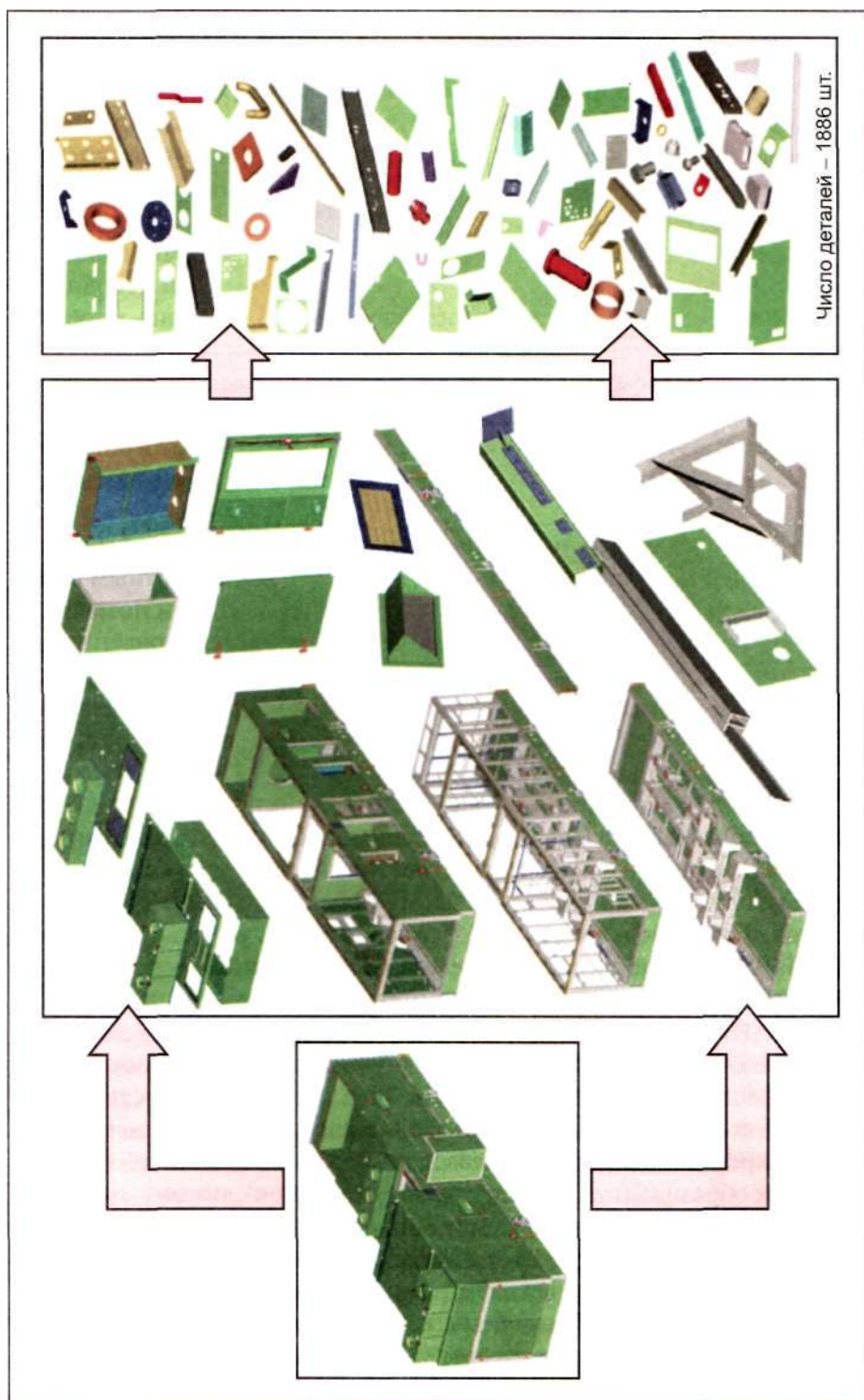


РИС. 35. Трехмерная электронная модель узла "Контейнер". Подузлы и детали

В процессе проектирования получаемых из листового материала пространственных деталей, входящих в эту конструкцию, учитывались технологические особенности их изготовления, в частности радиусы гибки на имеющемся оборудовании. По электронной модели был получен полный комплект конструкторской документации: чертежи и спецификации, эту работу выполнил один человек за месяц.

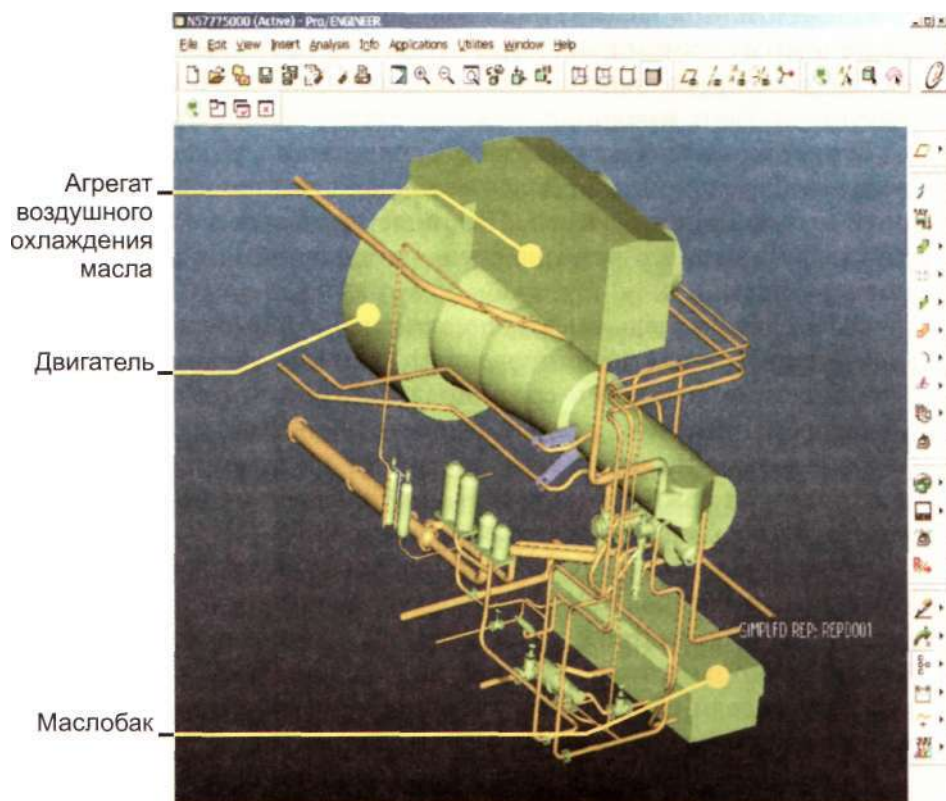
В процессе построения трехмерной электронной модели были выявлены ошибки сборки, связанные с неправильными исходными размерами деталей. Использовался восходящий принцип проектирования, при котором электронная модель сборки создается из электронных моделей деталей, а электронные модели деталей строятся на основе существующих чертежей — в них-то и обнаружилось не менее 15 ошибок (в том числе весьма "хитрых", потребовавших изменения геометрии сразу нескольких смежных, примыкающих друг к другу деталей).

В отсутствие электронной модели все эти ошибки стали бы заметными только на этапе реальной сборки в цехе. По экспертным оценкам, на их устранение в цехе и изменение документации потребовалось бы, с учетом доработки отдельных деталей и изготовления новых взамен бракованных, не менее двух месяцев. В электронной же модели сборки, где подобные ошибки выявляются автоматически, на их обнаружение и устранение потребовалось не более одного рабочего дня конструктора.

Вообще, при внедрении современных систем автоматизации проектирования (САПР), позволяющих работать с трехмерными электронными моделями, существует устойчивое заблуждение, что они позволяют резко сократить время проектирования. Это не совсем так. Например, указанный "лишний" день работы, потраченный на выявление и устранение указанных ошибок и нестыковок сборки, отсутствует при работе конструктора с обычными чертежными САПР.

Таким образом, трудоемкость собственно процесса проектирования даже несколько увеличивается. Зато это дает фантастическую экономию времени на этапе производства и соответственно в общем цикле "проектирование — производство". Прежде всего это касается опытных образцов (при выводе изделий на рынок), потому что, когда производство налажено, этих ошибок, естественно, уже нет.

В итоге реализации данного этапа экспериментального проекта была построена трехмерная электронная модель корпусного сборочного узла "Контейнер" с полным комплектом конструкторской документации, полностью подготовленная для безошибочного изготовления в производстве.



**РИС. 36. Трехмерная электронная модель трубопровода**

Далее был реализован следующий этап, связанный с проектированием трубопроводов, соединяющих силовые устройства агрегата между собой. В существующей технологии изготовления это был один из наиболее трудоемких производственных процессов. Фактически пространственная конструкция каждой трубы изначально вообще не проектировалась — существовала лишь принципиальная схема соединения труб, оси которых макетировались с помощью проволоки во время сборки.

Трехмерная электронная модель трубопроводов (рис. 36) была сформирована с учетом технологических ограничений (по радиусамгиба, длинам прямых участков и т.п.), диктуемых современным оборудованием (трубогибы с ЧПУ). Такого оборудования на предприятии не было, поэтому консультанты выбрали и предложили конкретную модель трубогиба под номенклатуру используемых труб.

Электронная модель трубопроводов (на ее создание один специалист потратил три недели) позволяет сэкономить около полугода на этапе производства и полностью отказаться от трудоемкого и неэффективного проволочного макетирования (проволочные элементы, помимо прочего, имеют обыкновение теряться и деформироваться).

К тому же проволока не является документом, поэтому и существовал информационный разрыв между конструкторской документацией и самой конструкцией. Серийное производство конструкций при наличии такого разрыва очень затруднено и не обеспечивает повторяемости.

Трехмерная модель имеет еще одно неоспоримое преимущество перед проволочным макетированием — можно учесть особенности эксплуатации агрегата и сразу предусмотреть (при проволочном макетировании это нереально) простоту доступа к соединениям трубопровода, что существенно повышает его ремонтпригодность, а это одно из важнейших требований заказчиков (динамические нагрузки часто выводят соединения из строя).

Сочетание трехмерных моделей трубопроводов с наличием в производстве трубогибов с ЧПУ, позволяющих получить точную пространственную геометрию каждой трубы, — важная составляющая безошибочного изготовления агрегата в целом. Здесь, как и при разработке модели сборочного узла, трудоемкость проектирования в сравнении с чертежными САПР явно возрастает.

Раньше конечным результатом проектирования трубопровода был плоский чертеж, а он выполнялся быстро. Вся трудоемкая работа, связанная с окончательным пространственным формированием геометрии труб, падала на этап производства. Эта работа информационно поддерживалась чертежом только как принципиальной схемой и поэтому была недопустимо сложной, затратной и длительной. Можно сказать, что имел место традиционный перенос ответственности на плечи производителей. Зато в архив чертеж попадал в срок, и исполнители исправно получали премии за своевременный выпуск не очень нужного производителям чертежа. При новом подходе потрачено дополнительно три недели одного конструктора (и всю ответственность за геометрию труб теперь несет — что логично — он, и только он), зато сэкономлено 6 месяцев в производстве.

Смысл внедрения современных систем автоматизированного проектирования состоит не в том, чтобы быстро разработать конструкторскую и технологическую документацию, а в том, чтобы резко повысить качество этой документации для минимизации последующих издержек в производстве (именно там наибольшие сроки и затраты).

Одним из важных этапов работы была оптимизация массы 18-тонной сварной конструкции корпусного узла "Контейнер", как наиболее материалоемкой части силового агрегата. Для этого при построении электронной модели узла использовался специальный модуль *Pro/ENGINEER* (применялся метод конечных элементов).

При анализе напряженно-деформированного состояния и оптимизации по массе сборочного узла "Контейнер" было выявлено, что узел недостаточно прочен с учетом действия ветровых и сейсмических нагрузок и нуждается в усилении с соответствующим ростом массы металла на 10% (по сравнению с исходной конструкцией). Вместе с тем без учета сейсмических нагрузок конструкция может быть облегчена на 15,5% (что составляет около 3 т металла на каждый узел).

Консультанты фирмы "Солвер", исходя из того, что не менее половины заказчиков узла "Контейнер" находится в несейсмических районах, предложили выпускать две модификации изделия — для сейсмически опасных и безопасных районов. Это разные конструкции контейнера, отличающиеся по массе на 25% (20 и 15 т соответственно) — см. рис. 37. Затем родилась следующая идея — выпустить специальную модификацию контейнера для закрытых помещений, где нет необходимости учитывать ветровые нагрузки и можно еще уменьшить массу контейнера.

Таким образом, исходная задача была существенно расширена, и совместно с маркетологами заказчика было принято решение о переходе от единого продукта к гамме продуктов и более точной настройке на конечного потребителя (естественно, изменяется система ценообразования, для целого ряда клиентов конструкция подешевеет).

