

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА ДЛЯ ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Барташевский С.Е., Барташевская Л.И.  
Национальный горный университет

В статье рассмотрены основные пути повышения эффективности работы магистрального транспорта периодического действия за счет увеличения его автономности. Проведен сравнительный анализ энергетической и экономической эффективности аккумуляторных батарей различных электрохимических систем. Рассмотрена классификация топливных элементов по рабочей температуре и виду применяемого топлива. Проанализированы физико-химические свойства применяемых топлив и проблемы, возникающие при их хранении и использовании. Отобран наиболее перспективный вид топливных элементов, который по рабочей температуре и виду топлива позволит эксплуатировать его на электровозах в условиях угольных шахт Украины.

**Ключевые слова:** шахтный локомотив, аккумуляторный электровоз, автономность, электролит, аккумуляторная батарея, топливный элемент.

**Постановка проблемы.** Самоходные транспортные средства периодического действия, используемые на горных предприятиях условно можно разделить на две группы:

- получающие энергию из внешнего источника (троллей, рельсы, кабели);
- автономные (аккумуляторы, дизельные двигатели).

На шахтах Украины эксплуатируются 4 дизельного, 178 контактных электровозов, 241 гировоз и 1232 аккумуляторных электровоза, из которых 1178 – марки АМ8Д (2АМ8Д) [1].

Путь пробега аккумуляторных электровозов зависит от емкости их батарей и энергозатрат. Энергозатраты на транспортирование и весовая норма поезда при этом определяются характеристиками трассы – уклонами пути и протяженностью маршрута. Большинство шахт Украины ведет добычу угля вблизи границ шахтного поля при значительной протяженности (3–5 км и более) транспортной цепочки от ствола до очистного забоя. На шахте им. газеты «Известия» ГП «Донбассантрацит» протяженность транспортной цепи 7,5 км, на шахте им. 1 мая ГП «Шахтерскантрацит» – 7 км, на ГОАО «Шахта № 9 «Нововольнская» ПО «Вольнуголь» – 9,7 км [2].

При совершении рейсов к наиболее отдаленным погрузочным пунктам, емкость батарей электровозов АМ8Д (АРП8Т) оказывается недостаточной, приходится использовать локомотивы 2АМ8Д или включать в состав два локомотива. На маршрутах меньшей протяженности одного заряда батарей достаточно лишь для выполнения одного рейса. Для решения этой проблемы вблизи границ шахтного поля оборудуют камеры замены батарей, а при наличии фланговых стволов или скважин позволяющих обеспечить обособленное проветривание – гараж-зарядные камеры.

**Не решенная ранее часть проблемы.** В настоящее время выход из сложившейся ситуации ищут по двум направлениям:

- применение локомотивов с двигателями внутреннего сгорания;
- увеличение емкости батарей применяемых на аккумуляторных электровозах.

Дизельные локомотивы в исполнении РВ, получили широкое распространение на угольных шахтах за рубежом. Эти локомотивы выпускаются в различных вариантах для использования на рельсовых путях шахт, а также в составе монорельсовых и напочвенных дорог. Поскольку они используют высокоэнергетическое топливо (соляр) их путь пробега, в течение смены, практически не ограни-

чен. Внедрение дизельных локомотивов на шахтах Украины выявило целый ряд проблем связанных с их эксплуатацией. К их числу относятся:

- несоответствие нормативов содержания вредных веществ в выхлопах дизелевозов производства стран Евросоюза и украинских норм [3];
- проблемы с разжижением отработанных газов двигателей;
- несоответствие технического уровня подготовки обслуживающего персонала и требований к обслуживанию двигателей, трансмиссии и систем очистки выхлопных газов этих локомотивов.

Повышение автономности аккумуляторных электровозов осуществляется путем внедрения энергосберегающих систем управления и аккумуляторных батарей (АКБ) повышенной емкости. Активно занимаются этим вопросом на ООО «Завод Амплитуда» под руководством главного инженера В.Л. Дебелого, осуществляя капитальный ремонт и модернизацию аккумуляторных локомотивов с заменой аппаратуры управления и установкой кислотных аккумуляторов.

В настоящее время на шахтных локомотивах, используются два типа аккумуляторных батарей: щелочные и кислотные [4].

