



## КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.

### МИРОВЫЕ СТАНДАРТЫ И РАЦИОНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ.

(Краткие результаты технико-экономического исследования)

Потапова Т.Б.

(Компания "ПЛК Системы")

Приводятся результаты аналитических исследований (технико-экономических, социальных и психологических), выполненных в живой практике разработки и эксплуатации систем автоматизации и информационно-управляющих систем на промышленных предприятиях. Показано, что риск потери капиталовложений в проект значительно снижается, если ему предшествуют экспертные работы по оцениванию рационального уровня автоматизации предприятия. Эти результаты особенно важны для проектов сложных и интеллектуальных систем и IT-технологий. Для иллюстрации основных закономерностей используются когнитивные модели.

#### Мировой стандарт автоматизации

Мировой стандарт автоматизации промышленного предприятия изменяется во времени: появляются новые идеи, программно-технические средства (ПТС) и системы, становятся модными новые термины и аббревиатуры. Сегодня образ мирового стандарта автоматизации может быть представлен в виде пирамиды (рис.1).

Внизу (над полевой автоматикой: датчики и исполнительные механизмы) находятся подсистемы АСУТП и АСУЭнерго, они реализуются с использованием систем LC, SCADA и DCS. Наверху пирамиды расположены подсистемы АСУП экономической автоматизации. Здесь выделяют классы MRP и ERP. Середину пирамиды занимают MES-системы управления производством (диспетчеризация и контроль технико-экономических показателей – подсистемы АСОДУ).

Со всем этим комплексом интегрируются лабораторные системы LIMS, системы управления основными фондами EAM, ведением проектов CALS и т.п. Основная техническая база этих систем – локальные и корпоративные вычислительные сети.

Сбыт	CRM
Снабжение	SRM
Ремонты	FAM
Проекты	CALS
Лаборатория	LIMS
.....	



Рис.1. Часто используемый образ стандарта автоматизации промышленного предприятия

Этот стандарт больше выгоден производителям. Ведь его использование предприятием дает максимальный доход фирмам, продающим ПТС, разрабатывающим и внедряющим системы автоматизации и информационно-управляющие системы (ИУС). Пользователи получают доход не всегда, что зависит от:

- ресурсов предприятия, в основном, от интеллектуальных ресурсов в виде опыта и квалификации IT-специалистов;
- особенностей предприятия (история, оборудование, менталитет, тип автоматизируемого функционала);
- типа предприятия (рудник, металлургический завод, машиностроительный и т.п.);
- страны (богатство, менталитет, стабильность законодательной базы и т.п.);
- способа ведения проекта.

