

БУДУЩЕЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИКИ ТРАНСПОРТА

Яков Басин

Введение

Каких бы высот ни достигла современная индустриально-технологическая цивилизация к настоящему моменту, какие бы радужные перспективы автоматизации нашей сумасшедшей жизни в каменных лабиринтах мегаполисов ни рисовали нам компании-производители электронной техники, но стóит исчезнуть колоссальному потоку энергии, питающему нашу цивилизацию, – и движение мира остановится. Как только этот поток энергии начнёт оскудевать, мировая экономика будет ввергнута в труднопреодолимый кризис [2]. Не думаю, что кто-либо будет спорить с этим тезисом. Обсуждение темы «Энергетика будущего» состоит не в дебатах по вопросу, что лучше: использование солнца или ветра, газа или угля для выработки электроэнергии. Энергетика будущего, без всякого преувеличения, – это вопрос будущего человечества, так что заглянуть в будущее энергетики означает попытаться увидеть будущее человеческой цивилизации, в том числе и ближайшее, в котором нам ещё удастся пожить.

США и другие развитые страны были локомотивами научно-технического прогресса (НТП) в XX веке, создателями так называемого пятого технологического уклада (5ТУ), основой которого служат микроэлектроника, информационные и коммуникативные технологии [3]. С начала XXI века, в ходе дальнейшего развития НТП, начинается построение т.н. шестого технологического уклада (6ТУ), основанного на создании новых материалов при помощи нанотехнологии, на использовании молекулярной биологии и генетики в сельском хозяйстве, на новых технологиях в промышленности и медицине, на освоении новых источников энергии и на создании ресурсо- и энергосберегающих технологий. Для построения 6ТУ становится ключевой проблемой способность страны к масштабному внедрению новых технологий, т.е. к поддержанию и расширению инновационного процесса. Притом в ещё большей степени, чем ранее, – при создании 5ТУ. Значительно возрастают риски, требуются огромные и длительные капиталовложения в НИОКР в условиях проблематичности успеха при коммерческой реализации результатов этой деятельности. Процесс создания этого нового этапа НТП предъявляет повышенные требования к квалификации кадров. Квалификация кадров всех уровней, в свою очередь, зависит от качества не только высшего, но и школьного образования. Все эти особенности инновационного процесса трудно совмещаются с принципами свободного частного предпринимательства, основанного на стремлении к получению максимальной прибыли при минимальных рисках и быстрой оборачиваемости вложенного капитала.

Современный инновационный процесс давно уже не есть следствие спонтанных усовершенствований орудий труда и изобретений частных лиц: Фултонов, Стефенсонов, Дизелей и Нобелей, – а результат целенаправленных решений и действий руководства страны, его органов управления. Атомная энергетика, электроника, вычислительная техника, освоение космического пространства и другие достижения 5-го НТУ созданы в рамках государственных программ, финансируемых из казны, как правило, для нужд обороны. Из того же источника финансируется всё, что не даёт немедленной прибыли: армия, затраты на инфраструктурное строительство, фундаментальную науку, общее образование и здравоохранение, стимулирование бизнеса к активизации инноваций, важных для НТП и экономики страны в целом. Свободный рынок, частное предпринимательство – это главный источник пополнения казны через налоговую

систему. В инновационном процессе их главная роль состоит в освоении достижений НТП с целью создания новых коммерческих продуктов, востребованных на внутреннем и мировом рынке. Именно эту функцию выполняют частные компании, флагманы высокотехнологичной продукции, такие, как Боинг, Интел, Майкрософт, Гугл, Эппл.

Совсем недавно на мир обрушился глобальный экономический кризис, который наиболее остро поразил экономически развитые страны, начиная с флагмана НТП – Соединённых Штатов Америки. Случайно или не случайно этот кризис совпал по времени с периодом перехода с одного технологического уклада на следующий.

Перед этой конференцией по энергетике в наш клуб был приглашён известный экономист Леонид Вальдман. Он познакомил нас с анатомией кризиса: его причинами и возможными последствиями для мировой экономики и, в частности, для экономики США [4]. В докладе были рассмотрены несколько прогнозных сценариев развития событий в нашей стране. Один из таких сценариев (по мнению ряда учёных-экономистов, почти неизбежный) прогнозирует существенное снижение уровня доходов большинства населения не менее чем в два раза, что должно привести к уменьшению средней нормы потребления на человека, в том числе и энергетических ресурсов.

Впервые в своей истории человечество столкнулось с истощением минеральных и горючих ископаемых. До недавнего времени общественно необходимая стоимость потребляемой единицы энергии только уменьшалась благодаря научно-техническому прогрессу. Каменный уголь заменил дрова, потому что был дешевле дров (по затратам живого труда на единицу энергетического эквивалента); потом нефть заменила уголь, газ заменил нефть по той же причине. И вот, буквально на наших с вами глазах, ситуация стала кардинально меняться. С одной стороны, научно-технический прогресс ускоряется во всех секторах экономики, в том числе в технологиях получения энергетических ресурсов, а с другой, – себестоимость эквивалентной единицы энергии неудержимо растёт. Одна из причин этого явления в глобальной экономике очевидна. Главный источник наиболее эффективных и освоенных энергоресурсов – запасы ископаемого углеводородного сырья – истощается, и затраты на добычу этого сырья растут быстрее, чем компенсирующий эти затраты технологический прогресс извлечения нефти и газа из недр.

Учёные подсчитали величину полученной энергии на единицу затрат для разных видов энергоресурсов. Эти затраты выражаются как отношение величин полученной и затраченной энергии, т.е. была подсчитана «энергетическая эффективность» данного вида энергоресурса в разные годы, (сколько получили энергии и сколько на её получение потратили энергии). Вот цифры: в 50-е годы добыча угля из шахт, энергетическая эффективность равна 80/1; то же, но в 70-е годы, эффективность уменьшилась до 30/1; нефть и газ в 40-е годы – 100/1, в 70-е годы уже только 23/1. (Эти результаты были получены американскими учёными ещё 30 лет назад, но тогда на них не обратили должного внимания). Очевидно, сегодня цифры энергетической эффективности должны быть ещё меньше. Но более важно другое. Подсчитанная таким же образом энергетическая эффективность возобновляемых источников энергии (ВИЭ), например, при производстве этанола из кукурузы эффективность – 1,3/1, в солнечных панелях промышленного изготовления – 1,9/1, в ветродвигателях – 2/1. Так что по этому показателю приведённые выше виды ВИЭ пока уступают на порядок ископаемым энергоресурсам. Тем не менее, человечество всё равно вынуждено будет использовать ВИЭ во всё возрастающих масштабах, несмотря на их низкую рентабельность. Но происходить этот процесс будет медленнее прогнозируемого энтузиастами внедрения ВИЭ, и только под давлением общественности, при политической и финансовой поддержке государства, а не благодаря «невидимой руке свободного рынка». Ближайшее будущее энергетики передовых европейских стран (до 2030 г.) предполагает доведение