Первая группа представлена Ni-Fe (ТНЖШ-400-У5, ТНЖШ-500-У5, ТНЖШ-550М-У5, ТНЖ-350-У5) и Ni-Cd (ТНК-350-Т5, ТНК-350-Т5) аккумуляторами. Повсеместное применение этих аккумуляторов связано с их взрывобезопасностью при коротких замыканиях (КЗ), малой чувствительностью к толчкам и ударам, возможностью частичной дозарядки.

Вторая – кислотными батареями преимущественно зарубежного производства. В последнее время все больше горных предприятий переходит к использованию именно свинцово-кислотных батарей. Связано это с их большей энергоемкостью при меньших габаритных размерах. Однако, данному виду АКБ присущ целый ряд недостатков: высокая чувствительность к толчкам и ударам, взрывоопасность при КЗ, активным выделением в шахтную атмосферу водорода и паров серной кислоты.

Однако, кардинального увеличения пути пробега аккумуляторных электровозов добиться пока не удалось. На маршрутах большой протяженности локомотивы по-прежнему совершают лишь один рейс в смену.

**Цель работы.** Повышение производительности магистрального электровозного транспорта за счет повышения его автономности.

**Изложение основного материала.** К химическим источникам тока (ХИТ) относятся:

- гальванические элементы;
- аккумуляторы (АКБ);
- топливные элементы (ТЭ).

Гальванические элементы допускают лишь одноразовое их использование, и потому, в качестве ХИТ для локомотивов в горной промышленности не применяются.

Непрерывно ведутся работы над созданием новых и повышением энергоемкости существующих АКБ за счет разработки новых электрохимических систем и совершенствования уже существующих.

Проведенный анализ технических характеристик АКБ отечественного и зарубежного производства позволил дать сравнительную оценку их энергетической и экономической эффективности (табл. 1).

Наибольшую, из серийно выпускаемых, удельную энергоемкость имеют серебряно-цинковые АКБ, однако дефицитность используемых для их создания материалов, высокая стоимость энергии и малое число циклов заряд – разряд делают их использование на локомотивах нецелесообразным.

Цинк-воздушные АКБ существуют пока только в качестве экспериментальных моделей.

Для серно-натриевых АКБ чрезвычайно серьезной является проблема безопасной эксплуатации: в случае утечки через электролит и прямого взаимодействия серы и натрия может произойти полная разгерметизация аккумулятора. Это связано с тем, что температура кипения серы 444°C, а исходная температура батареи 300-350°C и реакция взаимодействия серы и натрия весьма экзотермична.

Никель-цинковые АКБ, при сравнительно высокой удельной энергоемкости (46-50 Вт ч/кг) и большой допустимой мощности эти батареи показали в условиях реальной эксплуатации очень низкий срок службы – порядка 100-150 циклов заряд-разряд.

Никель-водородные АКБ из-за своей дороговизны используются, в основном, на искусственных спутниках Земли.

Литий-ионные АКБ из-за свойственной металлическому литию нестабильности имеют низкую устойчивость к перезаряду. На отрицательном электроде на поверхности углеродной матрицы при значительном перезаряде становится возможным осаждение металлического лития, обладающего большой реакционной способностью к электролиту, а на катоде начинается активное выделение кислорода. Возникает угроза теплового разгона, повышения давления и разгерметизации.

Исходя из вышеизложенного видно, что в обозримом будущем увеличение пути пробега шахтных локомотивов за счет применения АКБ повышенной удельной энергоемкости представляется маловероятным.

Более перспективным ХИТ для шахтных локомотивов являются топливные элементы (ТЭ), представляющие собой электрохимические генераторы, способные непрерывно работать за счёт постоянного подвода к электродам новых порций реагентов и отвода продуктов реакции [4].

Фактически, в ТЭ идет непрерывный процесс беспламенного, каталитического окисления топлива.

Достоинства топливных элементов:

- простота обслуживания (практически не требуют обслуживания);
- долговечность (срок службы до 10-15 лет);
- использование высокоэнергетических топлив (водород, метанол);
- КПД выше, чем у АКБ и дизелей (до 80%);
- основной побочный продукт – 2H<sub>2</sub>O или 2H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> (в зависимости от типа элемента).

В настоящее время принято несколько способов классификации топливных элементов:

- по типу электролита,
- по типу топлива и окислителя,
- по рабочей температуре.