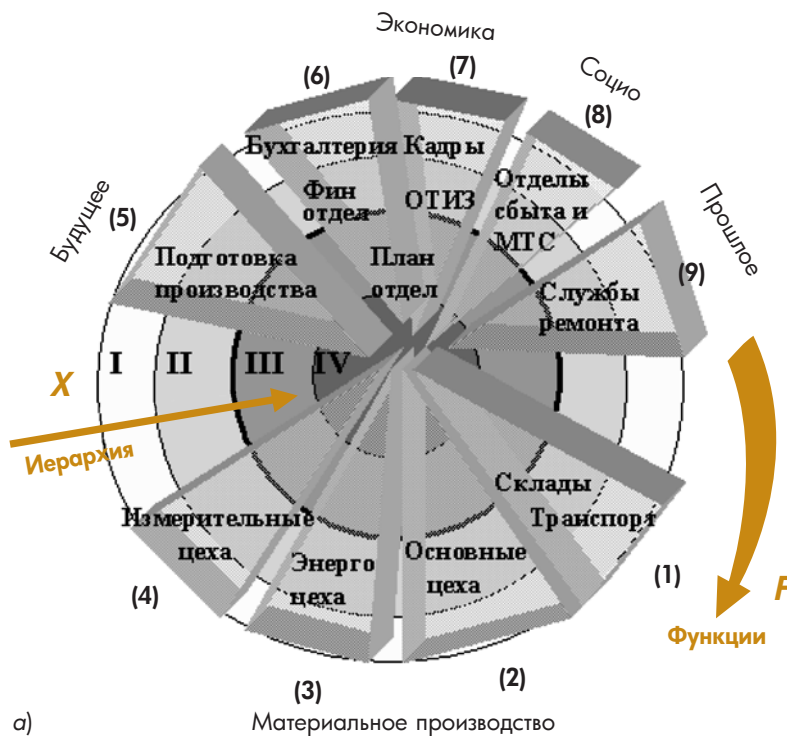
#### Структура предприятия

Сопоставим функционал и уровень систем автоматизации со структурой управления промышленным предприятием<sup>1</sup>. За основу берем организационную структуру последнего. Для графического представления удобнее использовать круговую шкалу (рис.2, а), где координата X – иерархия вертикальных производственных связей, координата F – функции предприятия.

Окружность условно разделяет мир на объекты и системы управления. С наружной стороны изображен мир материального производства и внешних рынков разного рода в их прошлом и будущем. Внутри – трансцендентный мир управления с иерархическими пирамидами функций предприятия. Пирамиды соответствуют его самостоятельным организационным подразделениям:

1) склады и транспортные цеха обеспечивают непрерывность переработки исходных материалов,

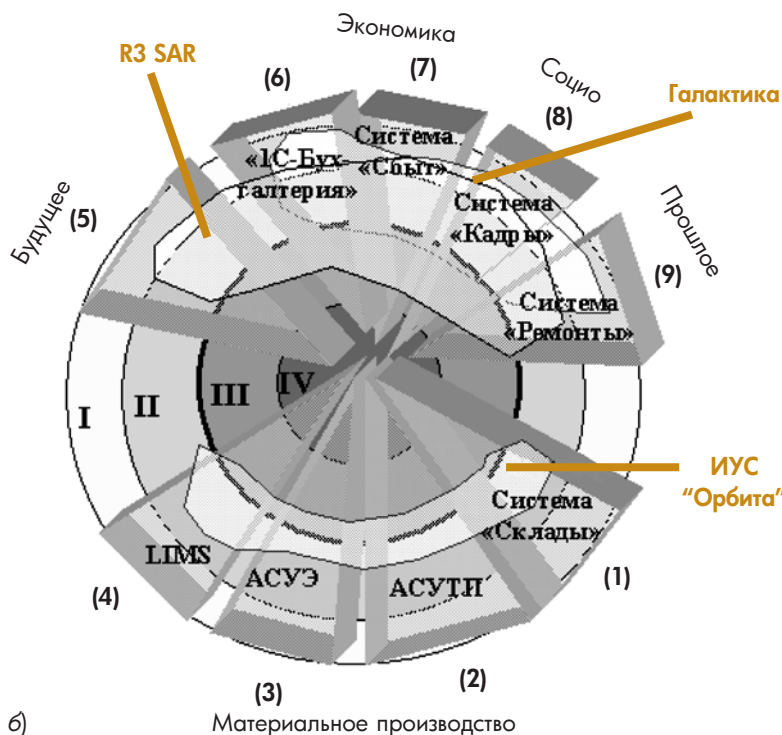
<sup>1</sup> Речь идет преимущественно о предприятиях с непрерывным циклом производства (химия, металлургия, теплоэнергетика и т.п.).