уровня использования ВИЭ до 20% суммарного потребления. Но даже такой рост использования ВИЭ потребует коренного преобразования всей инфраструктуры энергообеспечения. Источники ВИЭ распределены на огромном пространстве, а каждый генерирующий энергию объект имеет ограниченную мощность и может быть эффективно использован в определённой системе, будучи вписанным в общую инфраструктуру энергообеспечения. На этой базе создается совершенно новое направление энергетики – «Микроэнергетика» [29].

Остальные 80% энергоресурсов будут по-прежнему получать за счёт их традиционных источников при уменьшении доли нефти в пользу газа и атомной энергетики [1]. Магистральный путь в решении энергетической проблемы видится в глобальном сокращении потребления энергоресурсов как за счет режима экономии во всех сферах деятельности, так и создания новых энергосберегающих технологий. Последнее направление станет одним из ведущих в новых инновациях, связанных с созданием шестого технологического уклада.

1. Проблема дефицита нефти в мировой экономике

Поток энергии движет цивилизацию, в стальных жилах гигантского индустриального организма бежит чёрная кровь – нефть. Нефть пока ещё занимает первое место в мировой энергетике, прежде всего, за счет своей монополии на транспорте. Научно-технологический, экономический и социальный прогресс прошлого столетия в значительной степени обязан доступности и дешевизне нефти. Воздушное сообщение и личный автомобиль стали главным отличием и визитной карточкой прошлого века. Поэтому есть все основания называть XX век веком нефтяной цивилизации.

События последнего времени указывают нам на серьезные грядущие изменения. Цены на "кровь цивилизации" растут небывало высокими темпами. Это происходит на фоне драматических событий на политической сцене: война в Ираке и Афганистане, международный терроризм, обострение противоречий между Западным миром и остальными странами (которым и принадлежит большая часть нефтяных запасов) [5]. На рис. 1 и 2 показаны графики изменения цены нефти (доллар/баррель) по годам в номинальных ценах и приведённых к паритету покупательной способности доллара на 2008 год.

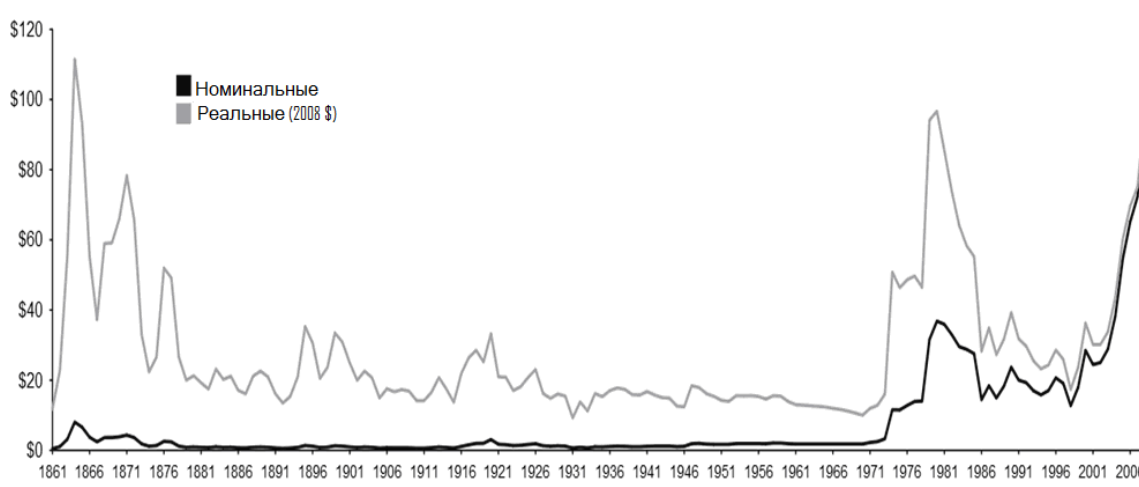


Рис.1

На первый взгляд многократные повышения цен на нефть и в 1973 г., и начиная с 2004 г. имеют одну и ту же причину: конфликт с исламским миром. Но только отчасти. Быстрое восстановление высоких цен на нефть после кратковременного их спада в период острой стадии экономического кризиса 2008 г. подтверждает прогноз американского геолога док. М. Хабберта о начале эпохи дефицита нефти во всей мировой экономике. Цена в диапазоне \$50 – 100 за баррель установилась надолго, и для этого есть веские причины [1]. То, что происходит сегодня, с одной стороны, – результат вырвавшихся на свободу политико-экономических противоречий второй половины 20 века, с другой стороны, – предвестник глубоких структурных изменений, связанных с проблемой исчерпания невозобновляемых энергоресурсов. В первую очередь, последнее относится к самому эффективному энергоносителю – нефти. Это значит, что ситуация со стоимостью нефти может измениться, если произойдут глобальные изменения в мире:

Цена Барреля Нефти: 2000 – 2010

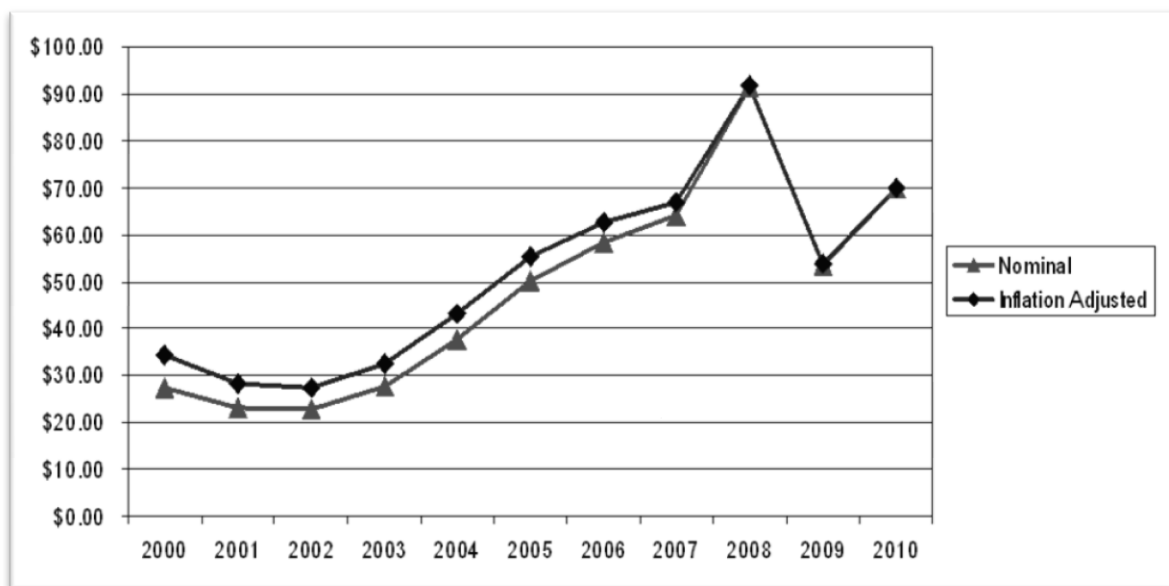


Рис.2

политические, экономические или научно-технологические. Действительно, в 2007 г. был зафиксирован практически нулевой прирост мировой добычи нефти, а рост мировой экономики и, как следствие, увеличение потребления энергоресурсов продолжается, несмотря на мировой экономический кризис. Мировая экономика должна приспособиться к новой энергетической реальности, найти другие эффективные источники энергии, замещающие нефть, и научиться расходовать экономно доступные источники энергии. К этой ситуации, предсказанной учёными, следовало готовиться заранее, но ни политики, ни бизнесмены не вняли их предупреждениям [1].

2. Инфраструктура энергетики США и её проблемы

Напомню: ещё в самом начале президентства Буша была создана комиссия по «Национальной энергетической политике». Эта комиссия под руководством вице-президента Дика Чейни подготовила соответствующий доклад в 2001 г. [7]. Конгрессу был представлен план увеличения мощностей электростанций на 45% в течение 20-ти лет

за счёт строительства ТЭС, работающих, в основном, на газе. Такое предложение комиссии (как, впрочем, и экстренное создание самой комиссии) было связано с недавней катастрофой электросети в штате Калифорния. Эта катастрофа высветила болезную проблему Америки: отсутствие единой электросети с центральным управлением, в результате чего автономная электросеть штата Калифорния, внезапно вышедшая из строя из-за резкой перегрузки, не имела возможности быстро получить электроэнергию из сетей других штатов. Требовалось быстрое решение, поэтому ничего лучшего, как нарастить мощности ТЭС, не придумали. А где взять газ для новых ТЭС? Комиссия предложила разрешить разведку и эксплуатацию газовых месторождений на федеральных землях в штате Аляска. Работа этой комиссии была, судя по последствиям, безрезультатной [6]. Затем произошли события 11 сентября 2001 г. До кризиса, который начался в конце 2007 г., так ничего серьёзного и не было предпринято в отношении изменения устоявшейся за десятки лет энергетической инфраструктуры ни в США, ни в остальном мире.

Чтобы попытаться заглянуть в будущее инфраструктуры энергетики США, познакомимся вкратце с её современным состоянием в сравнении с рядом других стран мира. На рис. 3 приведена таблица, иллюстрирующая инфраструктуру энергетических ресурсов, потребляемых по 18 странам и по всему миру в целом за 2005 г.

Страна	Население млн. чел	Суммарное потребление энергоресурсов нефтеэкв.млн.т/г	Доля от мирового потребл. в %	Потребл. на чел. нефтеэкв. тыс.т/г.чел.	Доля энергоресурсов в % от суммар. потребления				
					нефть	газ	уголь.	ядер. энер.	гидр.. энер.
США	300	2332	23	7.8	40	25	24	8	3
Китай	1250	1386	13.5	1.15	22.2	2.5	69	0.8	5.5
Россия	145	670	6.5	4.5	19	54	16	5	6
Япония	127	515	5	4.1	47	12.5	23	12	5
Индия	1010	375	3.7	0.4	32	7.5	54	1.5	5
Германия	85	330	3.2	3.9	37.5	23.5	26	11	1.5
Канада	30	307	3	10.2	32.5	26	10	6.5	25
Франция	59	265	2.6	4.5	36	15	5	39	5
Великобрит.	58.5	227	2.2	3.9	35.5	39	17	8	0.5
Юж. Корея	47	217	2.1	4.6	48.5	13	25	13	0.5
Бразилия	170	188	1.8	1.1	45	9	6	1	39
Иран	72	156	1.5	2.2	47	50	1		2
Мексика	103	145	1.4	1.4	58.5	30	6	1.5	4
Украина	48	143	1.4	3	12	45	27	14	2
Сауд. Арав.	22	137	1.3	6.2	58	42			
Австралия	20	120	1.2	6	32.5	18.5	46		3
Пакистан	141	47	0.5	0.3	30.5	49	6.5	1	13
Белоруссия	10	24	0.2	2.4	30.5	69	0.5		
Весь мир	6550	10224.5	100	1.55	37	23.5	27	6.2	6.3

Рис. 3

Что следует из этих данных? Крайне неравномерное потребление энергоресурсов разными странами, особенно на душу населения. На долю США с населением 5% от мирового приходится почти четверть мирового потребления энергии. Даже передовые европейские страны потребляют энергоресурсов почти в два раза меньше, чем США и Канада. А новые, быстро развивающиеся, страны: Китай, Индия и Бразилия потребляют ещё в три-четыре раза меньше, чем передовая Европа. Вывод для будущего: в передовых странах потребление энергии должно уменьшиться, а в новоиндустриальных странах будет увеличиваться, в мировом потреблении спада не намечается. Следовательно, дефицитная нефть в цене не упадёт, а, скорее, может вырасти. Инфраструктуру

энергетики в будущем придётся менять очень существенно, прежде всего, в сторону максимальной экономии нефти. Как видно из той же таблицы, инфраструктура по видам потребляемых странами энергоресурсов различна в разных странах. В настоящее время только две крупных страны (из тех, что представлены в таблице) используют возобновляемый источник энергии на ГЭС в больших масштабах: Бразилия и Канада. Ещё 5 стран: Франция, Украина, Ю. Корея, Япония и Германия используют АЭС с долевым участием этого вида энергоресурса свыше 10 %. Выделяется Франция, в которой 70% электроэнергии дают АЭС. Большинство стран сидит на нефтяной игле с долевым участием нефти в своём энергетическом балансе, превышающем 30 %. Итак, США потребляют энергоресурсов больше всех в мире.