Очень поучительны результаты:

- на первых двух этапах экспериментального проекта решались ключевые вопросы, которые ранее обычно "сваливались" на производство;
- на третьем этапе проекта оптимизация конструкции прямо затронула экономику предприятия (в части сокращения основных затрат на материалы), проблемы маркетинга, сегментирования рынка и рыночного позиционирования изделий;
- на четвертом этапе была разработана технология проектирования деталей сварной конструкции узла "Контейнер" и созданы технологические документы (маршрутные и операционные карты в системе *TechCard*) на ряд деталей, в том числе для оценки времени разработки документов применительно к конструкции в целом.

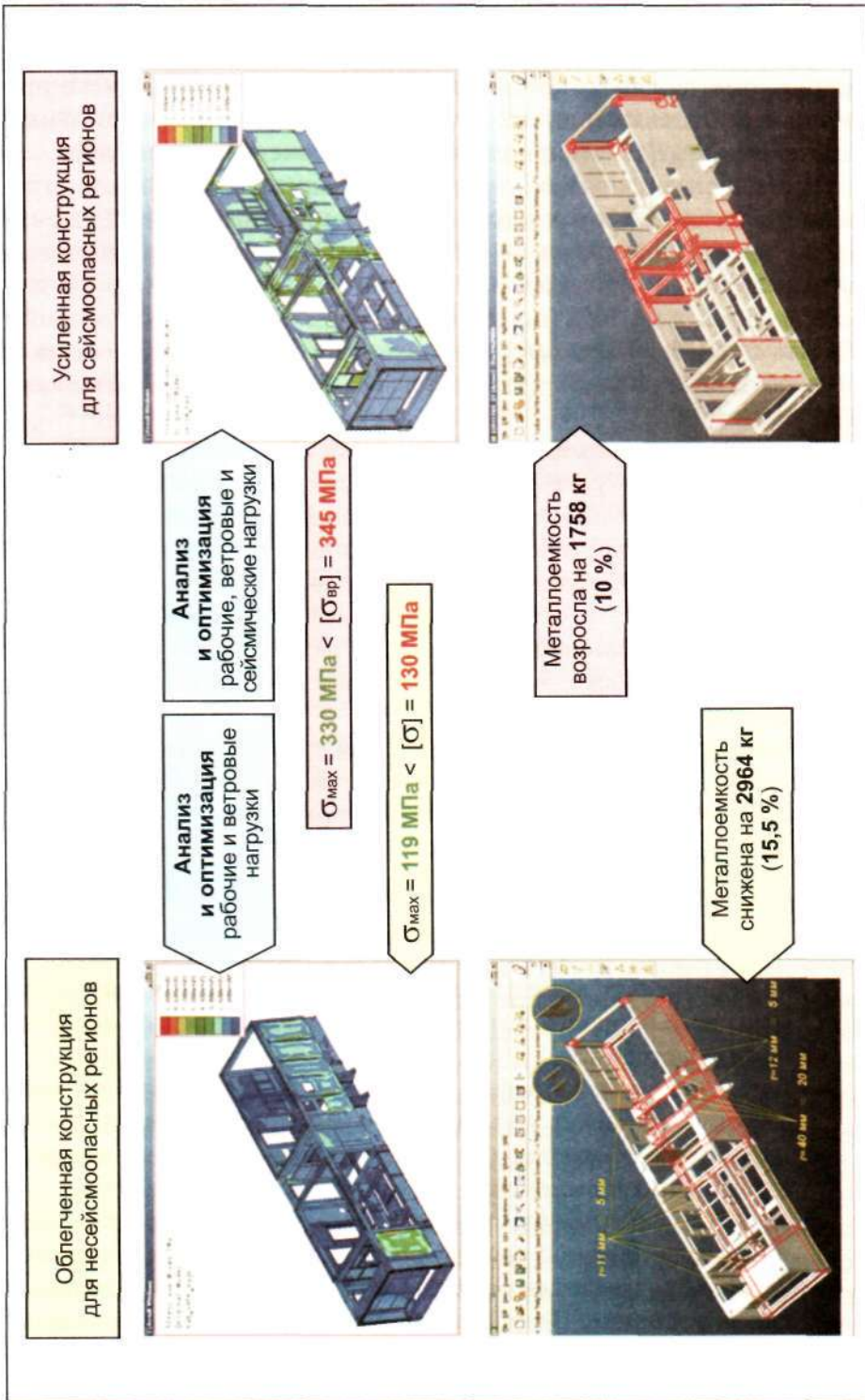


РИС. 37. Два варианта исполнения конструкции "Контейнер"

Детали этого узла изготавливаются путем лазерного раскроя листового проката на существующем оборудовании с ЧПУ и последующего формообразования методом гибки. В процессе разработки технологии была проведена оптимизация раскроя (благодаря наличию трехмерной модели конструкции и всех ее деталей), что сократило отходы на 15%.

В это время возникла еще одна неожиданная проблема. Раньше вся информация вручную вводилась с чертежа на стойку станка. Это было источником большого числа ошибок, выявляемых только в процессе сборки в цехе — пространственная геометрия детали не соответствовала ее чертежу, так как создавался разрыв, аналогичный разрыву между конструкторской документацией и готовой трубой, обусловленный проволочным макетом трубы.

Экспериментальный проект дал возможность по электронной модели детали автоматически создавать управляющие программы. Но тут неожиданно выяснилось, что необходимый для этого стандартный постпроцессор данного станка с ЧПУ по чьей-то халатности просто не был приобретен. А зачем? Все равно информацию с чертежа вводили вручную, и современный станок в таком архаичном режиме использовался уже несколько лет.

Пришлось "Солвер", потратив еще один человеко-месяц, разрабатывать постпроцессор станка с ЧПУ своими силами, чтобы доказать возможность эффективной комплексной конструкторско-технологической подготовки производства.

Конечно, столкнувшись с отсутствием постпроцессора, консультанты вполне могли обойти эту задачу (ответственность за его отсутствие явно лежала на предприятии), но цель инженерного консалтинга — не переложить ответственность, а достичь конечного результата.

Структура технологического проектирования деталей узла "Контейнер" показана на рис. 38. Все этапы конструкторского и технологического проектирования силового агрегата, реализованные при экспериментальном проектировании, были информационно организованы как единый проект, управление которым осуществлялось в PLM-системе (*Product Lifecycle Management* — управление жизненным циклом изделия) *Windchill* (специальный модуль системы *Pro/ENGINEER*). Это позволило свести воедино планирование и контроль исполнения заданий специалистами "Солвер", играющими роли конструкторов и технологов предприятия во время создания экспериментального прототипа подготовки производства. Была экспериментально проверена возможность нисходящего проектирования силового агрегата в направлении "спецификация



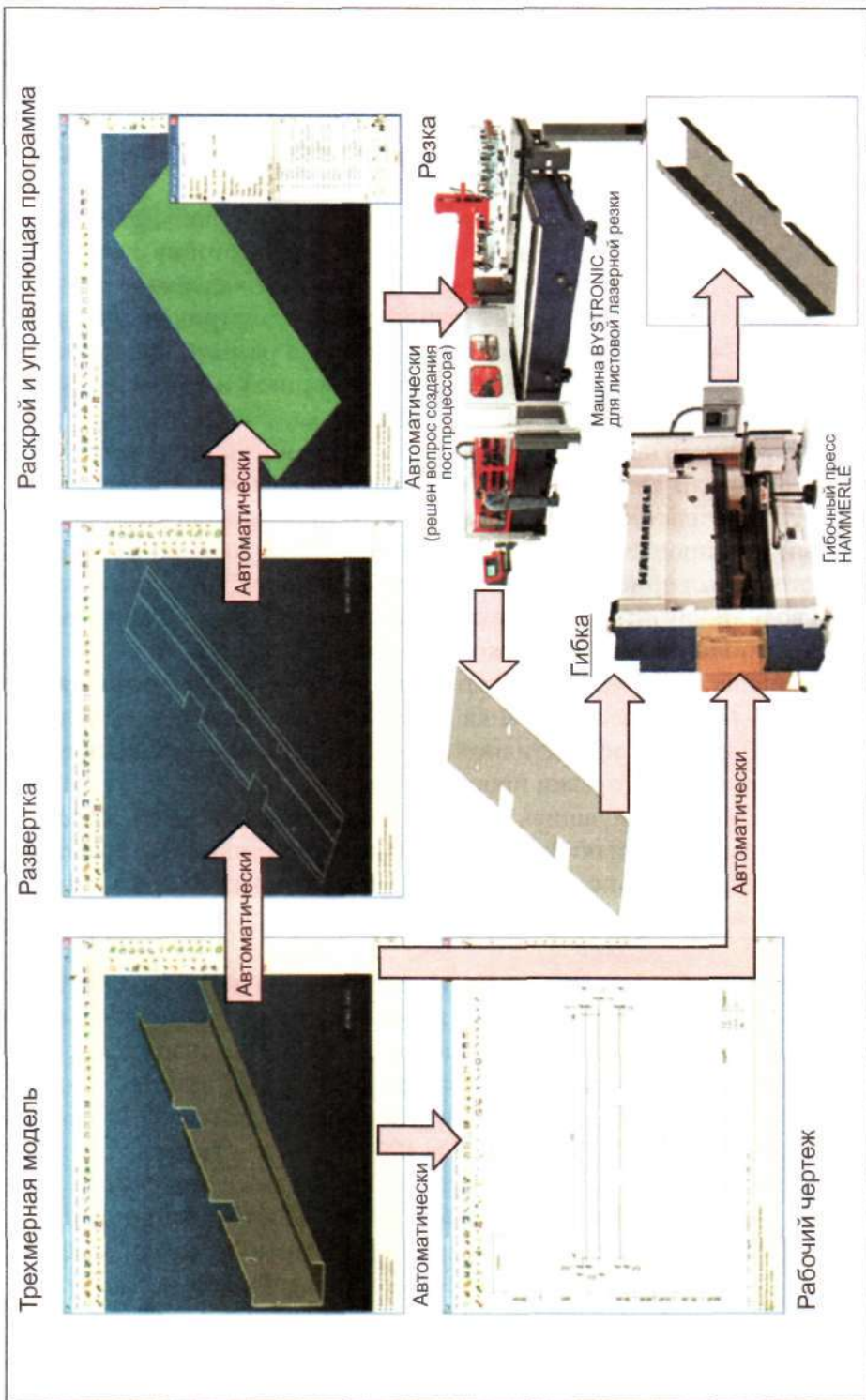


Рис. 38. Технологическое проектирование гнутых листовых деталей узла "Контейнер"

сборки — трехмерные электронные модели узлов — трехмерные электронные модели деталей”.

Такой метод проектирования позволяет по спецификации-аналогу быстро сформировать структурный облик (спецификацию) нового изделия, а затем, двигаясь по позициям спецификации, находить в базе применимости деталей и узлов (которая была создана в ходе экспериментального проекта) приемлемые существующие трехмерные электронные модели подборок и деталей.

Для тех позиций спецификации, где применение существующих деталей и подборок невозможно, автоматизированно формируется задание конструкторам и технологом на разработку оригинальных исполнений (с автоматическим внесением их характерных размеров — параметров в базу применимости, чтобы их можно было повторно использовать).

Раньше применять “чужие” детали было крайне сложно, потому что не существовало системы, отслеживающей применимость конкретных деталей в различных узлах, и изменение автором геометрии исходной детали приводило к многочисленным ошибкам в конструкциях, использующих эту деталь.

В данной системе подобные конфликты исключены, именно доступность информации о применимости той или иной детали определяет права на ее изменения. Даже автор не может изменить деталь: если кто-то использовал ее в своих узлах, ему придется либо согласовать изменение, либо сделать новое оригинальное исполнение.

С помощью системы *Windchill* можно дополнить конструкторскую спецификацию необходимой информацией производственно-экономического характера: для каждой позиции, каждого заводского номера может быть указан поставщик покупной детали, ее стоимость и т.п. Это важный момент, поскольку подобная информация, если и присутствует в системе АСУ предприятия, “размыта” по всему изделию и добраться до конкретной детали (а это необходимо при анализе, например, стоимостных отклонений одного и того же изделия с разными заводскими номерами) очень трудно.

*Windchill* поддерживает жизненный цикл изделия не только на этапе конструкторско-технологической подготовки производства, но и на этапе производства — таким образом осуществляется интеграция между ними. Применение *Windchill* в рамках экспериментального проекта позволило смоделировать организационную среду конструкторско-технологической подготовки производства, в которой планирование и контроль исполнения реализуются на основе четко прописанных бизнес-процессов, а не на бесконечных оперативных совещаниях для решения вопросов “кто виноват?” и “что делать?”.

За счет этого, а также за счет активного использования ранее разработанных элементов конструкции и связанных с ними технологических процессов и документов сроки разработки новых изделий могут быть сокращены на 20—30%.