**Производственная иерархия**

- I – линейные исполнители
- II – участки производства (бюро функциональных отделов)
- III – производственные цеха (функциональные отделы з/управления)
- IV – управления на предприятии во главе с генеральным директором и его заместителями

а) Материальное производство



**Типы управлений**

- I – исполнение, регулирование
- II – техническое управление
- III – технико-экономическое управление
- IV – стратегическое управление

**Этапы эволюции**

- C – I
- C – II
- C – III
- C – IV



**Х**

б) Материальное производство

Рис.2. Структура управления предприятием и системы автоматизации:

- а – иерархии и функциональные службы;
- б – системы автоматизации

они имеют дискретный характер производственных операций;

- 2) основные цеха перерабатывают сырье в готовый продукт;
- 3) энергоцеха поставляют энергоносители;
- 4) измерительные цеха (центральная заводская лаборатория, ОТК, службы КИП и АСУ) делают все процессы управления наблюдаемыми (в меру

возможностей используемых технических, программных средств и технологий);

- 5) службы подготовки производства занимаются разработкой проектов модернизации производства, отслеживая тенденции на рынках (в т.ч. на рынке ПТС и систем автоматизации);
- 6) экономические службы управляют ресурсами предприятия;

7) отделы кадров, труда и заработной платы управляют коллективами;

8) отделы сбыта и материально-технического снабжения синхронизируют потоки в материальных и стоимостных отражениях при распределении их между внутренними и внешними агентами;

9) ремонтные службы компенсируют текущий износ оборудования.

П.п. 6, 7, 8 на предприятиях обычно образуют заводоуправление.

В среднем подобная иерархия (ось  $X$ ) наблюдается во всех функциональных службах. В основании пирамиды находятся исполнители, непосредственно работающие с объектами управления, на вершине – руководитель, управляющий службой как единым целым. Персонал службы расположен на четырех иерархических ступенях:

I - исполнители (аппаратчики и операторы, клерки)/измерение и регулирование;

II - службы управления отдельными участками и бюро/техническое управление;

III - службы управления отдельными цехами и отделами/техничко-экономическое управление;

IV - директор, его заместители и их команды/стратегическое управление.

#### Структура системы автоматизации

Выделим четыре уровня систем автоматизации: (С-I) – приборные системы управления, (С-II) – участковые системы ограниченной связности, (С-III) – большие информационно-управляющие системы, (С-IV) – интеграция систем.

В зависимости от круга пользователей системы, присутствующие на рынке автоматизации, ложатся в тот или иной сегмент этого двухкоординатного поля (рис.2, б). В цехах основного производства работают АСУТП, в энергоцехах – АСУЭ, в экономических службах – АСУП. Специализированные подсистемы ("Ремонт", "Транспорт", "Лаборатория" и т.п.) работают во вспомогательных производствах. Также созданы специализированные системы для служб подготовки производства. В своем месте круговой шкалы находится "1С-Бухгалтерия", в отмеченной области – разрабатываемая в фирме "ПЛК Системы" общепромышленная ИУС "Орбита".

Эволюция систем автоматизации шла от периферии к центру, от простого к сложному, в принципе повторяя эволюцию систем в природе. Руководители и специалисты с большим стажем помнят появление местных измерительных приборов в послевоенные десятилетия (I этап автоматизации), а затем (70-90 гг., II этап) – становление участковых и диспетчерских систем сначала на базе приборных пультов и щитов управления, а теперь – на базе компьютерных пультов. Сегодня актуально создание крупных ИУС, представляющих на экраны ПЭВМ персонала информацию о разных процессах функционирования производства. Это III этап. И наконец, мечты о всеобщей интеграции – IV этап.

Сегодня на рынках имеются ПТС (от датчиков до интеллектуальных систем), которые служат достаточно надежной технической базой для создания систем автоматизации всех ступеней иерархии и функций управления. Но "нагрузкой" для этого "механизма" является интеллект человека. Чем больше желание прорваться к центру круга управления, к информатизации высших ступеней иерархии, тем больше сопротивление. Что, впрочем, естественно для любого технического механизма.