А теперь рассмотрим детально инфраструктуру потребления энергоресурсов в одной отдельно взятой стране – в Америке. На рис. 4 представлена детальная схема этого потребления по секторам экономики США и видам энергоресурсов [10].



Рис.4

Слева на этой схеме представлены все источники энергии, поступившие в экономику страны за 2005 год. Их сумма в энергоэквивалентах принята за 100%. Расход энергии по секторам экономики представлен как доля от этой суммы в %. Справа на той же схеме показан расход этих энергоресурсов, то, что экономика израсходовала за тот же год. Перед нами объективная и наглядная картина энергетики Америки. Что мы видим на этой картине?

1. Сектор электроэнергетики потребляет 38,2% суммы энергоресурсов, больше всех других секторов экономики. Это естественно, потому что электрическая энергия – самая удобная и универсальная для потребителя. Электрогенерирующие мощности по источникам первичных энергоресурсов распределяются следующим образом: уголь – 52 %, газ – 15 %, АЭС – 21 %, ГЭС – 7 %, биомасса – 3 %, нефть – 2 %. Из этого распределения можно сделать важный для экономики Америки вывод: электроэнергетика страны не зависит от импортных источников энергоресурсов. Это очень хорошо, но плохо то, что на долю возобновляемых источников энергии (ВИЭ) приходится малая доля – 10 %. Для сравнения эта доля ВИЭ в Норвегии – 100 %, в Канаде – 60%. Рассмотрим другой важный параметр – КПД преобразования первичных энергоресурсов в электричество. Он составляет не более 31 %. Потери, равные 2/3 энергоресурсов, складываются из таких элементов:

- потери генерирующих установок, максимальные на угольных ТЭС;
- потери электросетей;
- и, наконец, самые обидные потери, обязанные недоиспользованию энергетических мощностей, работающих вхолостую из-за неравномерности (суточного и сезонного) потребительского спроса. Это один из серьёзных путей экономии для энергетики будущего, который достигается: объединением энергосистем всей страны, её централизованным управлением с использованием современных достижений в информационных технологиях и способами резервирования недоиспользованных мощностей в электроэнергетике [9].

Следующие секторы экономики, в отличие от электроэнергетики, являются конечными потребителями в экономике страны и реально определяют жизненный уровень населения в стране.

2. Начнем с домашнего хозяйства совместно с предприятиями сервиса. На них приходится до 20 % первичных ресурсов, которые распределяются следующим образом: электроэнергия – 43 %, газ – 43 %, нефть – 11 %, биомасса – 2 %, уголь – 1 %. КПД потребляемых энергоресурсов в этом секторе очень высокий – 75 %, потому что они используются, в основном, в виде тепла и света. Важно отметить, что на долю именно этого сектора приходится более 70 % производимой электроэнергии в стране. Большая часть энергоресурсов от новых видов ВИЭ, которые будут получены в будущем, поступят в этот же сектор экономики [29].

3. Следующим является промышленный, точнее, индустриальный сектор. На его долю приходится 19 % энергоресурсов. Очень мало. (В ряде научных работ экономистов, посвященных экономике США, утверждается, что Америка в настоящее время уже и не промышленная страна)[4]. Долевое участие видов этих ресурсов следующее: электроэнергия – 18 %, газ – 49 %, нефть – 21 %, уголь – 11 %, биомасса – 9 %, ГЭС – 2 %.

4. И последний сектор – транспорт, о котором пойдет речь ниже. В Америке именно транспорту принадлежит первое место по уровню потребления энергоресурсов – 26,5%. Долевое участие их видов: нефть – 97 %, газ – 2,5 %, электроэнергия – 0,5 %.

Посмотрим, на что расходуется в США нефть, самый дефицитный, на 2/3 импортный, энергоноситель. 1. Транспорт – 65 %; 2. Промышленность (в основном, в химической отрасли, и прочие виды использования нефти не в качестве горючего) – 24 %; 3. Домашнее хозяйство и сервис – 5,8 %; 4. Электроэнергетика – 0,2%; 5. Нефтепродукты на экспорт – 5 %.

Вывод напрашивается сам собой: ахиллесова пята энергетики Америки – это пожирающий нефть транспорт. Достаточно перевести транспорт на иные недефицитные источники энергии – и страна становится энергетически самодостаточной.

Для сравнения приведём данные о распределении потребления электроэнергии по секторам экономики в России: домашнее хозяйство и сервис – 23,1 %, индустриальный

сектор 47,7 %, транспорт – 8,7 %. 80 % грузооборота ЖД ложится на электрифицированные ЖД.

3. Транспорт будущего

Автомобилизация личного транспорта, которая достигла апогея в США, когда рядовой американец уже не мыслит своего существования без личного автомобиля, создаёт трудно решаемую проблему для всей страны. По мнению ряда ученых, такая автомобилизация заведёт любую страну в тупик [16]. Экономический кризис этот факт рано или поздно высветит, ожидается, что доходы подавляющего большинства американцев неизбежно упадут [4]. По пессимистическим оценкам, эти доходы могут упасть вдвое, а цены на горючее, наоборот, возрастут, и многим в США содержать автомобиль станет не по карману. С другой стороны, перемещение в пространстве – насущная потребность современного человека, и удовлетворение этой возможности есть важная составляющая качества его жизни. Можно ли сохранить достигнутое в стране качество жизни и при этом капитально сократить расходы на передвижение?