По типу окислителя топливные элементы условно разделяют на кислородные и воздушные (в последнем случае в качестве окислителя используют кислород воздуха).

Таблица 1

**Сравнительные характеристики АКБ**

Тип источника тока	Состояние разработки*	Электрохимическая система	Разрядное напряжение, в	Удельная энергоемкость, Втч/кг	Количество циклов заряд-разряд	Стоимость 1 Втч энергии
Свинцовые кислотные	A	(+)PbO <sub>2</sub>   H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   Pb(-)	2,0-1,8	25-40	300	1
Щелочные Никель-кадмиевые Ламельные/безламельные	A	(+)NiOOH   KOH   Cd	1,2	30-35	2000	3/13
Щелочные Никель-железные	A	(+)NiOOH   KOH   Fe(-)	1,2	25-30	2000	2
Серебряно-цинковые	A	(+)Ag <sub>2</sub> O AgO KOH   Zn(-)	1,7-1,4	100-120	100	15
Никель-цинковые	B	(+)NiOOH   KOH   Zn(-)	1,6-1,4	60	100-300	
Никель-водородные	B	(+)NiOOH   KOH   H <sub>2</sub> / sub>(Ni) (-)	1,3-1,1	50-90	1000	
Цинк-воздушные	B	(+)O <sub>2</sub> (C)   KOH	1,2-1,0	100	(100)	
Серно-натриевые	B	(+)SnaO` 92O <sub>3</sub>   Na(-)	2,0-1,8	200	(1000)	
Литий-ионные	B	LiCoO <sub>2</sub> → Li <sub>1-x</sub> CoO <sub>2</sub> + xLi <sup>+</sup> + xe <sup>-</sup> C + xLi <sup>+</sup> + xe <sup>-</sup> → CLi <sub>x</sub>	3,5-3,7	100-180	500-1000	21

\*A – серийное производство, B – опытное производство, B – в стадии разработки (характеристики ожидаемые).

Примечание. Характеристики (особенно удельная мощность) ориентировочные, так как данные разных фирм и разных авторов не совпадают.

**Низкотемпературные топливные элементы, находящиеся на стадии промышленной и опытно-промышленной эксплуатации**

Тип топливных элементов	Рабочая температура	Эффективность выработки электроэнергии	Тип топлива	Область применения
МОПТЭ (PEMFC)	30-100°C	35-50%	Чистый водород	Малые установки
ЩТЭ (AFC)	50-200°C	40-65%	Чистый водород	Малые установки
ПОМТЭ (DMFC)	20-90°C	20-30%	Метанол	Малые установки
ПМКТЭ(DFAFC)	30-40°C	40-65%	Муравьиная кислота	Малые установки
ЦВТЭ(ZAFC)	20-35°C	40-55%	Цинк	Малые установки

По типу топлива выделяют водородные, метанольные и топливные элементы на природном газе, хотя последние с «химической» точки зрения следует отнести к «водородным», т.к. природный газ предварительно подвергается конверсии.

По температуре эксплуатации их условно делят на:

- высокотемпературные (до 1000°C),
- среднетемпературные (до 250°C),
- низкотемпературные (до 100°C).

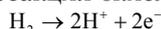
Для локомотивов, работающих в условиях подземных горных выработок с ограниченными габаритами, в условиях запыленной и загазованной атмосферы габаритные размеры топливных элементов и сопутствующего оборудования, их рабочая температура, применяемый вид топлива, имеют принципиальное значение.

Высоко- и среднетемпературные элементы неприменимы для использования на шахтных электровозах, поскольку их ограниченные габариты не позволяют обеспечить размещение эффективных систем удаления тепла.

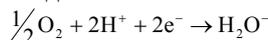
Низкотемпературные топливные элементы, пригодные к установке на шахтные локомотивы, по габаритным размерам и рабочей температуре приведены в табл. 2.

**Топливные элементы с мембраной обмена протонов (МОПТЭ / PEMFC).** В качестве электролита в этих топливных элементах используется твердая полимерная мембрана (тонкая пластмассовая пленка). При пропитывании водой этот полимер пропускает протоны, но не проводит электроны.

На аноде идет реакция окисления:



На катоде идет реакция восстановления протона с образованием воды.



Побочным продуктом реакции является вода.

**Щелочные топливные элементы (ЩТЭ / AFC).** В щелочных топливных элементах используется электролит, т.е. водный раствор гидроксида калия, содержащийся в пористой стабилизированной матрице.