#### Зависимость затрат и доходов от уровня автоматизации

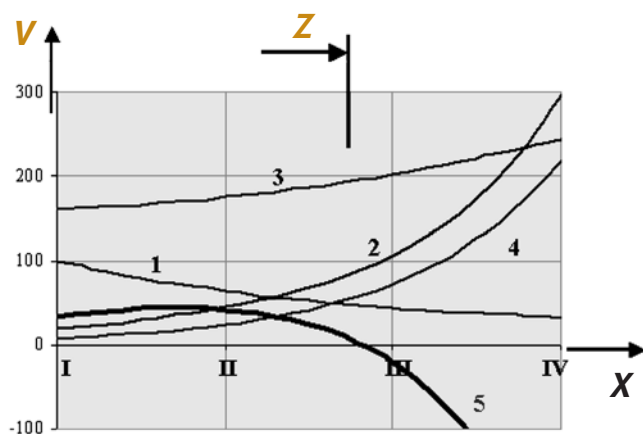
Обозначим за 100% затраты на приобретение ПТС в комплексе приборных систем для одной функциональной службы (цеха). Например, применительно к пирамиде основного производства. Тогда изменение этих затрат как функции  $X$  уровня системы изображается кривой 1 на рис. 3, а. Начальные затраты на инжиниринг – линия 2. Они много ниже затрат на ПТС в приборных системах ( $X=I$ ) и, наоборот, много больше в интеллектуальных ИУС ( $X=III$ ).

Чем выше уровень  $X$ , тем больше в среднем предельный доход от использования системы: экономия затрат, увеличение производительности, снижение незавершенного производства и оборотных средств, качественное изменение менталитета предприятия (линия 3). За повышение дохода приходится "платить" не только капитальными затратами, но и текущими – линия 4. Она тем выше, чем больше  $X$ .

Результирующая кривая эффективности от автоматизации – линия 5. Она становится отрицательной, не доходя до уровня III: затраты на создание и эксплуатацию ИУС в цехе не окупятся. Эффективность максимальна в районе II уровня участковых диспетчерских систем. Анализ промышленной практики показывает, что эта картина характерна для многих наших заводов и в данной статье будем считать ее базовой.

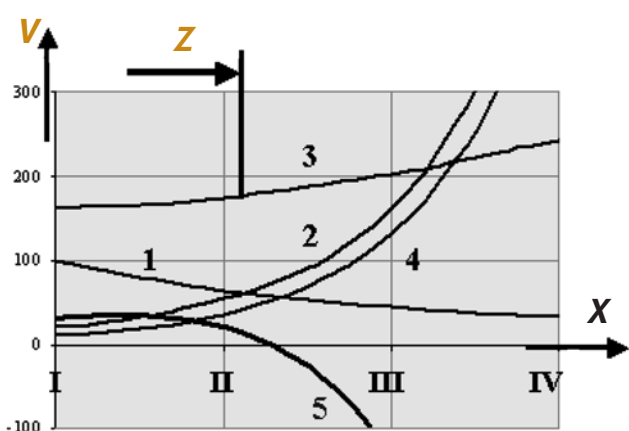
Стрелка  $Z$  указывает на предельную границу рациональности автоматизации. На ее положение влияют как природа автоматизируемого объекта, так и ресурсы, которыми располагает предприятие.

Допустим, оно характеризуется повышенной неупорядоченностью (нестабильная технология или социальная среда) или старостью (в смысле жизненного цикла коллективов пользователей и IT-специалистов). Все это увеличивает инженерные затраты на разработку и эксплуатацию. Рис. 3, б показывает, что уровень  $Z$  рациональной автоматизации снижается, т.е. сложную систему типа R3 SAP можно с трудом, но попытаться сделать, но она сразу умрет, если уйдут разработчики. Гарантировать получение эффектов можно только от приборной автоматизации.