Идеальной транспортной системой с точки зрения оптимальной доставки элемента из пункта А в пункт Б является кровеносная система человеческого организма. Главными её качествами являются чёткая иерархичность этой системы, одностороннее движение и отсутствие пересечений путей. К такому же виду необходимо привести транспортную сеть страны и, в первую очередь, сеть городского транспорта [14]. В передовых странах Европы и в Японии выстроена иерархия транспортной структуры по признаку дальности перемещения: городской транспорт или автомобиль, пригородный железнодорожный (ЖД) транспорт, скоростной (СЖД) железнодорожный транспорт, авиационный транспорт. Особенностью этой структуры, в отличие от других стран и, в частности от США и России, состоит в создании сети скоростного ЖД (СЖД) сообщения, более дешёвого и комфортного, чем авиация, и не уступающего ей по затратам времени на расстояниях до 1200 км. Дальнейшее продвижение СЖД транспорта на той же технологической базе (рельсовое дорожное полотно и электропоезд с питанием от подвесной электросети) ограничено предельно допустимой крейсерской скоростью такого поезда в 300 км/ч. Дальнейший рост скоростей наземного сообщения возможен на основе транспорта на магнитной подушке за счёт отсутствия трения. (Поезд парит над полотном, как экраноплан, подъёмную силу создаёт сильное магнитное поле под дорожным полотном). Скорость может достигать 700 км/ч и ограничивается аэродинамическим сопротивлением поезда. Это ограничение можно преодолеть, если поезд поместить в трубу и откачать из трубы воздух. Создание сильного магнитного поля невозможно без использования эффекта сверхпроводимости, требующей строительства дорогостоящей системы охлаждения. Транспорт на магнитной подушке может быть сегодня целесообразным на линиях с высокими пассажиропотоками на относительно коротких дистанциях, например, для связи крупных городов с международными аэропортами. Такая трасса действует сегодня между Шанхайскими аэропортами и городом [13].

Хотя система грузовых железнодорожных перевозок США остается непревзойденной по своей способности перевозить огромные грузы на большие расстояния, самый скоростной американский поезд "Метролайнер" в среднем развивает скорость лишь около 140 км/ч. Это вряд ли можно назвать высокоскоростным поездом, как в Японии или Европе [13]. Реальность заключается в том, что в сфере наземного транспорта Америка, одержимая желанием иметь личный автомобиль, отстала от многих стран в мире [6]. В данный момент транспортная система Америки неадекватна потребностям социума и экономики.

Рассмотрим, что необходимо здесь преобразовать, чтобы эта система успешно работала. Очевидно, что возникла потребность в новом виде транспортной инфраструктуры [14]. Новый вид транспорта должен максимально использовать уже существующую капиллярную автодорожную структуру. Удобство доставки «от двери к двери» и отсутствие пересадок сегодня обеспечивается в значительной мере одним видом транспорта: личным автомобилем. Это положение может быть переформулировано следующим образом: транспорт будущего должен стать, прежде всего, многовидовым. В частности, городской транспорт, как минимум, должен включать два вида [14].

Рассмотрим более подробно насущные проблемы городского транспорта. Многие сегодняшние проекты новых видов городского транспорта являются одновидовыми, что говорит об их полной бесперспективности в качестве транспорта будущего. Городской житель, конечно, хочет иметь экипаж, подъезжающий прямо к дому и находящийся около дома сколько угодно времени. Пользоваться общественным транспортом он не хочет, если есть возможность иметь свое собственное средство передвижения и гарантируется отсутствие пробок [14]. Но сегодня проблема пробок, нехватки парковок в крупном городе практически неразрешима. В будущем к этому добавится недостаток средств у большинства населения США, чтобы приобрести и ежедневно пользоваться современными полногабаритными автомашинами, к которым давно привыкли американцы. Выход из этого тупика: двухвидовая система городского транспорта. Индивидуальный транспорт (личный или взятый в кратковременную аренду) доставляет пассажира к остановке магистрального транспорта. Далее пассажир пересаживается на магистральный вид транспорта. После прибытия на нужную остановку, находящуюся на этой магистрали, дальше, чтобы добраться до двери пункта назначения пассажир должен иметь возможность использовать индивидуальный транспорт. В Нью-Йорке уже сегодня личными автомобилями пользуется меньшинство, 80 % легковых машин на улицах города – это такси. В европейских городах, например, в Нидерландах, на улицах мало личных автомашин, большинство добираются до магистрального транспорта на велосипедах. Их оставляют на стоянке и едут дальше на общественном транспорте. Но такая схема хорошо работает в небольших городах. В Монреале с миллионным населением ввели в транспортную систему города следующее новшество: общественный велосипед. Пассажир, выйдя из дома, добирается до ближайшей стоянки общественных велосипедов, берёт его в краткосрочную аренду и доезжает на нём до остановки магистрального транспорта, сдаёт там на стоянку, едет на общественном транспорте до нужной остановки, где садится на другой общественный велосипед на тех же условиях и доезжает до пункта назначения. Принципиальным отличием от обычной системы городского транспорта в приведённых примерах является использование индивидуального микротранспорта в комбинации с магистральным общественным транспортом. Приведённая система позволяет решить самые большие проблемы городского транспорта, при этом она вполне доступна по цене большинству жителей города. Перспективность именно этого направления уже оценили компании, производящие транспортную технику [19]. Таковы наиболее интересные разработки, имеющие существенные перспективы для широкого применения или в качестве базы для дальнейшего совершенствования конструкции данного вида микротранспорта.

3.1. Segway – автобалансирующий самокат

Тем, кому совсем уж лень перемещаться в пространстве по старинке, пешком, инженеры ещё три года назад предложили замечательное устройство - самокат Segway, который развивает скорость до 30 километров в час и работает на аккумуляторах [17]. В вертикальном положении Segway удерживает сложная система гироскопов, работающая

под управлением микропроцессора, осуществляя автобалансирование. Самокат позволяет добраться от дома до работы с ветерком, минуя при этом автомобильные пробки и шумные запылённые магистрали. Segway уже продаётся и в Европе, и в США. Он стоит около 5400 долларов.



Рис.5. Автобалансирующий самокат.

(http://news.bbc.co.uk/1/hi/russian/sci/tech/newsid_3583000/3583615.stm)

3.2. Проект P.U.M.A

Прототип оригинального средства передвижения представили на Нью-Йоркском автошоу гигант автомобилестроения General Motors (GM) и корпорация Segway знаменитая своим автобалансирующимся самокатом. Двухколёсный двухместный микроэлектрокар для городских жителей под кодовым названием *P.U.M.A. (Personal Urban Mobility and Accessibility Project)* использует технологию Segway [18]. Он способен развивать скорость до 35 миль (56 км) в час и преодолевать на одном заряде те же 35 миль. Транспортное средство демонстрирует превосходную манёвренность и компактность при размере в 1/6 типичного автомобиля. *P.U.M.A.* способна развернуться на площади всего в какой-то квадратный метр. По подсчетам GM, стоимость полного заряда аккумулятора в США будет равна всего 35 центам. Микроэлектрокар будет также оснащён интерфейсом взаимодействия с другими транспортными средствами – введенная в 1996 General Motors технология *vehicle-to-vehicle* позволяет увеличить уровень безопасности при передвижении. Это новое транспортное средство сочетает в себе экологичность и мобильность велосипеда со скоростью, близкой к максимально допустимой в черте города. Микроэлектрокар, к сожалению, также наделён и всеми недостатками своего механического двухколесного дедушки – ограничением на погодные условия, сезон и невозможность въезда на скоростные трассы.