На аноде гидроксильный ион вступает в реакцию с водородом с образованием воды:



На катоде вода превращается в гидроксильный элемент:



Побочным продуктом реакции является вода.

Как видно из табл. 2, топливом для этих элементов является либо водород, либо метанол.

Основной проблемой при использовании водорода являются сложности связанные с его хранением:

- хранение водорода в сжатом виде требует высокопрочных многослойных стальных баллонов с внутренними вкладышами из аустенитовой стали. Водородная коррозия металла приводит к утечкам, что создает угрозу взрыва гремучего газа;

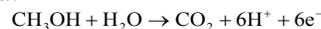
- хранение водорода в сжиженном виде, в сосудах Дюара требует высоких затрат на охлаждение

водорода до температуры  $-253^\circ\text{C}$ . Криогенные емкости не имеют идеальной теплоизоляции, поэтому оборудуются системами для стравливания газообразного водорода в атмосферу, что создает угрозу взрыва гремучего газа;

- хранение водорода в металлгидридах. Водород хорошо растворим во многих металлах и это позволяет хранить его в танках, содержащих губчатую массу или нанотрубки из благородных металлов. Недостаток такого способа хранения – высокая стоимость и необходимость прогрева металлгидридов для стимулирования выхода газообразного водорода, водородная коррозия металла танка в пористом слое наполнитель/обшивки, приводит к утечкам, что создает угрозу взрыва гремучего газа.

Таким образом, ни один из существующих на сегодняшний день, способов хранения не позволяет обеспечить безопасное и экономичное хранение водорода.

**Топливные элементы с прямым окислением метанола (ПОМТЭ / DMFC).** В качестве электролита используется полимер, а в качестве носителя заряда – ион водорода (протон). На аноде идет процесс окисления метанола на катализаторе в диоксид углерода:



На катоде протоны, проходя через протонообменную мембрану, реагируют с кислородом с образованием воды:



Побочными продуктами реакции является вода и углекислый газ.

Основным препятствием к использованию этого типа топливных элементов является применяемое топливо – метанол.

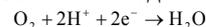
Метанол – горюч, токсичен (летальная доза – 15 мг), активно испаряется при комнатной температуре, взрывоопасен.

Следовательно, ключевым при выборе ТЭ является тип применяемого топлива, обеспечивающий возможность его безопасного использования в условиях угольных шахт.

**Прямые топливные элементы на муравьиной кислоте (ПМТЭ/DFAFC)** являются подтипом PEMFC – устройств с прямой подачей муравьиной кислоты. Муравьиная (метановая) кислота на аноде ТЭ окисляется с образованием  $\text{CO}_2$



На катоде, при этом, идет восстановление кислорода  $\text{O}_2$  с образованием воды  $\text{H}_2\text{O}$ :



Таким образом, побочными продуктами работы топливного элемента будут химически чистая вода и углекислый газ, которые могут быть утилизированы в соответствующие емкости и использованы впоследствии на шахте.

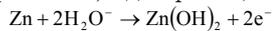
Муравьиная кислота является жидкостью при нормальной температуре. Она не горюча и не дает взрывоопасных паров. Однако, муравьиная кислота самая опасная из жирных кислот. В отличие

от неорганических кислот вроде серной, она легко проникает через жировой слой кожи. При попадании даже небольшого ее количества на кожу она причиняет очень сильную боль, поражённые ткани превращаются в корку толщиной до нескольких миллиметров. Пары даже от нескольких разлитых капель муравьиной кислоты могут вызвать сильное раздражение глаз и органов дыхания.

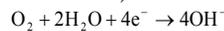
К недостаткам элементов на муравьиной кислоте, так же следует отнести необходимость использования дорогостоящих платиновых или палладиевых катализаторов наносимых на поверхность графитовых нанотрубок.

**Цинково-воздушные топливные элементы (ЦВТЭ / ZAFС).** Для производства электрической энергии используют окисление цинка кислородом из воздуха [5].

Со стороны анода находится смесь частичек цинка с электролитом, идет реакция окисления:



Со стороны катода – вода и кислород из воздуха, которые реагируют друг с другом и образуют гидроксил (его молекула представляет собой атом кислорода и атом водорода, между которыми существует ковалентная связь):



В результате реакции гидроксила с цинковой смесью высвобождаются электроны, идущие к катоду. Конечными продуктами этой электрохимической реакции являются оксид цинка и вода.