*Итог:*

*решения оптимизационных задач, существенно сокращая производственный цикл в целом (за счет цикла изготовления), зачастую значительно увеличивают время конструкторско-технологической подготовки производства. Зато организация управления проектированием позволяет сократить сроки конструкторско-технологической подготовки производства, тем самым частично компенсируя дополнительные временные затраты на оптимизацию изделий.*

Полная экспериментальная отработка процесса подготовки производства позволила сделать вывод о том, что производственный цикл в целом для силового агрегата можно сократить с 2 лет до 8—9 месяцев. Для этого нужно (по масштабам объединения "Нептун") не так много: провести небольшое дооснащение производства трубогибами с ЧПУ, внедрить 16 автоматизированных рабочих мест (АРМов) конструкторов и 16 АРМов технологов — соответствующие предложения на поставку оборудования и АРМов фирмой "Солвер" были сделаны.

Трехкратное сокращение сроков производства изделия — существенный результат, хотя английского аналога (6 месяцев) достичь не удалось. По экспертным оценкам, в перспективе по мере развития базы применимости и накопления соответствующей статистики производственный цикл может быть доведен и до 6 месяцев.

Таким образом, даже при наличии современного технологического оборудования для раскроя, сварки, гибки, механообработки серьезное сокращение производственного цикла силовых агрегатов в данном случае (как и во многих других) оказалось невозможным без выстраивания современной конструкторско-технологической подготовки производства. Прототип ее, созданный в ходе экспериментального проекта, дал возможность сформировать ясный и подробный план дальнейших действий.

Расширенный технический совет с участием всех топ-менеджеров предприятия (не было лишь генерального директора) высоко оценил результаты экспериментального проекта, было принято решение о поставке оборудования и программ и переходе к проекту внедрения.

А дальше... дальше начались аппаратные "игры" между топ-менеджерами, курирующими различные службы предприятия. Служба

главного конструктора (от которой производство давно требовало подобных результатов, но получить их так и не удалось) ничего не имела против результатов экспериментального проекта, но взялась реализовать проект внедрения самостоятельно, с участием собственной службы САПР и без участия фирмы "Солвер".

Имея четырехлетний опыт внедрения *Unigraphics* (эта система является конкурентом системы *Pro/ENGINEER*, на которой базировался экспериментальный проект), служба главного конструктора сделала ставку на нее (зачем осваивать что-то новое?). Таким образом, была выхолощена суть решения расширенного технического совета. Эта ситуация достаточно типична: предприятие, получив результаты экспериментального проекта (который нередко выполняется фирмой "Солвер" бесплатно или по себестоимости), начинает "мудрить": пытается реализовать проект внедрения собственными силами и под предлогом удешевления поставок обращается к другим поставщикам оборудования и программ.

Ни собственные специалисты предприятия, ни сторонние поставщики, естественно, не дают и не могут гарантировать соответствия результатов проекта внедрения полученным в экспериментальном проекте параметрам (у них нет для этого ни опыта, ни методологии). В итоге хорошее начинание заканчивается ничем. Не удалось ничего сделать и ОАО "Нептун", хотя со времени завершения экспериментального проекта прошло уже более 3 лет. Ложное понимание чести мундира службой главного конструктора оказалось тормозом на пути реализации проекта, очень нужного предприятию. Англичан с их 6 месяцами производственного цикла для силовых агрегатов уже, видимо, не догнать!

Из этого проекта можно извлечь следующие уроки:

1. В подготовке технического задания на экспериментальный проект обязательно должны участвовать службы маркетинга предприятия, тогда номенклатура будет относиться к рыночно востребованным изделиям, в которые стоит вкладываться.

Техническое задание должно быть не только технически, но и рыночно обоснованным. Экспериментальный проект балансирует 4 "этажа" бизнеса машиностроительного предприятия. Выстраивается такая, например, цепочка: "востребованная рынком продукция (4-й этаж) — оптимальное количество оборудования (1-й этаж) — количество рабочих мест конструкторов и технологов (2-й этаж) — система управления конструкторско-технологической подготовкой производства (3-й этаж)".

2. Неважно, с какого этажа бизнеса начинают работу инженерные консультанты — зайти можно там, где им "открывают двери".

В данном случае проект начался со 2-го этажа (конструкторско-технологической подготовки производства), но потом пришлось перейти на 1-й — выявилась потребность в трубогибах с ЧПУ. Развитие проекта привело консультантов и специалистов предприятия на 3-й этаж — управления жизненным циклом изделий. Переход от одного изделия к их гамме с учетом сейсмоопасности и ветровых нагрузок — это уже 4-й этаж.

Важно задействовать в этой работе как можно больше служб предприятия, организационно и психологически подготовить их к предстоящим изменениям. Эта методология в той или иной мере используется в каждом экспериментальном проекте (который моделирует балансировку этажей) и тем более в проекте внедрения (который реально такую балансировку создает). Балансируя этажи, мы создаем новое "лицо" изделия.

3. Масса интересных находок, рожденных в данном проекте, не принесла осязаемого экономического эффекта предприятию. И в этом повинна не только "борьба кланов" и местничество отдельных служб.

Инженерные консультанты с самого начала не смогли настоять на активном участии первого лица объединения в проекте (только его воля способна сломить естественное сопротивление тех, кто меняться не хочет или не может), а доверились отдельным топ-менеджерам. Не была реализована методология трех проектов, многообещающие результаты экспериментального проекта так и не были воплощены в жизнь. Мы не считаем этот проект неудавшимся, у предприятия есть возможность провести необходимые организационные изменения и вернуться к нормальному проекту внедрения, а инженерные консультанты получили в ходе проекта бесценный опыт (который, как известно, не бывает исключительно позитивным).

## Проблемы взаимодействия

*Но поражения от победы  
Ты сам не должен отличать.*

Б. Пастернак

ОАО "Красное эхо" (г. Гусь-Хрустальный Владимирской области) специализируется на выпуске стеклянных бутылок, в том числе эксклюзивной формы, и является лидером на этом сегменте российского рынка. В течение последних 5 лет предприятие наращивало производственные мощности по выпуску бутылок и, в конце концов, столкнулось с серьезной проблемой оснащения технологи-

ческих линий формовой оснасткой (чугунными формами, в которые заливается жидкое стекло, чтобы затем, остыв, принять форму бутылки).

Эти формы (формокомплекты), особенно для эксклюзивных бутылок, производятся в основном за рубежом и достаточно дороги. Небольшое собственное производство таких форм на основе устаревшего универсального оборудования и технологий могло обеспечить не более 300 форм в месяц, а их требовалось 800 (в перспективе — до 1000).

Для устранения зависимости от внешних поставщиков, своевременного обеспечения постоянно растущего производства необходимыми формокомплектами и снижения себестоимости готовой продукции генеральный директор принял решение о технологическом перевооружении производственных мощностей для разработки и выпуска формокомплектов. Был построен новый цех механообработки, а его оснащение было поручено (по итогам тендера) фирме "Солвер".

В соответствии со своей методологией, прежде чем предложить поставку оборудования, фирма "Солвер" выполнила экспериментальный проект для разработки новой технологии изготовления формокомплектов (состоящих из 26 деталей-представителей с месячной программой от 54 до 870 штук), ориентированной на оптимально подходящее оборудование — с учетом мирового опыта, накопленного в этой отрасли. Руководители предприятия-заказчика много ездили по миру, изучая опыт различных производителей и даже фиксируя его на видеокассетах, так что инженерным консультантам было с чем сравнивать.

При разработке технологии специалисты "Солвер" традиционно использовали расчет машинного времени изготовления каждой детали-представителя на основе моделирования операций и переходов в программном комплексе *Pro/ENGINEER — VERICUT*. Для гарантированного подтверждения времени и качества обработки форм на высокоскоростном вертикально-фрезерном станке была организована натурная обработка одной из наиболее сложных форм на предприятии-поставщике этого оборудования в США. В экспериментальном проекте, который длился 4 месяца, участвовали 5 представителей фирмы "Солвер", общая трудоемкость составила 340 человеко-дней.

Состав предложенного оборудования включал (при трехсменной работе) 13 единиц оборудования (табл. 17).

В результате экспериментального проекта были предложены планировка и размещение указанного оборудования в новом цехе с учетом оптимальных технологических маршрутов движения деталей и

Таблица 17

**Состав технологического оборудования для производства  
формовой оснастки**

Оборудование	Количество, шт.	Планируемый коэффициент загрузки
Вертикальные обрабатывающие центры	3	0,8 - 0,85
Горизонтальные обрабатывающие центры	1	0,84
Токарные станки	4	0,6 - 0,84
Высокоскоростные вертикально-фрезерные станки для финишной обработки формообразующих поверхностей	1	0,8
Станки для глубокого сверления	1	0,47
Специальные станки для сверления "косых" отверстий	1	0,137
Специальные станки для нарезания резьбы на горловой оснастке	1	0,317
Контрольно-измерительные машины	1	

заготовок. Были также проработаны: система конструкторско-технологической подготовки производства на базе 7 рабочих мест *Pro/ENGINEER* и *TechCard* и система *DNC* — передачи управляющих программ на станки с ЧПУ.

Поэтапная поставка оборудования была реализована в течение 8 месяцев и далее были развернуты работы над проектом внедрения в соответствии с утвержденным техническим заданием.

В проектную группу вошли 20 специалистов предприятия и 15 от фирмы "Солвер". Управляющий совет из 7 человек возглавил лично генеральный директор завода (учитывая особую важность проекта для бизнеса). Общая трудоемкость работ специалистов "Солвер" составила более 1000 человеко-дней, длительность проекта — 15 месяцев.

Столь большие трудоемкость и длительность проекта были продиктованы тем, что, по существу, не просто создавался "с нуля" новый цех, а закладывались совершенно новые для предприятия организационные и технические основы современного механообрабатывающего производства. Специалисты предприятия не имели опыта

в этой области, поэтому состав проектной группы был не совсем традиционным: от фирмы "Солвер" в нее вошел еще специалист по организации производства, он же стал руководителем проектной группы. Этот специалист в течение всего проекта фактически исполнял обязанности начальника производства, занимаясь вопросами оперативного планирования и управления, а также взаимодействия с цехами-смежниками и различными службами завода.

Большой проблемой, в частности, оказалось своевременное обеспечение нового производства качественными литыми заготовками. Пришлось на ходу усовершенствовать разработанную на этапе экспериментального проекта технологию (с учетом фактической геометрии заготовок — с большими почти в два раза припусками на обработку, а также большей массой заготовок).

"Солвер" организовала производство необходимой технологической оснастки для станков, а также поставку части ее по внешней кооперации. Заново была создана служба контроля качества, ориентированная на использование поставленных современных измерительных средств.

В процессе внедрения по 26 деталям-представителям были уточнены технология изготовления и результаты моделирования технологических операций и переходов. В итоге была создана основополагающая нормативная база конструкторско-технологической подготовки производства и производства с нормативами времени на получение математической модели каждой детали, чертежа, технологического процесса, на разработку управляющих программ, освоение детали и т.п.

Характерно, что отклонение фактического времени изготовления большинства деталей от расчетного, регламентированного техническим заданием на проект внедрения, не превысило 20%. Исключением стали лишь корпусные детали, получаемые из литых заготовок с припусками, превышающими проектные значения. Здесь отклонения достигали 40%. Тем не менее путем изменения маршрутов обработки и перераспределения операций между станками коэффициенты загрузки оборудования удалось удержать в пределах 10%-ных отклонений от значений, полученных в экспериментальном проекте (см. табл. 17).

На рис. 39 показаны некоторые из 26 деталей-представителей, а на рис. 40 — общий вид цеха форм с новым оборудованием и его планировка.

Для снижения вспомогательного времени при изготовлении деталей (необходимого для снятия/установки деталей, настройки станков) было проведено фотографирование рабочего дня (все затраты времени основного производственного персонала фиксировались





**РИС. 39. Детали-представители формовой оснастки:**

а) форма черновая АЛ-118.ПР5-700-Скрипка 2-1; в) форма черновая АЛ-118.ВИ-500-ОБ-1-2;  
 б) форма чистовая АЛ-118.ПР5-700-Скрипка 1-1; г) форма чистовая АЛ-118.ВИ-500-ОБ-1-1



Планирование цеха формовой оснастки ОАО "Красное Эхо"

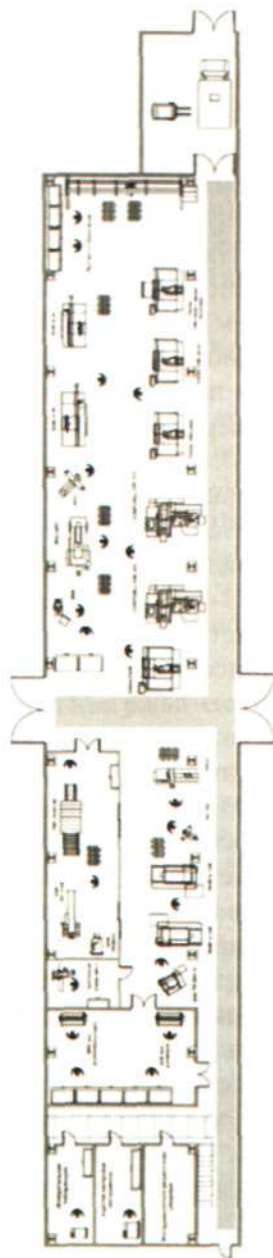


РИС. 40. Цех автоматизированной системы производства формовой оснастки

с секундомером) и вскрыты значительные резервы. Подготовленный план мероприятий по цеху был утвержден на очередном заседании управляющего совета.