P.U.M.A. поступит в продажу в 2010 году.

(Видео 1. *P.U.M.A.*: <http://www.youtube.com/watch?v=38XQjgTd9Fk>)

Судя по тому, что за разработку микрокаров взялись такие солидные компании, как GM и Honda, этот вид транспортных средств имеет большое будущее. Появятся новые, более совершенные, варианты. Следующий шаг к созданию новой городской транспортной структуры может быть связан с идеей разработки микрокаров в виде индивидуальных модулей, способных конструктивно объединяться в гибкие сцепки, своеобразные поезда, ведомые тягачом, как грузовые фуры. Такие сцепки будут курсировать с большими скоростями по магистралям города, собирая и отцепляя модули на остановках. При этом сохраняются принципы двувидовой транспортной системы. В этом варианте модули могут быть арендованы, а могут принадлежать и храниться дома частными лицами. Дальнейшее развитие такой системы может позволить её

использование на скоростных трассах, например, для пригородного сообщения. Таким образом, вырисовывается один из возможных сценариев построения четырёхвидовой системы инфраструктуры пассажирского транспорта: микрокар-модуль; сцепка, ведомая тягачом; СЖД; авиатранспорт.

3.3. Проект GM-SAIC EN-V



Рис. 6. GM-SAIC EN-V

Совместное детище американского концерна GM и его китайского партнёра SAIC – тройка суперкомпактных электрокаров для мегаполисов. (Не случайно затеян этот проект именно с китайцами). Дебют проекта состоится на выставке *World Expo 2010 Shanghai*. Дизайн каждой машины рисовали в разных студиях, а разработку технической начинки взял на себя GM. Проект EN-V является логичным развитием проекта P.U.M.A. (*Personal Urban Mobility and Accessibility*) — двухместный гироскопический скутер, созданный вместе с небезызвестной компанией Segway. Специалисты GM убеждены, что через 20–30 лет по городам будут ездить только такие

транспортные средства (рис. 6, <http://yandex.ru/yandsearch?text=GM-SAIC+ENV&lr=223>). Электрокары также способны перевозить двоих (длина – 1,22 м, высота – 1,83 м), имеют запас хода 40 км, при этом развивая максимальную скорость 40 км/ч. Кузова этих электромобилей ради экономии веса сделаны из пластика и карбона, а моторы располагаются прямо в колёсах. Управление максимально упрощено: руль напрямую не связан с колёсами – вы только двигаете «джойстиком», а остальное сделает электроника. Более того, инженеры из GM в данное время разрабатывают систему, которая позволит вообще не трогать органы управления: при помощи GPS и множества камер, контролирующей обстановку вокруг автомашины, последняя доедет до места назначения сама [19].

3.4. Система SKY POD

Компания *Unimodal Systems* из Калифорнии разработала проект транспортной системы, предлагающей частные поездки, но в то же время являющейся массовым видом транспорта [21]. Ключевой компонент системы – устройства *Sky pod*, которые удерживаются на рельсах при помощи магнитного поля. Работает это следующим образом: пассажир садится внутрь *Sky pod*, вводит адрес конечного пункта, и дальнейшая работа перекладывается на компьютеризированную систему. С тремя пассажирами скорость может достигать 240 км/ч.

3.5. Транспорт мегаполиса

Вернёмся в город. Предлагаемые ранее схемы явно недостаточны для транспорта мегаполисов [15]. Этот транспорт должен обеспечивать перевозку огромного количества пассажиров на сравнительно большие расстояния с минимальными финансовыми

затратами и большой скоростью. Требование минимальных затрат – вовсе не прихоть. Лишний доллар на каждого пассажира, умноженный на миллионы пассажиров в день, выливается в колоссальную сумму. Требование скорости вытекает из больших расстояний и большого количества пассажиров: ежедневно терять на дорогу немалое количество времени никому не хочется. Метрополитен не закрывает этих проблем из-за дороговизны его строительства и затрат времени на переходы. Остаётся единственный резерв: трассы над улицами. Но полномасштабные дороги на эстакадах слишком дороги и уродуют город. Новым решением является создание подвесных систем на тросах или рельсах, натянутых над улицами, по которым движутся самоходные пассажирские модули. Такие системы предложены в США.

3.6. Струнный транспорт Юницкого (СТЮ)

А вот российское изобретение, как часто бывает, родившееся преждевременно, ещё в 1977 г. и, тем не менее, разработанное, опробованное и уже проверенное на опытном стенде в подмосковных Озерах. Речь идёт о струнном транспорте Юницкого (СТЮ)[22]. Представьте себе дорогу из нескольких туго натянутых тросов, заключенных в две параллельно идущие трубы небольшого диаметра. Тросов очень прочных, напряженных, точно струны. Система представляет собой предварительно напряженную растянутую рельсо-струнную конструкцию, размещённую на мощных анкерных опорах, опоры расставлены через 1 – 5 км на высоте трех и более метров. В промежутках между анкерными опорами размещены лёгкие поддерживающие опоры. Основу конструкции составляют рельсы-струны, образующие путевую структуру, предназначенную для движения по ним грузовых и пассажирских самоходных рельсовых модулей на стальных колесах, имеющих в качестве привода электродвигатель. Авторы разработки этой системы полагают возможным достичь скоростей транспортировки скоростных поездов при многократно меньших затратах на создание инфраструктуры. Такая система может быть использована применительно к городскому и внегородскому транспорту. Благодаря высокой ровности и жесткости струнной путевой структуры легко достижимы скорости движения 250-350 км/ч (в перспективе до 500 км/ч). Стоимость струнных магистралей, обеспечивающих пропускную способность более 50 тысяч пассажиров и 50 тысяч тонн груза в сутки, составит \$600-800 тысяч за один километр, а с инфраструктурой и подвижным составом – \$900-1200 тысяч за километр (рис.7),

<http://www.membrana.ru/articles/technic/2002/07/29/181600.html>.



Рис.7. Струнный транспорт Юницкого (СТЮ).