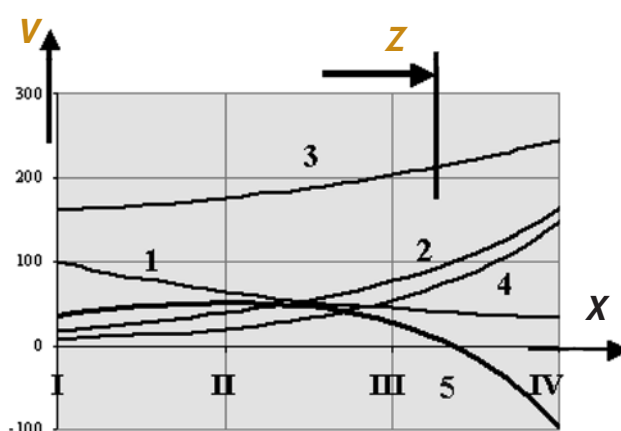


а)

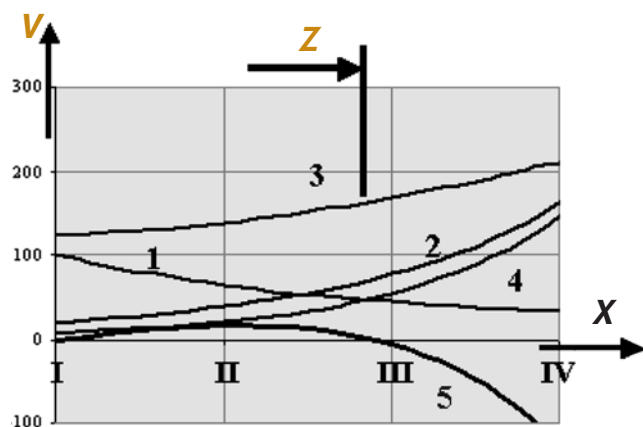
1. Стоимость ПТК
  2. Стоимость инжиниринга
  3. Предельный доход от автоматизации
  4. Затраты на эксплуатацию
  5. Эффект от автоматизации
- $V$  – затраты и доходы,  $V=100$  для стоимости ПТК при  $X=I$
- $Z$  – уровень рациональной автоматизации



б)



в)



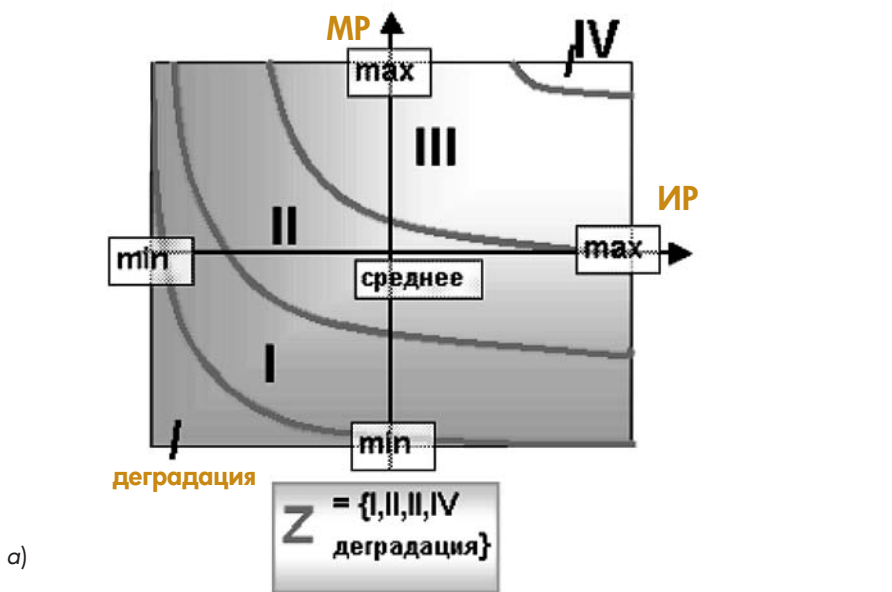
г)

Рис.3. Эффективность автоматизации – функция ее уровня:  
 а – основное производство (базовый вариант);  
 б – низкая упорядоченность;  
 в – высокая упорядоченность;  
 г – вспомогательное производство

Требуется дополнительный реинжиниринг предприятия, ломающий его старый менталитет и устанавливающий новый – роботизированный прозападный. За счет весьма значительных дополнительных ресурсов (введение и поддержание реинжиниринга) снижается чувствительность предприятия к интеллектуальным и эволюционным ресурсам, управление становится более детерминированным, техногенным и линейным. Тогда сложная система R3 (и ей подобные) работает, обеспечивая прозрачность управле-

ния. И здесь получается высокий уровень  $Z$  рациональности автоматизации (рис.3, в).