Далеко не всем вмешательство инженерных консультантов пришлось по вкусу. В аналитической записке об итогах фотографирования рабочего дня консультанты показали, что до 40% рабочего времени используется персоналом непродуктивно, а это ведет к увеличению простоев оборудования, при том что "запаса прочности" по коэффициенту загрузки оборудования с целью экономии средств в проекте предусмотрено не было.

Начальник цеха, которому очень не понравилась аналитическая записка, наложил свою резолюцию (орфографию оригинала сохраняем): "Нечего сувать нос в цеховые дела, занимайтесь отработкой технологий". Спротивлялась изменениям и служба качества, которая привыкла подолгу измерять каждую деталь, а точность средств измерения, которые служба традиционно использовала, оказалась грубее, чем точность размеров деталей, достигаемая на новом оборудовании.

Все эти организационные барьеры последовательно преодолевались в ходе проекта внедрения руководителем проектной группы — либо на оперативном уровне, либо с помощью управляющего совета. Так, по его решению были заменены начальник цеха механической обработки и руководитель службы качества (консультанты даже взяли на себя несвойственную функцию рекрутингового агентства и подобрали кандидатуры на освободившиеся должности).

В процессе проекта внедрения неоднократно проводилась сертификация специалистов на знание ими организационных и производственных процессов изготовления 26 деталей-представителей формовой оснастки. По результатам сертификации выносились решения о профессиональной пригодности конкретных специалистов, так что кадровые вопросы приходилось решать достаточно регулярно. В ходе проекта внедрения операторов станков с ЧПУ пришлось менять дважды, прежде чем удалось подобрать настоящих профессионалов.

Руководитель предприятия был очень доволен работой инженерных консультантов и регулярно просил (цитируем!) «оставить пару солверовцев на годик — другой, а то мои "умники" никак не освоят высокие технологии».

Подобный подход встречается не так уж редко, руководители заводов, оценив уровень консультантов, считают, что достаточно переманить, перекупить, выпросить 1–2 человек — результат будет тот же, а обойдется он неизмеримо дешевле. Авторы надеются, что чита-

тели уже понимают, что это глубокое заблуждение. Один человек, даже очень талантливый, не заменит опытную команду, не сможет перенести или воспроизвести методологию работ.

В ходе проекта внедрения на ОАО "Красное Эхо" были достигнуты следующие показатели:

1. Цикл производства оснастки сократился в 5 раз. Производительность цеха составила 850 форм в месяц.
2. Повысилось качество форм:
  - точность изготовления поверхностей сопряжения деталей оснастки на станках была доведена с 0,5 до 0,01... 0,05 мм, что позволило исключить трудоемкую селективную сборку оснастки (с соответствующей ручной доводкой деталей);
  - была достигнута устойчивая повторяемость размеров деталей, что позволило исключить ручную доработку форм;
  - полученная шероховатость поверхностей деталей оснастки после обработки на станках (I... 10-й класс) исключила необходимость последующей ручной шлифовки и полировки;
  - математические модели деталей оснастки (разработанные в системе *Pro/ENGINEER*) стали единой базой для создания конструкторской документации, управляющих программ для обработки на станках с ЧПУ и контроля размеров на измерительной машине.
3. Затраты на производство заданной годовой программы оснастки сократились за счет снижения трудоемкости изготовления на 658 тыс. ч (это эквивалентно сокращению численности основных рабочих на 329 человек) и экономии электроэнергии на 908 тыс. руб. Суммарно за год снижение затрат составило 27,2 млн руб. Окупаемость проекта была оценена в 4 года.
4. Документально проект был оформлен итоговым отчетом объемом в 170 страниц и 8 приложениями, содержащими организационно-методическую документацию (еще около 700 страниц): акты приема-сдачи, приказы и распоряжения, положения и инструкции. Технологические процессы на все 26 деталей-представителей тоже были оформлены приложениями (еще 850 страниц), которые включали в себя маршрутно-операционные карты по ЕСТД и карты наладок.

Таким образом, и в данном проекте внедрения была создана мощная нормативная база действующего прототипа и предложены конкретные пути развития этого прототипа в масштаб предприятия:

- Разработка в дальнейшем имитационной модели процесса производства для целей планирования и диспетчеризации.

Внедрение системы планирования работ в цехе форм, которая учитывает производительность и планы литейного и других механообрабатывающих производств.

Разработка сменно-суточных заданий и объемы запуска формокомплектов.

- Анализ плана производства на следующие два года по номенклатуре деталей и выбор деталей для освоения на оборудовании в цехе форм.

Разработка и внедрение типовых технологических процессов, управляющих программ и оптимизация технологической загрузки поставленного оборудования по заданной номенклатуре деталей производства на следующие два года.

- Создание электронного архива конструкторской и технологической документации. Подготовка типовых электронных чертежей для разработки технологических процессов.

Проект внедрения выявил и ряд серьезных методологических проблем. Несмотря на то, что полученный результат — 850 форм в месяц, — устроил заказчика (по крайней мере, на ближайшие 2 — 3 года), выйти на требуемую в перспективе производительность цеха механообработки 1000 форм в месяц "с ходу" и не удалось.

Каждая единица оборудования работала с требуемой производительностью (над этим трудилась проектная группа и добилась успеха), а вот заставить оборудование и людей взаимодействовать так, чтобы обеспечить максимальную производительность цеха в целом, оказалось очень не просто. Дело в том, что модель производства, положенная в основу экспериментального проекта и проекта внедрения, носила статический характер. Динамическая составляющая не была учтена в этих проектах, живой организм цеха оказался сложнее.

Оценивалась, по существу, автономная производительность оборудования и совершенно не учитывались затраты времени на передачу деталей с одного станка на другой, объемы накопителей заготовок и накопителей готовых деталей около каждого станка (которые соответственно наполняются и выбираются в реальном производственном процессе). Сколько нужно иметь в запасе заготовок, какими партиями лучше передавать детали на следующий по маршруту станок? — на эти и многие другие вопросы трудно получить ответы в ходе статического моделирования.

Выход из такой ситуации — дальнейшее развитие методологии моделирования: переход к комплексному имитационному (динамическому) моделированию технологии и производственных процессов для целей планирования и диспетчеризации. Здесь может быть использован, например, уже упоминавшийся в гл. 3 известный прог-

раммный продукт *Em-Plant*. По результатам такого моделирования, обеспечивающего требуемую производительность цеха, должны быть регламентированы параметры маршрутного перемещения заготовок и деталей.

Консультанты предлагали подготовить дополнение к техническому заданию на проект внедрения, оценить трудоемкость новых работ с привлечением фирмы *Technomatics* — разработчика пакета *Em-Plant*, но заказчик не согласился с этим предложением и потребовал выполнить эту крайне трудоемкую работу, не предусмотренную техническим заданием на проект внедрения, вручную, без дополнительной оплаты. Возник конфликт между заказчиком и фирмой "Солвер". Так что иногда организационно-психологические моменты превалируют над технологическими и производственными. Успех — это всегда наличие воли первых лиц, взаимного доверия и желания договариваться. Конфликт стороны, в конце концов, преодолели и начали новый этап конструктивного взаимодействия, но был упущен важнейший фактор успеха — время.

## Вариативные расчеты и международное сотрудничество

Альметьевский насосный завод (ОАО "АЛНАС") — крупнейший в стране производитель насосов для добычи нефти. Рост мировой добычи нефти вызвал повышенный спрос на насосы завода, в связи с этим руководство завода приняло решение об оперативном техническом перевооружении.

Было подготовлено техническое задание на изготовление 10 наиболее сложных деталей конструкции насоса с конкретной годовой производственной программой каждой из них и требуемым фондом работы оборудования (3700 ч в год для каждой единицы).

Главный технолог завода во время посещения ежегодной выставки "Машиностроение" ознакомил с этим техническим заданием потенциальных поставщиков оборудования, намереваясь провести (пусть в неявном виде) тендер. Надо сказать, что предприятия редко подходят к делу столь грамотно, не просто объявляя тендер на поставку оборудования и выдвигая ценовые и/или иные условия, а требуя доказательств того, что поставляемое оборудование способно решить конкретные производственные задачи.

"АЛНАС" потребовал от поставщиков не просто спецификации предлагаемого оборудования, а обоснование его количества и гарантий достижения нужной производительности при коэффициенте загрузки, близком к 0,85.

Фирма "Солвер", используя полученное техническое задание как целеполагающий документ, начала подготовку к открытию экспериментального проекта. В ходе первичного анализа задачи выяснилось, что оборудование, традиционно поставляемое "Солвер" (а это достаточно широкая гамма станков с ЧПУ), не позволит оптимально решить поставленную задачу — обработка указанных 10 деталей потребует слишком много станков, а также большое количество переустановок при обработке. Да и цена такого решения вряд ли устроит заказчика.

Особенность инженерного консалтинга в том и состоит, чтобы избежать его зависимости от конкретного оборудования (а в идеале — и от программного обеспечения, хотя последнее значительно сложнее). Не навязать клиенту то, что есть в поддерживаемой на техническом уровне продуктовой линии, а предложить ему оптимальное решение на максимально достижимом в данное время мировом уровне. Естественно, если речь идет о серьезном контракте, впоследствии выбранное оборудование будет включено в продуктивную линейку инженерно-консалтинговой фирмы, как минимум, на уровне технического сервиса и технологической поддержки.

Прежде, чем приступить к экспериментальному проекту в соответствии с техническим заданием, фирма "Солвер" провела переговоры с рядом поставщиков токарно-фрезерных центров, которые наилучшим образом подходили для изготовления заданных деталей насосов. Предварительно выбор был сделан в пользу японской компании *Nakamura-Tome* и ее станка *Super NTX*.

*Nakamura-Tome (NT)* — известная в мире фирма, выпускающая токарно-фрезерные станки, максимально оснащенные приводными инструментами, всего их в комплекте может быть 168 (в верхнем шпинделе и в двух нижних револьверных головках). Это и сыграло решающую роль при выборе такого станка для экспериментального проекта и подготовки коммерческого предложения на поставку.

Переговоры с представителями фирмы *Nakamura-Tome* были проведены во время европейской выставки металлообрабатывающего оборудования в Италии, а затем в Японии, в штаб-квартире *NT*. В итоге эта фирма была окончательно выбрана "Солвер" в качестве поставщика оборудования, и более того, инжиниринговый центр фирмы *NT* согласился принять участие в реализации экспериментального проекта совместно с фирмой "Солвер" — японцев очень заинтересовала методология трех проектов.

В совместную интернациональную проектную группу вошли 4 специалиста от "Солвер" и 2 японских инженера от *NT*. Трудоемкость экспериментального проекта для "Солвер" составила 165 че-

ловеко-дней, для японских специалистов — около 40. Общая длительность проекта составила 3 месяца.

Была разработана технология изготовления заданных 10 деталей как деталей-представителей и смоделированы (в системе *Pro/ENGINEER*, *VERICUT* и *PartMaker*) все технологические операции и переходы. Параллельно японская сторона по согласованной технологии провела аналогичное моделирование наиболее сложной из 10 деталей (детали "Головка", материал — сталь Ст5, габаритные размеры — диаметр 117 мм, длина 347 мм, масса — 13,5 кг), но в пакете *ESPRIT*. Для изготовления этой детали "Головка" с очень сложной пространственной формой требуется около 100 токарных и фрезерных операций с использованием большого количества и номенклатуры режущего инструмента.