3.7. Экраноплан

Другое российское, тоже преждевременное, изобретение – «экраноплaн» [23]. По официальной советской классификации – «Судно на динамической воздушной подушке». Это высокоскоростное транспортное средство, летящее в пределах действия аэродинамического экрана, то есть на относительно небольшой (до нескольких метров) высоте от поверхности воды, земли, снега или льда. При равной массе и скорости площадь крыла экраноплана намного меньше, чем у самолёта. (По международной классификации (ИМО) такое транспортное средство относится к морским судам). Это многорежимное судно, которое в своём основном эксплуатационном режиме летит с использованием «экранного эффекта» над водной или иной поверхностью, без постоянного контакта с ней, и поддерживается в воздухе, главным образом, аэродинамической подъёмной силой, генерируемой на воздушном крыле (крыльях), корпусе, или их частях, которые предназначены для использования действия «экранного эффекта». Экранопланы способны эксплуатироваться на самых различных маршрутах, в том числе и тех, которые недоступны для обычных судов. Наряду с более высокими гидродинамическими качествами и мореходностью, чем у других скоростных судов, экранопланы практически всегда обладают амфибийными свойствами. Помимо водной глади, они способны передвигаться над твёрдой поверхностью (земля, снег, лёд) и базироваться на ней. Экраноплан, таким образом, объединяет в себе лучшие качества судна и самолёта. Он превосходит по скорости корабли на подводных крыльях, а по энергетической эффективности – самолёты. (Конструкции экранопланов, позволяющие на длительное время отрываться от экрана и переходить в «самолётный» режим полёта, называются «экрaнолётaми»).

Видео 2. Экраноплан: <http://www.rian.ru/video/20081031/154175329.html>

3.8. Автожир

Автожир - это летательный аппарат, удерживающийся в воздухе с помощью несущего винта, который вращается не мотором, а встречным потоком воздуха [24]. Горизонтальная скорость сообщается автожиру (гироплану) дополнительным винтом с горизонтальной осью. Большинство автожиров (гиропланов) не могут взлетать вертикально, но им требуется гораздо более короткий разбег, чем самолётам (10-30 м). В некоторых автожирах мотор может раскрутить несущий винт (ротор) в течение нескольких секунд, таким образом позволив совершить вертикальный взлёт. Это свойство (называемое "прыжковый взлёт") увеличивает вес, сложность и стоимость автожира. Различают три основных системы предварительной раскрутки ротора, по принципам их действия: гидравлическая (наиболее популярна), электрическая и механическая. Большинство автожиров способны к вертикальной посадке, однако автожиры не способны висеть. Таким образом, по манёвренности они находятся между самолётами и вертолётами. Автожиры превосходят самолёты и вертолёты по безопасности. При отказе мотора автожир не начинает вращаться вокруг своей оси и не падает, вместо этого он опускается, используя эффект авторотации. Пилот может в полной степени управлять направлением снижения, используя все системы управления автожиром. Скорость автожира сравнима со скоростью лёгкого самолета и несколько уступает лёгкому вертолёту. По экономичности они превосходят вертолёты и сравнимы с лёгкими самолётами. Типичные автожиры летят со скоростью до 150 км/ч (рекорд 207,7 км/ч), а расход топлива составляет 15 л на 100 км при скорости 120 км/ч. Таким образом, по

скорости и экономичности автожир напоминает автомобиль, с той разницей, что не застревает в пробках (**Рис.8**), [<http://www.gyroplane.ru/aboutam.htm>].

Справка: Автожир (франц. *autogyre*, от греческого *autos* - сам и *gyros* - круг, вращение), летательный аппарат тяжелее воздуха, отличающийся от самолёта тем, что основной несущей поверхностью служит воздушный винт-ротор, свободно вращающийся вокруг вертикальной оси под действием встречного потока воздуха. Автожир изобретён испанским инженером Х. де ла Сиерва в 1922 г. В связи с развитием вертолётов, обладающих рядом преимуществ перед автожиром, работы по созданию последних были прекращены.



Рис.8 Автожир

3.9. Летательный аппарат личного пользования PUFFIN

НАСА (NASA) в настоящее время работает над созданием личного самолёта, который отодвинет реактивные концепты на задворки будущего [25]. *Puffin*, (так назвали этот летательный аппарат), является полностью электрическим самолётом на одну персону, и он вполне может стать началом какой-то новой и удивительной технологии авиaperелётов. Самолёт оснащен двумя электрическими двигателями мощностью 60 лошадиных сил, литиево-фосфатными аккумуляторами, а максимальная скорость его будет составлять почти 480 км/ч., поскольку он летает практически бесшумно (в 10 раз тише, чем самый тихий вертолет) и имеет меньшую теплоотдачу, чем самолёты с ДВС. *Puffin* был первоначально разработан для секретных военных донесений. В плане конструкции *Puffin* представляет собой аппарат вертикального взлёта и посадки (ВВП) высотой 3,7 метра, установленный на четырех растяжимых подпорках, которые также выполняют функцию шасси. Для того чтобы взлететь, два ротора-пропеллера начинают вращаться и поднимать аппарат от земли, затем он наклоняется вперед и летит уже горизонтально. Положение пилота в полёте – лежа, лицом вниз. Крейсерская скорость составляет около 240 км/ч, он не будет иметь так называемого «потолка полёта» и сможет подняться на высоту до 9150 метров, не сдерживаемый разреженным воздухом. Только один недостаток пока имеется у этого самолёта – слишком маленькая ёмкость аккумулятора, позволяющая *Puffin* пролететь всего лишь 80 км на одном заряде. Учёные

НАСА надеются, что будущие технологии изготовления аккумуляторов значительно расширят этот диапазон.

Видео 3 (NASA Puffin): <http://www.youtube.com/watch?v=rhpPhvWvLgk>

3.10. Массовый авиационный транспорт

В массовом авиационном транспорте на ближайшие десятилетия не планируется радикальных изменений и, в частности, перехода на альтернативные источники топлива [26]. Разработка нового поколения магистральных самолётов требует от компаний-разработчиков многомиллиардных затрат. Новый самолёт должен производиться и эксплуатироваться несколько десятилетий. Дальний магистральный Боинг-747 эксплуатируется уже 40 лет. Ему на смену приходит Боинг- 787. Его конкурент, недавно введённый в эксплуатацию европейский «Эрбас А-380», назван **Лайнером будущего**. «Эрбас А-380» — самолёт сверхбольшой вместимости, спроектированный по самым жестким сертификационным требованиям. В своем исходном варианте самолёт Эрбас А-380 рассчитан на перевозку 555 пассажиров в 3-х классах. Использование в его конструкции передовых технологий позволит снизить эксплуатационные расходы на 15 % и увеличить дальность полета на 10 – 15 % по сравнению с самым вместительным американским самолетом Боингом-747-400. Помимо этого, А-380 будет превосходить Боинг на 35 % – по пассажироместимости и на 49 % – по площади пассажирских салонов, предусматривающих также наличие зоны отдыха, размещенной на нижней палубе самолета. Таким образом, «Эрбас А-380» станет самым вместительным гражданским самолетом за всю историю авиации. Главное отличие обоих этих самолётов от их предшественников – экономия топлива, не менее 20%, за счет уменьшения веса всей конструкции, благодаря применению легких и прочных композитных материалов.