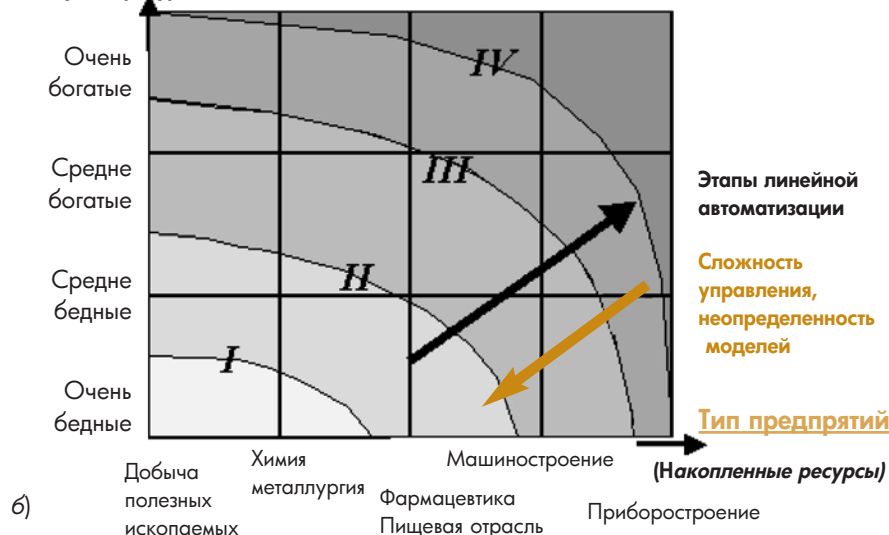
Вспомогательное производство при своей автоматизации дает меньший доход, чем основное (линия 3). Кривая 5 эффективности сдвигается вниз, снижая уровень рациональности  $Z$  – рис. 3, г. Кстати, для вспомогательных производств характерна малая эффективность от внедрения местных приборных систем и максимальная – от освоения участковых диспетчерских систем.



а)

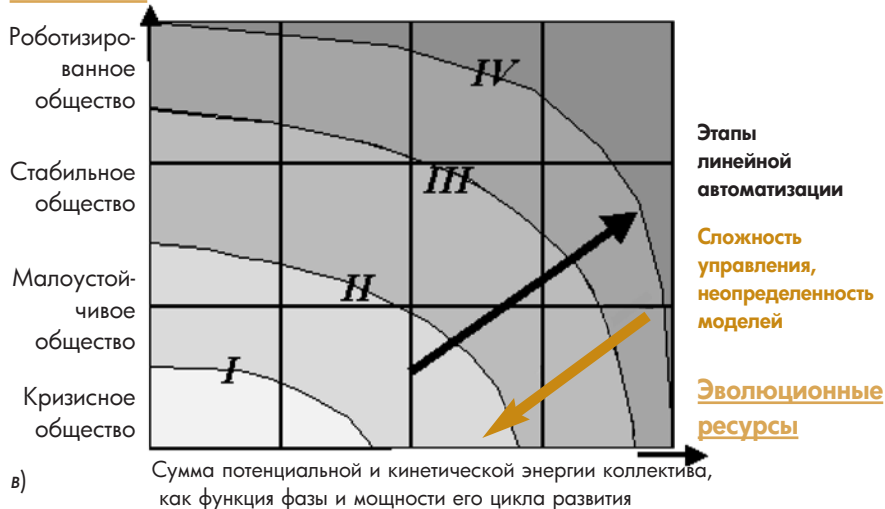
**Степень богатства предприятий**

( Текущие ресурсы )