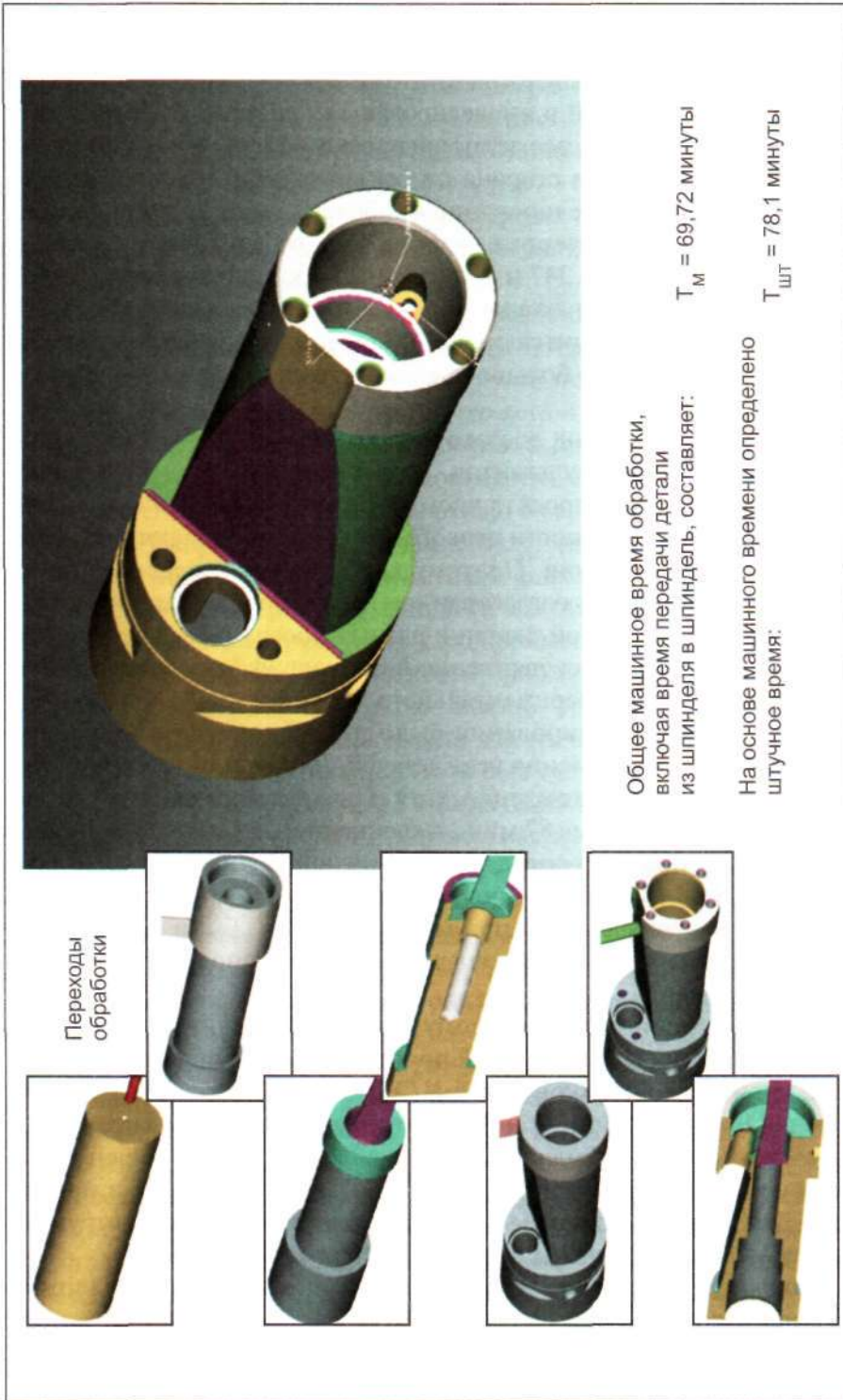
Ясно, что это подход достаточно трудоемкий и дорогостоящий для инженерных консультантов, но экономия ресурсов на стадии экспериментального проекта часто бывает ненужной и даже вредной — ошибки и неточности первого этапа слишком дорого обходятся в проектах внедрения. Поэтому для крупных и перспективных проектов применяется согласованное параллельное моделирование одной и той же сложной детали в разных программных средах разными командами. Это существенно повышает эффективность и точность результатов экспериментального проекта.

В результате моделирования было получено машинное время, требуемое для изготовления всех деталей. Для детали "Головка" поначалу отмечалось расхождение, хотя и не критическое: японцы получили машинное время 87 мин., а специалисты "Солвер" — 70 мин. Специальное интернет-заседание проектной группы обсудило возможные причины расхождения, связанные в основном с режимами резания, использованными при моделировании. Были согласованы единые режимы резания, обеспечивающие штучное время 78 мин. (рис. 41).

По определенному машинному времени и заданной в техническом задании производственной программе было определено требуемое количество станков *Super NTX* (10 штук) с коэффициентом загрузки 0,96... 0,98 (рис. 42). Поскольку в техническом задании коэффициент загрузки был определен равным 0,85, было решено максимально расширить технологические возможности станка прежде всего благодаря специальным оправкам для приводного инструмента, при этом коэффициент загрузки был доведен до 0,84.

Конечно, эту задачу можно было решить иначе, предложив предприятию купить не 10, а 11 станков. Тогда коэффициент загрузки составил бы 0,87 — и это при стоимости дополнительного станка порядка 1 млн долл. Дополнительное же опциональное оснащение





ис. 41. Результаты моделирования обработки детали "Головка", проведенного в программах PartMaker и VERICUT



РИС. 42. Технологическая загрузка предлагаемого оборудования

каждого из 10 станков оправками обошлось не дороже 40 тыс. долл., т.е. только на этом решении было сэкономлено не менее 600 тыс. долл., при этом коэффициент загрузки был доведен до требуемого значения.

Кроме того, были определены экономические показатели предлагаемого решения в сравнении с существующей технологией изготовления данных деталей. Так, сокращение затрат на производство было оценено в 68 млн руб., что соответствует сроку окупаемости затрат на приобретение 10 станков (около 10 млн долл.) в 3,8 года. При этом удастся в 4,5 раза сократить производственный цикл и высвободить 63 основных рабочих.

Подробная документация по экспериментальному проекту:

- техническое задание на проект;
- пояснительная записка с подробным изложением технологии и моделирования обработки, расчетом коэффициента загрузки оборудования и экономических показателей;
- техническое задание на поставку оборудования —

всего более 200 страниц документов и компьютерная презентация проекта вместе с предложением о поставке были переданы заказчику для принятия решения в рамках проводимого тендера.

Фирма "Солвер" гарантировала время изготовления данной номенклатуры деталей на предлагаемом оборудовании с точностью  $\pm 10\%$  и, как обычно, взяла на себя соответствующую ответственность за эти результаты, достигаемые в проекте внедрения.

Уже после того как предприятие сделало выбор в пользу именно данного предложения, выяснилось, что же предлагали основные конкуренты — их оказалось четверо. Известная компания представила предложения на одной страничке — таблица с расчетом коэффициента загрузки оборудования, машинное время изготовления деталей без какого бы то ни было обоснования и количеством станков 25 единиц (общая стоимость 16 млн долл.). Три других претендента представили предложения с указанием только общего количества оборудования и его цены (общая стоимость каждого из этих предложений составляла от 12 до 20 млн долл., количество станков колебалось от 15 до 22).

Развернутого технико-экономического обоснования выбора оборудования и соответствующих затрат, а также гарантий, что оборудование позволит выпускать данные детали с требуемой заказчиком производительностью, ни одна из фирм-конкурентов "Солвер" не представила. К сожалению, на рынке оборудования до сих пор преобладают только ценовые войны и ценовые "игры" ("скажите, сколько с вас запросили конкуренты — и мы готовы сбросить цену").

Даже в тех редких случаях, когда заказчик четко и грамотно (как ОАО "АЛНАС") формулирует, что ему конкретно нужно и требует технико-экономических доказательств, поставщики стараются "отписаться". Создается впечатление, что они минимизируют трудозатраты на подготовку коммерческого предложения, ни в коем случае стараясь не брать на себя ответственности за конечный результат, связанный с внедрением и продуктивной эксплуатацией поставляемого ими оборудования. Полноценный инженерный консалтинг предлагает совершенно другой подход, особенно важный для рыночно ориентированных заказчиков, реально нуждающихся в создании "умного производства".

## Работа без остановок — ВОТ ЧТО ТАКОЕ НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В разделе "Вариативные расчеты и международное сотрудничество" речь шла об экспериментальном проекте по созданию нового производства деталей насосов для нефтедобычи на ОАО "Алнас". Уже после выхода первого издания книги в соответствии с методологией трех связанных проектов был завершён проект внедрения, так что у авторов появилась хорошая возможность подвести определенные итоги, тем более что в настоящее время этот проект продолжается и перерастает в индустриальный — с решением целого ряда организационных вопросов.

Надо сказать, что чем сложнее и уникальнее станки, тем дольше приходится ждать их поставки, а потом и дольше их внедрять. Так, поставка станков *Nakamura-Tome* по данному проекту заняла 11 месяцев. Но терять это время попусту предприятие не может, рыночная ситуация не позволяет.

Поэтому инженерные консультанты совместно со специалистами предприятия в рамках созданных проектных групп под руководством управляющего совета использовали время поставки для **полноценной** технологической подготовки нового производства:

- уточнение технологий, разработанных на стадии экспериментального проекта;
- подготовка управляющих программ для станков на основе моделирования обработки в экспериментальном проекте;
- разработка оснастки;
- формирование нормативной базы по расходу режущего инструмента;
- предварительная подготовка сотрудников предприятия и т.д.

Все эти работы заняли около 4 месяцев. Зато после прихода станков время их внедрения составило уже не возможные 9 месяцев, а лишь 5 месяцев. Заметим, что при традиционном внедрении заводом этого нового оборудования, без участия инженерных консультантов срок внедрения, по оценкам самих специалистов завода, составил бы не менее 12 месяцев с момента прихода оборудования.

Реальное сокращение времени внедрения принесло весомый экономический эффект (в данном случае он составил более 9 млн руб.). Фрагменты презентации основных технико-экономических показателей этого проекта приведены в Приложении 1.

Если сравнить технические задания на экспериментальный проект и проект внедрения, мы сразу увидим разницу: в первом фигурируют 10 деталей-представителей, во втором их уже 14. Это типичная ситуация: меняется рыночная ситуация, появляются новые заказы. Ничего крамольного в этом нет, но инженерные консультанты должны держать ситуацию под контролем, потому что новые детали-представители могут оказаться такими, которые в принципе нельзя изготовить на заказанном оборудовании, или их изготовление будет экономически неэффективным. Расхожее мнение, бытующее со времен универсальных станков и нашей нерыночной экономики: "был бы станок, а технология найдется" — может обойтись для предприятия достаточно дорого.

В нашем случае инженерным консультантам пришлось приложить определенные усилия, чтобы отфильтровать предлагаемые заводом изменения в номенклатуре деталей-представителей, дабы весь проект не потерял смысла, прежде всего экономического. В экспериментальном проекте был заложен срок окупаемости 3,85 года, и консультанты сделали все от них зависящее, чтобы — даже при наличии изменений — не сильно отклониться от заданного срока окупаемости. Отклонение от первоначально определенного срока окупаемости (а это ключевой показатель, интегрирующий технические и экономические ожидания) даже в самых сложных проектах, на наш взгляд, не должно превышать 15—20%.

Изменения в проекте внедрения коснулись не только количества деталей-представителей. Вместо 10 станков, которые были в экспериментальном проекте (там предусматривалась их двухсменная работа — 3700 ч в год), руководство предприятия, учитывая текущие финансовые возможности, решило приобрести на первом этапе всего 4 станка.

Зато было принято непростое организационное решение о практически круглосуточной трехсменной (20 часов в сутки!) и круглосуточной (выходной день только 1 января) работе этих станков.

Задача инженерных консультантов состояла в том, чтобы за счет серьезной подготовки персонала к такому режиму работы обеспечить многостаночное обслуживание, так как только в этом случае можно было выйти на запланированные экономические показатели. К чести руководства завода и консультантов, все это было воплощено в жизнь.

В итоге бригада из 9 человек, работающая по скользящему графику, и обеспечила такой режим. По ранее существовавшей технологии такой объем работы (по количеству деталей) смогли бы выполнить около 50 человек. Производительность труда за счет внедрения новых технологий на основе станков пятого поколения фирмы *Nakamura-Tome* выросла более чем в 5 раз. Так что налицо не только экономический, но и социальный эффект, особенно важный для сравнительно небольших городов, в которых очень трудно найти квалифицированных рабочих-станочников. Избавление предприятия от кабальной зависимости от полупустого рынка труда мы считаем не менее важным итогом проекта, чем достижение показателей по окупаемости.

Еще одна интересная особенность новых технологий. Сокращение обслуживающего персонала и соответственно фонда его заработной платы приводит к резкому сокращению доли этой заработной платы в структуре себестоимости деталей. Зато высокоскоростные режимы обработки увеличивают расход инструмента и затраты на него. Поэтому создание нормативной базы по расходу режущего инструмента и контроль за неукоснительным соблюдением этих нормативов становится важнейшей практической задачей. В табл. 18 приведен пример нормативного расхода режущего инструмента для одной из деталей.

Задача здесь непростая и многокритериальная. Можно снижать режимы резания, сокращая расход инструмента, при этом будет расти время обработки и фонд заработной платы станочников, а также коэффициент загрузки оборудования (т.е. уменьшится отдача от его использования). А можно работать на предельных скоростях, увеличивая затраты на инструмент, но максимально сокращая время обработки деталей и увеличивая их "съем" с оборудования. Нормативная база рекомендуемого расхода режущего инструмента как раз и обеспечивает разумный компромисс между этими двумя подходами.

Мировой опыт подсказывает, что второй путь более перспективен (хотя на практике их комбинируют), на Западе клиент уже готов оплачивать скорость исполнения заказа и его высокое качество. В этом же направлении будет двигаться и отечественное машиностроение.