Цинк-воздушные элементы питания имеют плотность энергии в 2-2,5 раза большую, чем у наиболее емких из распространенных на сегодняшнее время – литий-ионных аккумуляторов.

По мере расходования камера со стороны анода очищается и заполняется вновь цинковой пастой или цинковыми гранулами. Неоспоримым плюсом ZAFС является возможность управлять реакцией, лишь регулируя подачу воздуха в топливный эле-

мент. У современных цинк-воздушных элементов расчетная влажность воздуха может доходить до 60%, при возрастании ее до 90% – срок службы ТЭ сокращается в 1,5 раза. Однако, с технической точки зрения, обеспечить снижение влажности и очистку от пыли воздуха не сложно. Можно использовать комбинацию воздушных фильтров из современных нетканых материалов с использованием силикагеля  $\text{SiO}_2$ , который может поглощать количество влаги, достигающее 30% собственного веса.

Цинк, можно считать оптимальным видом топлива для шахтных локомотивов. Цинк и его оксид не токсичны, не горючи, не взрывоопасны, не требуют специальных мер защиты персонала. Заправка цинком может осуществляться в любом пункте локомотивного маршрута и не требует специального обустройства зарядных камер, хранилищ топлива, организации их обособленного проветривания и т.п.

**Выводы и предложения.** Серийно выпускаемые и перспективные АКБ не позволяют обеспечить существенный рост автономности шахтных локомотивов. Из всего многообразия химических систем, наиболее приемлемы низкотемпературные топливные элементы. С точки зрения безопасности и удобства применения предпочтительны цинково-воздушные топливные элементы. Дальнейшие работы над этим видом топливных элементов позволят модернизировать существующие аккумуляторные электровозы, путем замены батарейных ящиков на контейнеры со сборками топливных элементов, соответствующей аппаратурой для хранения топлива и контролируемой подачей воздуха, а так же замены контроллеров на соответствующие системы управления.

В свою очередь, перевод аккумуляторных электровозов на питание от топливных элементов позволит снять ограничения по пути пробега локомотивов на одной зарядке и повысить основные технико-экономические показатели работы локомотивного транспорта угольных шахт.

### Список литературы:

1. Дебелый В.Л. Новое техническое решение модернизации электровозного транспорта на угольных шахтах / В.Л. Дебелый // Уголь Украины. – 2001. – № 10. – С. 54-55.
2. Дебелый В.Л. Современные подходы к модернизации шахтного транспорта / В.Л. Дебелый // Уголь Украины. – 2002. – № 10. – С. 54-55.
3. Мохельник П., Коварж П. Взрывозащищенные рудничные дизелевозы из Чехии / П. Мохельник, П. Коварж // Глюкауф. – 2002. – № 1. – С. 50-52.
4. Лаврус В.С. Батарейки и аккумуляторы / В.С. Лаврус. – М.: Наука и техника, 1995. – 47 с.
5. Справочник по электрохимии / Под ред. Сухотина А.М. – Л.: Химия, 1981. – 400 с.

**Барташевський С.Є., Барташевська Л.І.**  
Національний гірничий університет

## ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПЕРСПЕКТИВНИХ ХІМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ ДЛЯ ШАХТНИХ ЕЛЕКТРОВІЗІВ

### Анотація

У статті розглянуті основні шляхи підвищення ефективності роботи магістрального транспорту періодичної дії за рахунок збільшення його автономності. Проведений порівняльний аналіз енергетичної та економічної ефективності аккумуляторних батарей різних електрохімічних систем. Розглянута класифікація паливних елементів за робочою температурою та видом палива, що застосовується. Проаналізовані фізико-хімічні властивості палив, що застосовуються та проблеми, які виникають при їх зберіганні та використанні. Відібраний найбільш перспективний вид паливних елементів, який за робочою температурою та виду палива дозволить експлуатувати його на електровозах в умовах вугільних шахт України.

**Ключові слова:** шахтний локомотив, аккумуляторний електровоз, автономність, електроліт, аккумуляторна батарея, паливний елемент.