б)

**Менталитет**



в)

**Рациональные уровни автоматизации в полях ресурсов предприятия**

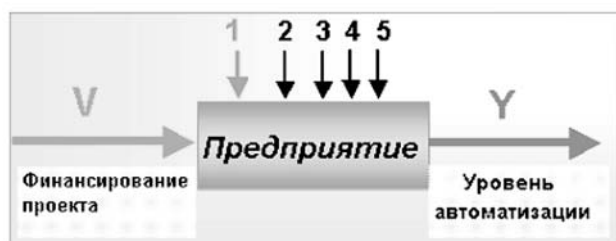
Итак, если раньше в эпоху поступательного научно-технического прогресса было рационально этот прогресс отслеживать, постепенно наращивая автоматизацию на участках и в целом на предприятии, то сейчас это не так. Имеющиеся ресурсы разного рода определяют ее рациональный уровень.

На рис. 4, а показано двумерное пространство интеллектуальных ресурсов (ИР — ось абсцисс) и материальных (МР — ось ординат) для группы предприятий, имеющих один рынок сбыта. Пространство разделяется на 5 зон. Если ресурсы — минимальны (в сравнении с другими заводами), то рассматриваемый завод находится в зоне деградации и его дополнительная автоматизация убыточна. Далее, по мере повышения имеющихся ресурсов идут этапы рациональности приборной и локальной автоматизации. III уровень включает большие диспетчерские системы, и в верхнем правом углу расположены интегрированные АСУ (ИАСУ).

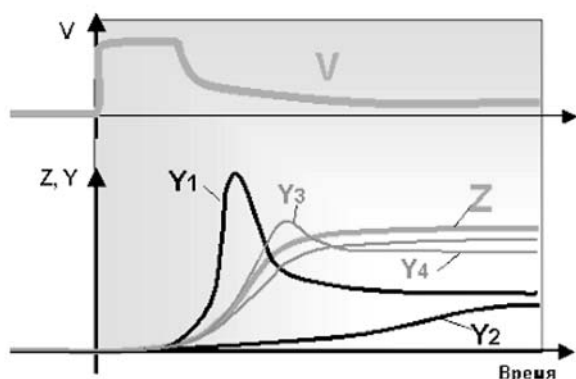
На рис. 4, б другое поле ресурсов. По оси абсцисс расположены различные типы предприятий — от обрабатывающих до приборостроительных. Это накопленные (по К. Марксу) ресурсы. По оси ординат — качественная степень их богатства (текущие ресурсы). Разные предприятия, находящиеся в разных точках этой шкалы, имеют право на разную автоматизацию. В одном конце шкалы находятся предприятия, которым не выгодно переходить шкалу приборной автоматизации (только зря потратят деньги). Например, относительно бедные рудники. В другом конце (линия IV) — те предприятия, для которых наличие интегрированной, как часики работающей ИАСУ жизненно необходимо. Например, производство ПЭВМ.

Рис. 4, в — поле эволюционных ресурсов и менталитета предприятия.

Рис.4. Рациональный уровень автоматизации в полях ресурсов разного рода: а – интеллектуальные (ИР) и материальные (МР) ресурсы; б – накопленные и текущие ресурсы; в – эволюционные ресурсы и менталитет



- Взаимосвязанные интеллектуальные ресурсы:**
- 1 - оценивание рационального уровня автоматизации,
  - 2 - предпроектные инженерные исследования,
  - 3 - проектирование,
  - 4 - организация работ,
  - 5 - пуско-наладочные работы
- a)