Таблица 18

## Нормы расхода режущего инструмента

№ п/п	Детали	Расположение инструмента	Т.ч.ш (мин)	Инструмент	Кол-во пластин	Кол-во кромок	Стоимость кромок инструмента (млн)	Кол-во инструмента на одну деталь	Стоимость единицы инструмента (с НДС, ЕВРО)	Стоимость инструмента на одну деталь (ЕВРО)	Кол-во деталей, обраб. одним инструментом	
14	Головка ЕЮТИ.Г. 391.004-03	Левая револьверная головка	1,800	00016728, LCMF160404-0400-FT, пластина, CP500	1	2	20	0,045	18,09	0,81	22	
			0,080	74080706, MM06-06003-C90-M02, вставка, T60M	1	1	120	0,00067	29,86	0,02	1493	1493
			2,100	74077376, SPGX1504-C1, пластина, T400D	1	4	20	0,02625	12,90	0,34	38	38
			2,100	02415515, SCGX120408-P2, пластина, T2000D	1	4	20	0,02625	12,48	0,33	38	38
			0,550	00001078, WNMG060404-MF2, пластина, TP1000	1	6	20	0,00459	7,20	0,03	218	218
			1,950	00001078, WNMG060404-MF2, пластина, TP1000	1	6	20	0,01625	7,20	0,12	62	62
			4,600	74037317, WNMG080408-M3, пластина, TP200	1	6	20	0,03834	8,79	0,34	26	26
			3,100	00023690, WNMG080412-M5, пластина, TP200	1	6	20	0,02584	8,79	0,23	39	39
			1,360	74037317, WNMG060408-M3, пластина, TP200	1	6	20	0,01134	7,20	0,08	88	88
			1,100	00077985, 16NR2.0ISO-A2, пластина, CP500	1	3	20	0,01834	12,80	0,23	55	55
			0,330	B1251*M3, метчик M3	1	1	45	0,00734	35,00	0,26	136	136
			0,350	R840-0260-050-A0B, сверло ф 2,6 мм	1	1	300*	0,00117	40,00	0,05	855	855
			0,364	74004538, MM16-16008-C90-M06, вставка, T60M	1	1	120	0,00304	77,64	0,24	329	329
			1,790	74077376, SPGX1504-C1, пластина, T400D	1	4	20	0,02238	12,90	0,29	45	45
			1,790	02415515, SCGX120408-P2, пластина, T2000D	1	4	20	0,02238	12,48	0,28	45	45
			0,630	SD10-10.3-31-12R1, сверло	1	1	300*	0,0021	135,37	0,28	476	476
			1,000	74037317, WNMG060408-M3, пластина, TP200	1	6	20	0,00834	7,20	0,06	120	120
0,974	00001078, WNMG060408-MF2, пластина, TP1000	1	6	20	0,00812	7,20	0,06	123	123			
0,400	00001078, WNMG060404-MF2, пластина, TP1000	1	6	20	0,00334	7,20	0,02	299	299			
0,292	00001078, WNMG060404-MF2, пластина, TP1000	1	6	20	0,00244	7,20	0,02	410	410			
0,795	74037317, WNMG080408-M3, пластина, TP200	1	6	20	0,00663	8,79	0,06	151	151			
1,280	00023690, WNMG080412-M5, пластина, TP200	1	6	20	0,01067	8,79	0,09	94	94			
0,990	B1351*M12, метчик M12	1	1	60	0,0165	100	1,65	61	61			
1,100	74004538, MM16-16008-C90-M06, вставка, T60M	1	1	120	0,00917	77,64	0,71	109	109			
0,180	00059518, SD25-9.0-45-10R1, сверло	1	1	300*	0,0006	120,77	0,07	1667	1667			
0,322	00059553, SD25-15.0-60-16R1, сверло	1	1	300*	0,00108	315,19	0,34	926	926			
2,660	QOMT1651R VP15TFпластина	2	2	20	0,133	12,33	1,64	8	8			
<b>Итого по деталям Головка ЕЮТИ.Г. 391.004-03</b>										<b>8,65</b>		

Примечание: \* Стойкость сверл рассчитана с учетом 10 переточек; \*\* Стойкость фрез рассчитана с учетом 5 переточек.

Через 3 месяца после завершения внедрения инженерные консультанты в режиме мониторинга проекта провели анализ структуры себестоимости изготовления деталей и выяснили, что по отдельным позициям режущего инструмента фактический расход в разы превысил нормативный. Оказалось, что, вопреки рекомендациям проекта внедрения, инструментальная служба завода, руководствуясь стандартным принципом "выбираем самое дешевое", закупала у различных поставщиков несертифицированный инструмент, который часто выходил из строя, не обеспечивая предусмотренной в технологии стойкости. В результате оправдалась пословица "скупой платит дважды".

По результатам этого анализа руководством завода было очень оперативно принято решение о недопустимости впредь подобной практики, было также укреплено руководство службой.

Регулярность и своевременность мониторинга результатов проекта внедрения инженерными консультантами очень важны для предприятия — особенно в течение первых 12—18 месяцев после перехода на новые технологии. Представим себе, какие убытки могло бы понести предприятие, если бы история с "дешевым" режущим инструментом и чрезмерными в итоге затратами на него "всплыла" не через 3 месяца, а через год или два?

Мониторинг вскрыл также проблемы с несоблюдением нормативов по штучному времени изготовления детали (см. табл. 19) — цех начал увеличивать их, мотивируя это значительными дополнительными затратами времени на наладку и переналадку оборудования. Пришлось вмешиваться руководству и административными методами заставить цех вернуться к утвержденным ранее нормативам, поскольку объективных причин для их изменения не было.

Не вскрылась бы вовремя эта проблема — и выработка на участке упала бы процентов на 30 по сравнению с той, которую участок должен был показать, работая по нормативам. Кстати, по мере накопления опыта и оптимизации технологии нормативы могут и должны ужесточаться, а не ослабляться.






Новые технологии — это основа для высокопроизводительной работы с минимальным количеством персонала. Но без соответствующих организационных усилий, таких, как:

- организация бесперебойной трехсменной работы оборудования;
- многостаночное обслуживание и адаптация системы мотивации станочников к новым условиям труда;
- обеспечение качественным режущим инструментом;



Таблица 19

**Нормативная база созданного прототипа  
автоматизированного производства**

№ п/п	Детали	Подготовка производства		Производство		Дата оформления актов по внедрению детали
		Время разработки электр. модели (час)	Время разработки тех-процесса* и управляющей программы (час)	Время наладки на неосвоенную деталь (час)	Время изготовления детали, Тшт. (мин.)	
1.	 Ниппель ЕЮТИ.Г. 652.900-01 СБ	2,4	32	47,25	37,4	24.10.2005 г.
2.	 Ниппель ЕЮТИ.Г. 1216.100 СБ	2,1	48	42,1	36,9	10.10.2005 г.
3.	 Подшипник ЕЮТИ.Г. 354.01.200 СБ	2,3	56	35	29,8	10.10.2005 г.
4.	 Основание ЕЮТИ.Н. 730.000	4,6	64	38,8	35,6	04.08.2005 г.
5.	 Основание ЕЮТИ.Н. 1008.000	4,4	56	45	34,1	02.08.2005 г.
6.	 Ниппель ЕЮТИ.Г. 1002.200 СБ	2,7	48	47,25	31,1	24.11.2005 г.
7.	 Ниппель ЕЮТИ.Г. 1002.100 СБ	2,5	56	41,75	31,2	31.08.2005 г.
8.	 Корпус пяты ЕЮТИ.Г. 1002.300 СБ	1,8	48	40,75	27,3	03.10.2005 г.
9.	 Основание ЕЮТИ.Г. 1216.300 СБ	4,7	32	36,7	37,3	27.10.2005 г.
10.	Основание ЕЮТИ.Г. 652.500 СБ	4,5	32	35	27,4	13.10.2005 г.
11.	Основание ЕЮТИ.Н. 750.000	4,6	40	44,25	55,7	08.11.2005 г.
12.	Ниппель ЕЮТИ.Г. 1216.200 СБ	2,4	48	37,5	41,4	22.11.2005 г.
13.	Основание ЕЮТИ.Г. 391.600 СБ	3,2	72	39,95	28,3	22.08.2005 г.
14.	Головка ЕЮТИ.Г. 391.004	2,1	72	35	29,8	15.09.2005 г.

\* Дополнительное время на оформление документов для техпроцессов составляет 24 часа.

- жесткий контроль соблюдения разработанных в проекте внедрения нормативов;
- регулярный анализ структуры себестоимости деталей,

самые современные технологии и оборудование останутся "чужеродными" на предприятии и искомого экономического эффекта не дадут.

## Если бы не директор...

Отношения с ОАО "Электромашина" (г. Челябинск) складывались у инженерных консультантов традиционным образом. Руководство и специалисты завода неоднократно встречались с консультантами, присматривались к их работе, в итоге заказали экспериментальный проект по новой для завода номенклатуре устройств железнодорожной и пожарной техники.

Проект этот был выполнен, но общий язык с техническими специалистами завода в ходе его рассмотрения консультантам удалось найти далеко не сразу. Специалисты встали в позу оценивающих научных экспертов и за многочисленными вопросами технического характера ("почему выбрана именно такая конструкция привода револьверной головки токарного станка, а не другая?", "где статистическое обоснование цен?" и т.п.) не увидели главного предназначения проекта — обоснования экономической эффективности новых технологий.

Неспешно обсуждать технические детали проекта в разных аспектах можно бесконечно долго: если забыть, что завод не научный институт и деньги надо зарабатывать на конкурентном рынке, а для конкурентов такая медлительность — просто подарок. Первый вариант экспериментального проекта, который обсуждался целых 8 месяцев, касался лишь 10 деталей (их произвольно выбрали специалисты завода). И лишь потом консультанты, проявив настойчивость, узнали, что всего новых наименований деталей — 800.

Что нужно было делать в этой ситуации? Идти по классическому пути означало начать все сначала — проанализировать 800 деталей, выбрать детали-представители, вновь смоделировать технологии их изготовления... Но время-то уже было упущено — на обсуждение конструкции "привода револьверной головки" (ну, очень принципиальный вопрос!).

И тогда инженерные консультанты решили сэкономить время и применить методику экспресс-оценки (об этой методике мы говорили в гл. 3, в подразделе "Расчетный период окупаемости инве-

стиций"), специальным образом экстраполирующую результаты первого варианта экспериментального проекта на всю номенклатуру новых изделий.

Подробное обсуждение этой экспресс-оценки нового производства на совещании у генерального директора, которое он собрал по просьбе консультантов, кардинально изменило ситуацию. Консультанты на совещании предложили два прогноза развития событий по изделиям новой тематики — на основе старых технологий (эту картинку назвали "Старый мир") и на основе предлагаемых новых технологий ("Новый мир") — см. табл. 20.

Эта простая и понятная таблица вместе с экспресс-оценкой параметров нового производства стали ключевыми аргументами, именно они убедили генерального директора в целесообразности перехода к новой технологии производства.

В результате, выслушав на совещании все мнения, генеральный директор принял принципиальное решение о смене технологий производства и выделении для этого соответствующих инвестиций. Было решено до подписания договора о поставке технологического оборудования и программного обеспечения уточнить параметры экспериментального проекта, который касался бы нового производства в целом — с обозначением этапов реализации проекта. Второй вариант экспериментального проекта (фрагменты его презентации приведены в Приложении 2) был выполнен за месяц.

Во втором варианте проекта было показано, что оптимальным на первом этапе будет выделение 30% общего объема инвестиций с охватом почти 50% новой номенклатуры деталей. Таким образом, сравнительно небольшие затраты дадут ощутимый в масштабах завода результат уже на первом этапе.

Решение первого лица полностью изменило вялотекущую ситуацию. Если до этого почти 8 месяцев обсуждались теоретические вопросы, то после решения генерального директора перемены стали неудержимыми: поставка оборудования была выполнена за 4 месяца, а еще через 6 месяцев (!) завод уверенно вышел на освоение новой номенклатуры деталей на базе новых технологий, был завершен проект внедрения (фрагменты его презентации приведены в Приложении 3). Достигнутые показатели проекта внедрения с высокой точностью подтвердили предварительные оценки инженерных консультантов, сделанные в ходе экспериментального проекта.