**Bartashevskiy S.Ye., Bartashevskaya L.I.**  
National Mining University

## JUSTIFICATION OF CHOICE PERSPECTIVE CHEMICAL CURRENT SOURCES FOR MINE ELECTRIC LOCOMOTIVES

### Summary

The paper concerns basic ways to improve the efficiency of locomotive transport periodic action by increasing its autonomy. Comparative analysis the energy and economic efficiency batteries of different electrochemical systems. The classification of fuel cells by operating temperature and type of fuel used. The physicochemical properties of employed fuels and problems, arising during storage and use are analyzed. Selected the most perspective type of fuel cells, which is the operating temperature and their fuel types will exploit it on electric locomotives in Ukrainian coal mines.

**Keywords:** mine locomotive, electric battery, autonomy, electrolyte, battery, a fuel cell.

УДК 004.415.2

## РЕИНЖИНИРИНГ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОРПУСА СУДНА

**Давыденко Е.А.**

Черноморский государственный университет имени Петра Могилы

Рассмотрено концепцию создания мобильного программного обеспечения. Предложен метод многоуровневого структурного проектирования программ. Проанализирована послыная модель программного обеспечения. Проведен реинжиниринг САПР ДЕЙМОС. В результате было сохранено действующую архитектуру и добавлен новый функционал.  
**Ключевые слова:** САПР, ДЕЙМОС, реинжиниринг, программное обеспечение, ACIS.

**Постановка проблемы.** В последнее время наблюдается тенденция к увеличению продолжительности жизненного цикла успешных программных проектов. Как следствие, растет объем унаследованного кода, поддерживаемого сообществом разработчиков [1]. Именно это объясняет исключительную важность задач, связанных с облегчением сопровождения и развития существующего программного кода. В то же время, этим задачам уделяется недостаточное внимание со стороны научного сообщества и разработчиков инструментальных средств. Как следствие, современные методики переоценивают значение начальной фазы жизненного цикла программной системы и практически игнорируют ее дальнейшую эволюцию. Таким образом, в настоящее время существует явный недостаток методик и эффективных инструментов поддержки работы с существующим кодом.

Так же, в последнее время наметился перелом ситуации: стали вызывать значительный интерес вопросы систематического использования трансформаций как центрального организующего принципа процесса развития и сопровождения существующего программного обеспечения (ПО). Однако большинство исследователей рассматривает трансформации достаточно узко – как трансформации на уровне исходного кода – рефакторинг [2]. Тем не менее, в настоящее время практически не существует исследований, посвященных трансформации на более высоком уровне абстракции – уровне архитектуры ПО. В то же время, многие сценарии сопровождения и развития существующего кода подразумевают изменение архитектуры существующей системы. В связи с этим, большой интерес вызывает разработка методологии и сопровождающих ее инструментальных средств, нацеленных на организацию предсказуемого и управляемого процесса изменения архитектуры ПО.

**Анализ предметной области.** Развитие автоматизации проектных работ на начальных этапах внедрения вычислительной техники (ВТ) происходило в направлении автоматизации сложных инженерно-технических расчетов. Это обеспечивало достаточно быструю окупаемость внедрения ВТ. Отдельной задачей автоматизации стояли чертежно-графические работы. Для их решения создавались специальные компьютерные комплексы (Benson, Konsberg и др.), которые принимали данные через магнитные ленты и выполняли вычерчивание сложных чертежей с большой точностью на чертежных столах (для работ по проектированию габаритных технических объектов в 70-80 годах прошлого столетия их использование было просто необходимо). Естественно, что развитие информационных технологий привело инженеров-программистов к идее использования моделей конструкций. Однако ограниченность ресурсов компьютеров существенно сдерживала объемы моделей и количество задач, которые можно было решать при использовании этих моделей. Для расширения моделей и соответственно задач, решаемых на их основе, стали применяться различные системы управления базами данных (СУБД). При этом, в условиях жесткого ограничения по ресурсам (оперативная память многих ЭВМ была 1-4 МБ), огромное количество кода было написано с использованием низкоуровневых языков программирования (Ассемблер). Программирование инженерных расчетов традиционно выполнялось на языке Fortran, а различных экономических задач – на языке Cobol. Системные задачи реализовывались на языке PL/1. В 80-х годах прошлого столетия уже стало очевидно на необходимость создания интегрированных систем автоматизации, но для ее решения необходимы были единые подходы к созданию программ и интегрирующие средства. Попытки изменения моделей