- Финансирование проекта V:**
- |  |  |
|--|--|
| <p><b>Без оценивания Z:</b></p> <p>Y1 - сторонними силами ("под ключ")</p> <p>Y2 - своими силами ("корейский вариант")</p> | <p><b>С оцениванием Z при координации внешних и внутренних сил:</b></p> <p>Y3 - ускоренный вариант,</p> <p>Y4 - более медленный.</p> |
|--|--|
- б)

**КПД капиталовложений в автоматизацию – функция от точности измерения ее рационального уровня**

Если мы представим проект автоматизации как квадрат (рис. 5, а) и объем капиталовложений  $V$  как его вход, то на выходе мы имеем результат – достигнутый уровень  $Y$  автоматизации. Безусловно, идеальным вариантом является знание рационального уровня  $Z$  и выход на него в последовательной программе разворачивания проекта. При этом мы достигаем наибольшего КПД капиталовложений  $V$ :  $Y$  приближается к  $Z$ . Но для этого значение  $Z$  надо измерить и в проекте пройти полный цикл работ – предпроектные исследования, проектирование, пуско-наладочные работы. В жизни идеала нет.

На рис. 5, б рядом с идеальной кривой (рост уровня автоматизации во времени до значения  $Z$ ) нарисованы четыре ее варианта. Например,  $Z$  не измеряется. Делается попытка пустить систему под ключ по "нашему" без реинжиниринга. Деньги не совсем "вылетают в трубу", поскольку ИТ-специалисты обретают опыт работы с более сложными, чем раньше системами. Но в дальнейшем большая часть функционала умирает, не имея надежной опоры внутри предприятия. Это качественная кривая –  $Y1$ . Другой вариант  $Y2$  – опора только на собственные силы без привлечения внешних инженерных ресурсов на предпроектные исследования. Оценивание  $Z$  внешними экспертами хоть и с погрешностью сразу увеличивает КПД, приближая  $Y$  к  $Z$ :  $Y3$  – оценивание оптимистическое,  $Y4$  – пессимистичное. В первом случае выигрываем время, но проигрываем в конечном уровне, во втором – наоборот.

Очевидно, что оценивание рационального уровня автоматизации сулит предприятию большие выгоды – оценивание как предваряющее целевые капиталовложения, так и перманентное в процессе их расходования.

Рис.5. КПД капиталовложений – функция точности оценивания  $Z$ :

а – проект автоматизации как объект управления;  
б – динамика отдачи от проекта

**Потапова Татьяна Борисовна – д-р. техн. наук, главный специалист компании "ПЛК системы". Контактный телефон (095) 105-77-98.**

**НОВОСТИ**

**Компания OMRON**



Закончены работы по модернизации системы управления в части сжигания мазута для котла БКЗ-75, ст. №3, ТЭЦ-3, ОАО "Светогорск". Владелец ОАО "Светогорск" – американская корпорация International Paper, имеет более строгие стандарты безопасности сжигания топлива, по сравнению с международными стандартами. Система, выполненная НПФ "Ракурс", реализует концепцию безопасности IP в полном объеме.

Введена в эксплуатацию автоматизированная система оперативно диспетчерского управления (АСОДУ) производства картонного Архангельского ЦБК. Этим завершена очередная стадия на пути к созданию глобальной системы диспетчерского управления комбинатом. Сейчас система собирает и обрабатывает технологическую информацию с основных производств комбината: энергохозяйства, производства целлюлозы и производства картонного, а также множества разнородных локальных АСУТП (Metso, Measurex, Omron), СП-Сетей, АРМ лабораторий. Общее число

технологических параметров в системе более 3000, более 200 мнемосхем и рапортов, более 100 пользователей в системе от директора по производству до мастеров смен. На сегодняшний момент это самая крупная информационная система, произведенная компанией Omron, по числу параметров, объему решаемых задач и общему числу пользователей.

Начаты работы по изготовлению и включению в общую сеть АСОДУ производства бумаги.

**Контактный телефон (095) 745-26-65.**