Еще раз заметим, что крайне важна форма представления проектов — потому что разные специалисты разговаривают на разных языках. То, что интересно механику (привод револьверной головки),

Таблица 20

**Что даст техперевооружение механических цехов  
ОАО "ЭЛЕКТРОМАШИНА"?**

№ п/п	Наименование показателя	Новый мир (ЭП-04-84)		Старый мир	
		Тела вращения	Корпусные детали	Тела вращения	Корпусные детали
1.	Трудоемкость годовая (н/ч) (2005 г.)	29 566	17 525	174 157	61339
2.	Количество наименований деталей (2005г.)	705	119	705	119
3.	Количество станков	9	4	450	50
4.	Требуемое количество основных рабочих (фактически имеется)	18	8	87 (62)	31(14)
5.	Производительность труда, %	590	350	100	100
6.	Инвестиции, долл.	2 430 000	1 600 000	200 000 в год (модернизация и ремонт)	100 000 в год (модернизация и ремонт)
7.	Окупаемость инвестиций, лет	1,7	3,7	- 400 000 (за период окупаемости инвестиций)	- 400 000 (за период окупаемости инвестиций)
8.	Затраты на инструмент	Примерно равны			

совершенно не волнует генерального директора и наоборот, потому что не механику набирать персонал и отчитываться перед акционерами.

**Достаточно часто даже весьма грамотные технические специалисты, искренне преданные своему предприятию, на деле становятся тормозом реформ, потому что не привыкли мыслить финансово-экономическими и рыночными категориями.**

В силу того что большинство отечественных предприятий устроены как иерархические системы, в первую очередь необходимо "достучаться" до первого лица, найти важные для него аргументы

и представить их в удобной для него форме, без излишних деталей и подробностей (это, безусловно, необходимо, но пусть это останется в технических документах по проекту). Станет первое лицо союзником, сторонником инженерных консультантов — и успех реформ на 95% обеспечен, не станет — и с очень высокой вероятностью самые красивые проекты останутся на бумаге.

Увидев реальные результаты проекта внедрения, которые позволили повысить производительность механообработки в 4,6 раза, генеральный директор поставил перед инженерными консультантами новую задачу — увеличить пропускную способность других "узких мест" производства. Что толку в скоростной и качественной механообработке, если это пропорционально не увеличивает выпуск готовой продукции, так как детали "застревают" на мойке, термообработке, при межоперационной транспортировке и т.п.? Переход от "расшивки" отдельного участка к оптимизации производства в целом — это уже не столько техническая, сколько организационная тема, которая должна стать основой индустриального проекта.

## Глава 5

### ЧТО ДАЛЬШЕ?

Подведем некоторые итоги.

1. Возможности экстенсивного развития, приблизительных оценок и очевидных решений практически исчерпаны. Все большее число руководителей машиностроительных предприятий осознают неизбежность и неотвратимость изменений. Вопрос в том, как эти изменения подготовить и провести. Риски здесь слишком велики, чтобы гнаться за модой или экономить по мелочам. Поэтому переход к системному (комплексному) подходу, в частности к техническому перевооружению, представляется авторам неизбежным.
2. Основным организационным инструментом, который позволит осуществить преобразования и в дальнейшем на равных участвовать в конкурентной борьбе, является переход от планов, столь популярных в минувшем веке, к проектам. В мире проектов действуют свои законы и принципы:
  - фиксированные сроки и бюджеты;
  - персональная ответственность менеджеров и специалистов;
  - "прозрачные" трудозатраты;
  - четкая увязка мотивации с достижением поставленных целей;
  - эффективная организация командной работы;
  - возможность распараллеливания работ и т.д.
3. Особую роль в преобразованиях играет "сквозная" информатизация и автоматизация. Автоматизировать отдельные участки работ без общего генерального плана преобразований — все равно что делать евроремонт в квартире дома, у которого просел

фундамент и треснули стены. Если на втором этапе эстафеты в вашей команде бежит человек, который не может удержать в руках эстафетную палочку, остальной состав команды уже не имеет значения.

Можно сказать, что скорость эскадры измеряется скоростью самого тихоходного судна, а клиентоориентация фирмы — отношением к клиентам и коллегам самого неприветливого ее сотрудника. Так же и бессистемная автоматизация отдельных элементов бизнес-процесса и производственного процесса приводит лишь к новым затратам и разочарованиям.

Вся информация об изделии, оборудовании, инструменте должна быть собрана в едином месте, непротиворечива и доступна, легко модифицируема.

4. Переход от бумажной конструкторской и технологической документации к электронной модели изделия уже совершили или совершают многие предприятия. Математическое моделирование становится основным инструментом оценки функциональных характеристик и технологии изготовления изделий (отнюдь не заменяющим, но дополняющим опыт и интуицию специалистов). Это позволяет не только быстро вносить изменения (при этом не плодя новых ошибок, как в бумажной конструкторско-технологической документации), но и наладить связи производителей и проектировщиков с коммерческими и маркетинговыми службами предприятия, существенно ускорить и удешевить выпуск иллюстрированных каталогов, учебно-демонстрационной и рекламно-маркетинговой документации.

Электронная модель изделия становится объектом не только проектирования, но и управления (определяя технологические процессы и исполнителей).

Системы управления инженерными данными (*PDM*) и жизненным циклом изделия (*PLM*) обеспечивают взаимодействие всех участников производственных процессов и интеграцию всех данных об изделии: от дизайнерской идеи до утилизации конкретного отработавшего свой срок экземпляра. Представителем класса *PLM*-систем является уже не раз упоминавшаяся в этой книге *Windchill*.

5. Электронная модель изделия — очень важная компонента преобразований, но на ней нельзя останавливаться. Следующий шаг — это построение электронной модели производства, а затем электронной модели предприятия и бизнеса. Экспериментировать на функционирующем предприятии — занятие достаточно рискованное, затратное, требующее значительного времени.

Руководителям предприятия всегда хочется заранее получить ответы на многочисленные вопросы: "а что будет, если мы сделаем так?" или "а что будет, если мы этого не сделаем?".

Прежде всего это касается решений об инвестициях — заманчивых инвестиционных проектов обычно больше, чем доступных ресурсов. Что выбрать, как расставить приоритеты, на что сделать ставку — ответить на эти вопросы поможет электронная модель предприятия.

Математические (электронные) "эксперименты" несравнимы с реальными по срокам, стоимости и, самое главное, рискам. Итогом неудачи в большом реальном эксперименте может стать потеря бизнеса, в электронном — лишь отказ от реализации данной идеи. Таким образом, модель производства и бизнеса позволяет "моделировать инвестиции", "моделировать преобразования" — такую возможность трудно переоценить.

Инженерный консалтинг — не панацея и не универсальное лекарство, это комплексный, многократно опробованный на практике и постоянно развивающийся набор инструментов, методов, технологий, помогающий клиентам более четко планировать будущее своего производства и своего бизнеса. В перспективе он должен охватывать весь жизненный цикл изделий и производства.

Некоторые комментарии по поводу PLM-систем. Система *PLM* сегодня — это:

- управление структурой изделия;
- управление изменениями;
- визуализация трехмерных сборок;
- управление составом предприятий — поставщиков комплектующих.

В последнее время для рынка *PLM* характерны следующие тенденции:

- усиление интереса к таким критериям, как качество корпоративного управления, оборачиваемость средств и окупаемость вложенных инвестиций;
- потеря интереса к долгосрочным проектам с неопределенной фондоотдачей в будущем;
- концентрация внимания на проблемах конкурентоспособности и работе с привлеченными ресурсами;
- дифференциация общих задач управления данными в ходе жизненного цикла в связанные специализированные группы задач по отдельным направлениям.



К системе интегрированной логистической поддержки изделия относятся:

- логистический анализ на стадии проектирования (*Logistics Support Analysis*), предусматривающий определение требований к готовности изделия; определение затрат и ресурсов, необходимых для поддержания изделия в нужном состоянии; создание баз данных для отслеживания перечисленных параметров в ходе жизненного цикла изделия;
- создание электронной технической документации для закупки, поставки, ввода в действие, эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия;
- создание и ведение "электронных досье" на эксплуатируемые изделия с целью накопления и использования фактических данных для оперативного определения реального объема работ по обслуживанию и потребности в материальных ресурсах;
- применение стандартизованных процессов поставки изделий и средств материально-технического обеспечения, создание компьютерных систем информационной поддержки этих процессов (*Integrated Supply Support Procedures*);
- применение стандартизованных решений кодификации изделий и предметов снабжения (*Codification*);
- создание и применение компьютерных систем планирования потребностей в средствах материально-технического обеспечения, формирования заявок (*Order Administration*) и управления контрактами (*Invoicing*) на поставку средств материально-технического обеспечения.

Проходящие сейчас практическую апробацию такие методы, как:

- параллельный инжиниринг (*concurrent engineering*) — метод, при котором специалисты различных прикладных областей работают в режиме распараллеливания бизнес-процессов;
- гибкий инжиниринг (*flexible engineering*) — метод разработки изделия и подготовки его производства с помощью электронного моделирования, не прибегая к созданию физических моделей — прототипов;
- *collaborative product commerce (cpc)* — метод функционирования, позволяющий организовать сопровождение продукции на базе интернет-технологий;
- организация самодиагностики и интернет-диагностики и т.п.,

это уже не просто идеи, поскольку имеются программные продукты, поддерживающие данные подходы, обучены специалисты, создается нормативно-методическая база.

Особую роль играют организационные преобразования, которым мы уделили большое внимание в данном издании. И поскольку закрытая организационная система по определению не может быть эффективной и с течением времени основные параметры ее обычно ухудшаются, машиностроительное предприятие должно выстраивать открытые организационные системы, способные активно взаимодействовать с различными рынками — труда, профессионального образования (специалистов лучше готовить, а не только перекупать), финансово-кредитных институтов, новых технологий, различных видов консалтинга и т.д.

И здесь инженерные консультанты тоже должны быть чуть впереди, показывая на собственном примере образцы организационной открытости, гибкости и регулярного мониторинга различных рынков. Необходимо создать новое, открытое рыночное пространство "инженерного консалтинга плюс", активно привлекающее и использующее внешние ресурсы в рамках единой методологии. В это пространство входят:

- *специалисты машиностроительных предприятий*, сертифицированные по методологии трех связанных проектов. Они более целенаправленно работают на своих предприятиях и могут также привлекаться к внешним проектам инженерного консалтинга, расширяя кругозор, приобретая новый опыт (что полезно для предприятия) и увеличивая свой доход;
- *выпускники и студенты вузов инженерного, экономического, управленческого профиля*, прошедшие обучение по курсу инженерного консалтинга. Ныне, как мы уже говорили во Введении, у предприятий нет времени для 2—3-летней "доводки" молодых специалистов до нужной кондиции. Они должны научиться "с ходу" эффективно решать текущие проблемы и становиться проводниками технологических и организационных инноваций на предприятии;
- *финансово-кредитные учреждения*. Зачастую эти организации неохотно выдают кредиты на техническое перевооружение, не будучи твердо уверены, что эти кредиты будут возвращены в срок — потому что разобраться с документами по планам технического перевооружения банковские специалисты не в силах. Инженерный консалтинг дает финансистам методологию, которую они могут сделать нормативной при рассмотрении кредитных заявок машиностроительных предприятий. Тогда процесс технического перевооружения станет для кредиторов прозрачным и предсказуемым;
- *поставщики оборудования и программного обеспечения*. Сегодня их предложения ограничены определенной продуктовой ли-

нейкой. Вся ответственность за эффективность внедрения новых технологий на основе этой продуктовой линейки при этом полностью ложится на предприятие, которое принимает на себя все многочисленные риски. Альянс поставщиков с инженерными консультантами коренным образом изменяет ситуацию в интересах предприятия — риски снижаются, затраты окупаются в запланированные сроки. Отметим также, что в рамках одного проекта инженерные консультанты могут "примири́ть" поставщиков-конкурентов опять-таки в интересах предприятия. Выбирая без консультантов одного из поставщиков (как правило, по критерию минимальной цены), предприятие совершило бы ошибку.

Конечно, указанный перечень не исчерпывает "инженерный консалтинг плюс", рынок сам подскажет, какие еще структуры и ресурсы могут его дополнить, в интересах машиностроительных предприятий.

Главное — никогда не забывать о трех "китах", которые предлагаются предприятиям и на которых, собственно, держится инженерный консалтинг:

- сокращение циклов выполнения заказа;
- повышение качества изделий;
- сокращение затрат на производство и эксплуатацию изделий.

И последнее. Инженерно-консалтинговые фирмы, которых, как надеются авторы, в ближайшее годы появится достаточно много (спрос-то есть!), столкнутся с теми же проблемами, что и предприятия-заказчики, т.е. с ростом рынка консультационных услуг, а не просто продаж оборудования и программ. При этом станет крайне актуальной задача балансировки четырех этажей для самих инженерных консультантов по срокам исполнения проектов, качеству проектов, затратам на проекты.

Если сейчас инженерный консалтинг в России только завоевывает свое место под солнцем, на следующем этапе, когда возникнет реальная конкуренция, лозунг "быстрее, лучше, дешевле" станет суровой необходимостью не только для машиностроительных предприятий, но и для всех, кто захочет добиться успеха в очень непростой и очень интересной сфере инженерного консалтинга.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бирбраер Р.А., Радченко И.Г., Тараканов А.Б. Гаювин А.И.* Оптимальное проектирование шиберных задвижек для **трубопроводов** большого диаметра с использованием возможностей программногo комплекса Pro/ENGINEER на примере проекта внедрения, выполненного компанией "Солвер" для ОАО "ЭМК-Атоммаш" // САПР и графика. 2000. № 5.
2. *Бирбраер Р.А., Ко.ьмаков А.Е., Кіее ЮЛ., Фомин КА.* Обеспечение конкурентных преимуществ продукции за **счет использования** прогрессивных технологий подготовки производства и **современного** оборудования и инструмента. Проектирование и **изготовление оснастки** для производства эксклюзивных стеклянных **бутылок на заводе "Красное Эхо"** // САПР и графика. 2001. № 2.
3. *Бирбраер Р.А., Шепин СМ., Сташкмааш В.В.* Как оценить возможные преимущества и риски до **внедрения ERP-системы**. Методика экспериментальных проектов фирмы SOIMER и ее **применение** на примере ОАО "ЭМК— ЗМК" // САПР и графика. 2002. № 8,
4. *Бирбраер Р., Окатьев В., Громотт С. Красноперое К., Столповский В.* Создание прототипа **автоматизированной** системы подготовки производства на этапах дизайна, **конструкторского** и технологического проектирования кузовных деталей **автомобиля ИЖ-2126** // САПР и графика. 2003. № 1.
5. *Альтшулер И.Г.* **Какая фирма** без "генплана"? // Компьютер-Пресс. 1998. № 12.
6. *Альтшулер И.Г.* **К опенке** некоторых подходов к созданию систем автоматизации проектирование//САПР и графика. 2000. № 11.
7. *Альтшулер И.Г., Городнов А.Г.* Диалектика бизнеса. Ситуации, суждения, парадоксы. Н. Новгород: Деком. 2002.
8. *Альтшулер И.Г.* Практика бизнеса. Записки консультанта. М.: Дело. 2006.

9. *Альпишулер И.Г.* Стратегическое управление на основе маркетингового анализа. М.: Вершина, 2006.
10. *Бирбраер Р., Гаршин О., Радченко Г., Окатьев В., Столповский В.* Обеспечение всех процессов сквозного параллельного проектирования средствами Pro/ENGINEER на примере совместного проекта компании "Солвер" и ФГУП "Ижевский механический завод" // САПР и графика. 2003. № 3.
11. *Бирбраер Р., Багиров Ф., Столповский В.* Построение эффективного бизнеса машиностроительных предприятий // Промышленник России. 2003. № 7.
12. *Бирбраер Р., Окатьев В., Яхнис М., Савельев А., Столповский В.* Сокращение сроков подготовки изделий к производству в четыре раза — это реально (на примере экспериментального проекта, выполненного компанией "Солвер" для ОАО "ИЖСТАЛЬ") // Кузнечно-штамповочное производство и обработка металлов давлением. 2004. № 2.
13. *Бирбраер Р.А., Ильенко Г.А, Поспелов А.Ф., Аранович А.И.* Комплексные подходы к решению задач механообрабатывающего производства (часть 1) на примере проектов внедрения, выполненных компанией "Солвер" на ЧНППП "Элара" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2003. № 7.
14. *Бирбраер Р., Колмаков А., Отцов А., Реймов К., Горячев А.* Современные средства проектирования и подготовки производства конкурентоспособной продукции на примере проекта внедрения, выполненного компанией "Солвер" для ОАО "Завод Автоприбор" // САПР и графика. 2003. № 10.
15. *Бирбраер Р., Липсман Д., Рева В., Ефимов С.* Эффективное управление подготовкой производства — актуальная задача для современного предприятия (на примере экспериментального проекта, выполненного компанией "Солвер" для ОАО "Завод им. В.А. Дегтярева") // САПР и графика. 2004. № 1.
16. *Бирбраер Р.А., Ильенко Г.А, Быстрянец В.И., Аранович А.И., Фомин К.А.* Комплексные подходы к решению задач механообрабатывающего производства (часть 4) на примере экспериментального проекта, выполненного компанией "Солвер" в ОАО ЧНППП "Элара" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2004. № 3.
17. *Бирбраер Р.А., Быстрянец В.И., Тараканов А.Б.* Комплексные подходы к решению задач механообрабатывающего производства (часть 5) на примере экспериментального проекта, выполненного компанией "Солвер" для ОАО "ЭМК-Атоммаш" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2004. № 4.
18. *Бирбраер Р.А., Быстрянец В.И., Шамаев А.И., Филнев А.В.* Комплексные подходы к решению задач механообрабатывающего производства (часть 6) на примере экспериментального проекта, выполненного компанией "Солвер" для ОАО "АЛНАС" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2004. № 5.

19. Бирбраер Р.А., Быстрянец В.И., Дворник А.И., Лыков В.И. Комплексные подходы к решению задач механообрабатывающего производства (часть 7) на примере проектов, выполненных компанией "Солвер" для ФГУП "ЦКБА" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2004. № 6.
20. Бирбраер Р.А., Быстрянец В.И., Зимин М.А., Фомин К.А. Комплексные подходы к решению задач механообрабатывающего производства (часть 8) на примере проекта, выполненного компанией "Солвер" для ОАО "ЗЭиМ" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2004. № 7.
21. Бирбраер Р.А., Канащенков А.И., Рогов В.Я., Поспелов А.Ф. Комплексные подходы к решению задач механообрабатывающего производства (часть 10) на примере проектов внедрения, выполняемых компанией "Солвер" для "Корпорации Фазотрон-НИИР" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2004. № 9.
22. Бирбраер Р.А., Белъцов В.Г., Быстрянец В.П., Мизерное Е.В., Ханеева Л.А. Комплексные подходы к решению задач механообрабатывающего производства (часть 11) на примере экспериментального проекта, выполненного компанией "Солвер" для ОАО Ярославский завод "Красный маяк" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2004. № 12.
23. Бирбраер Р.А., Кулаков Г.А., Гальченко Б.В., Поспелов А.Ф. Комплексные подходы к решению задач механообрабатывающего производства (часть 12) на примере экспериментального проекта, выполненного компанией "Солвер" для ОАО "Авиаагрегат" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2005. № 1.
24. Бирбраер Р.А., Филенёв А.В., Быстрянец В.И., Шамаев А.И., Столповский В.В. Строим умное производство вместе, на примере совместных проектов компании "Солвер" и ОАО "АЛНАС" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2005. № 2.
25. Бирбраер Р., Горбунов В., Абросимов Д. Комплексные подходы в организации эффективной подготовки производства изделий (на примере совместного проекта компании "Солвер" и ФГУП ЭЗАН) // САПР и графика. 2005. № 3.
26. Бирбраер Р.А., Лимаренко КБ., Щербенко В.П., Быстрянец В.П., Поспелов А.Ф., Столповский В.В. Строим умное производство вместе на примере совместного проекта компании "Солвер" и ОАО ХК "Коломенский завод" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2005. № 3.
27. Бирбраер Р.А. Вместе построим умное производство // САПР и графика. 2005. № 5 // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2005. № 5.
28. Бирбраер Р.А., Лимаренко КБ., Щербенко В.П., Быстрянец В.И., Поспелов А.Ф., Столповский В.В. Опыт внедрения прогрессивных технологий на примере освоения лазерной резки на ОАО ХК "Коломенский завод" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2005. № 6.
29. Бирбраер Р.А., Белъцов В.Г., Жданов А.К., Мамыкин А.Ф., Сишиовааш В.В. Строим умное производство вместе на примере совместного проекта компа-

- нии "Солвер" и ОАО "Электромашина" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2005. № 8.
30. *Бирбраер Р.А., Мельников М.Ю., Кропоткин А.А., Фомин К.А., Столповский В.В.* Строим умное производство вместе на примере совместного проекта компании "Солвер" и ЗАО "Новомет-Пермь" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2005. № 9.
31. *Бирбраер Р.А., Самойлов В.И., Лыков В.И., Родионов С.К., Столповский В.В.* Строим умное производство вместе. Совместные проекты компании "Солвер" и ОАО "Калугатрансмаш" повысили конкурентоспособность завода // САПР и графика. 2005. № 12.
32. *Бирбраер Р.А., Лыков В.И., Бугаков И.С., Павлов Л.Н., Столповский В.В.* Строим умное производство вместе на примере совместных проектов компании "Солвер" и ОАО "Казанский вертолетный завод" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2006. № 1.
33. *Бирбраер Р.А., Лыков В.И., Бугаков И.С., Павлов Л.Н., Нетфуллов Ф.Х., Валеев Р.К., Столповский В.В.* Строим умное производство вместе. Компания "Солвер" и Казанский вертолетный завод продолжают совместную работу по повышению эффективности производства // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2006. № 3.
34. *Бирбраер Р.А., Лыков В.И., Филенёв А.В., Гордеев В.А., Красов А.П., Столповский В.В.* Строим умное производство вместе на примере совместных проектов компании "Солвер" и ОАО "АЛНАС" // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2006. № 5.
35. *Бирбраер Р.А., Багиров Ф.М., Быстрянец В.П., Столповский В.В.* Семь раз отмерь. Что позволит машиностроительному предприятию существенно снизить риски инвестиций в техническое перевооружение? // ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2006. № 9.
36. *Бирбраер Р., Ефимов С., Столповский В.* Как быстро вернуть инвестиции в информационные технологии и заставить их работать // САПР и графика. 2006. № 9.
37. *Бондарь А., Гриценко В., Ролин В., Бирбраер Р.* Автоматизация проектирования — эффективный путь создания нового конкурентно-способного нефтегазового оборудования (на примере Воронежского механического завода) // САПР и графика. 1998. № 9.
38. *Валухов С, Этков И., Бирбраер Р., Колмаков А.* Практическое применение комплекса САПР Pro/ENGINEER в автоматизированном проектировании центробежных насосов (на примере НПК "Турбонасос") // САПР и графика. 1998. № 3.
39. *Голдратт Э.М., Кокс Дж.* Цель: процесс непрерывного улучшения. Цель-2: дело не в везении: Авторский сборник. М.: Логос, 2005.
40. *Гореткина Е.* САПР в России: тенденции и перспективы // PC WEEK/RE. 2004. № 18.

41. *Кобаяси И.* 20 ключей к совершенствованию бизнеса: Практическая программа революционных преобразований на предприятии. М.: Стандарты и качество, 2006.
42. *Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерроге Н.Г.* Управление проектами. М.: Экономика, 2001.
43. *Минто Б.* Золотые правила Гарварда и McKinsey. М.: Росмэн-бизнес, 2004.
44. *Товб А.С., Ципес Т.Д.* Управление проектами: Стандарты, методы, опыт. М.: Олимп-Бизнес, 2003.
45. *Швец Д., Рожнова А.* Производственная диета // Вестник Маккинзи. 2003. № 3.



Радислав Александрович БИРБРАЕР,  
Игорь Григорьевич АЛЬТШУЛЕР

## ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО КОНСАЛТИНГА ТЕХНОЛОГИЯ, ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ

Гл. редактор *Ю.В. Луизо*

Редактор *Э.М. Горелик*

Внешнее оформление *И. В. Пьяных, Н.А. Кильдишева*

Компьютерная подготовка оригинал-макета *Ю. С. Лобанов, Т.А. Лобанова*

Технический редактор *А.Л. Гулина*

Корректоры *М.В. Ионова, М.А. Миовидова*

Подписано в печать 24.04.2007. Формат 70x100 1/8. Бумага офсетная.

Гарнитура Тайме. Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,85.

Тираж 2500 экз. Заказ № 3950. Изд. № 645.

Издательство "Дело"

119571, Москва, пр-т Вернадского, 82

Коммерческий отдел — тел.: 433-2510, 433-2502

E-mail: [com@delokniga.ru](mailto:com@delokniga.ru)

[www.delokniga.ru](http://www.delokniga.ru)

Отпечатано в ОАО «Ордена Октябрьской Революции,  
Ордена Трудового Красного Знамени «Первая Образцовая типография».  
115054, Москва, Валуевая, 28

ISBN 978-5-7749-0466-2



9 785774 190466 2



**Радислав Александрович БИРБРАЕР –**

один из основателей, генеральный конструктор и председатель правления инженерно-консалтинговой фирмы «Солвер», кандидат технических наук, готовит к защите докторскую диссертацию, участник международных научно-технических конференций, автор 12 изобретений в области машиностроения и более 200 публикаций в журналах «САПР и графика», «ИТО» и др.



**Игорь Григорьевич АЛЬШУЛЕР –**

бизнес-аналитик, консультант по управлению, член советов директоров ряда производственных и торговых компаний, доцент Нижегородского филиала Государственного университета – Высшая школа экономики. Автор книг «Диалектика бизнеса», «Практика бизнеса. Записки консультанта», «Стратегическое управление на основе маркетингового анализа» и около 250 публикаций в деловой и компьютерной прессе. Автор и ведущий семинаров по стратегии бизнеса, маркетингу, клиенто-ориентации, искусству презентации, ситуационному управлению.

С 2000 года работает с инженерно-консалтинговой фирмой «Солвер» в качестве консультанта, с 2003 года – член правления фирмы.