Для специалистов уже очевиден тот факт, что у обогнавших своё время сверхзвуковых суперлайнеров коммерческих перспектив на сегодняшний день попросту не существует. Возможной альтернативой считаются лишь небольшие самолёты для быстреей доставки ограниченного числа *VIP*-пассажиров.

Справка: Общая экономическая деятельность, относящаяся к услугам авиалиний в США, превышает \$ 1 трлн. Для сравнения, та же деятельность в стране, связанная с производством товаров: \$126 млрд. По воздуху переносится 40 % американского экспорта.

В обществе растёт озабоченность экологическими проблемами и существенным влиянием на окружающую среду авиакосмической техники. В свете этого летательный аппарат будущего видится авиаконструкторам, прежде всего, «зеленым»: малозумным, с минимумом выбросов, гибким в отношении оформления интерьера, с повышенным комфортом и, главное, суперэкономичным.

В отдалённом будущем, в случае распространения альтернативного вида топлива на основе водорода, самолеты станут более объёмными.

3.11. Сверхзвуковая и сверхвысотная авиация

Стремление летать быстрее и дальше – естественное желание человека. Человечество не остановится на достигнутом и будет продолжать штурмовать сверхзвуковые и гиперзвуковые скорости в авиации и завоёвывать ближний космос для транспорта будущего. Военная техника и коммуникационные технологии уже завоевали эти высоты. Военным это удалось, потому что безопасность страны от нападения внешнего врага имеет высший приоритет для страны, оправдывает любые затраты, важнее, чем жизненный уровень населения и коммерческая целесообразность. Успехи

коммуникационных технологий в использовании космического пространства достигнуты благодаря применению в мирных целях того, что уже освоено военными с минимальными дополнительными затратами. Иное дело – виды транспорта, рассчитанного на массового пассажира. Без коммерческой привлекательности новый вид транспорта не завоеует рынка транспортных услуг. Цена билета на самолёт должна быть доступна миллионам пассажиров. Топливная составляющая необходимых затрат в гражданской авиации США и Европы сегодня достигла 34% (в три раза выше, чем 5 лет назад). Сверхзвуковой авиационный транспорт требует гораздо больших затрат дорогостоящего горючего. Расход горючего для этого вида самолёта на одного пассажира на то же расстояние превосходит дозвуковой самолёт примерно в 10 раз. И в лучшие времена единственный пассажирский сверхзвуковик «Конкорд», хотя и не был на дотации (стоимость билета в 4 раза дороже, чем стоимость полёта через океан на *Boeing 747*), но норма прибыли от него была много ниже, чем от обычных самолётов. «Конкорд» эксплуатировался в значительной мере ради престижа авиакомпании. Трагическая авария «Конкорда» 25 июня 2000 г. (погибло 100 человек) произошла по чистой случайности, ни технической неисправности, ни ошибки пилотов не было. Произошла единственная авария с человеческими жертвами за всё время эксплуатации «Конкордов». Поэтому и после аварии полёты «Конкорда» продолжались. Но начался неудержимый рост цены на авиационный керосин, и 31 мая сверхзвуковик полетел в последний рейс Париж-Вашингтон-Париж. «Конкорды», законная гордость европейской авиационной техники, не выработав свой ресурс, заняли место в музеях авиации. Один из них установлен на пьедестале у аэропорта Шарль де Голль.

Перед сверхзвуковой авиацией будущего стоит актуальная задача, решение которой может существенно повысить возможности этого типа дальней магистральной авиации [27]. Речь идёт о заметном уменьшении негативного эффекта, оказываемого ударной звуковой волной, который сравним с взрывом. Последние исследования показывают, что уровень звукового давления можно снизить примерно до 15 Па. Для сравнения: 100 Па – звуковое давление, оказываемое работающим двигателем Ту-144. Уже сегодня существует возможность ограничить интенсивность звукового удара 65 децибелами, что соответствует незначительному хлопку. Эти параметры – возможная основа для будущих нормативов по звуковым ударам, которые нигде в мире пока не приняты.

Идея о сверхвысотном самолёте всегда вдохновляла многие поколения специалистов на освоение нового уровня высот [28]. Сегодня это всё ещё серьёзный вызов. Считается, что наибольшим потенциалом для ответа на него обладает концепция баллистического ракетоплана. До настоящего времени ни один пилотируемый самолет не поднимался выше 40 км, так как для полёта обычного самолёта необходима аэродинамическая подъемная сила, создаваемая потоками воздуха на несущих поверхностях – крыльях, которые обязательны для всех летательных аппаратов аэродинамического типа. Величина аэродинамической подъемной силы зависит от плотности окружающего воздуха. Для подъема самолета на большую высоту необходим принципиально иной характер полёта, в данном случае – без опоры на воздух. В настоящее время верхние слои атмосферы освоены искусственными спутниками Земли и баллистическими ракетами, которые не нуждаются в крыльях. Сила притяжения Землей искусственного спутника уравнивается центробежной силой, возникающей при его быстром вращении вокруг планеты. Явное превосходство баллистических ракет по высотному потолку и скорости полета натолкнуло конструкторов на создание концепции новых пилотируемых самолётов, обладающих большой скоростью и высотой полёта, основанных на достижениях современной ракетной техники и авиации. Баллистический ракетоплан сможет развивать во время полёта гиперскорости до 20 тыс. км/час и более, которые

недоступны для современных реактивных самолетов. По дальности полёта он способен превзойти обычную баллистическую ракету.

Заключение

1. Инфраструктура энергообеспечения экономики в целом и транспорта, в частности, должны претерпеть серьёзные изменения в связи с глобальным экономическим кризисом и его неизбежными последствиями.

2. Эти изменения диктуются необходимостью снижения потребления энергоресурсов в развитых странах и сдерживания их роста в развивающихся странах.

3. Одним из самых перспективных направлений увеличения ресурсов энергообеспечения является «микроэнергетика» – раздел энергетики, связанный с производством энергии при помощи компактных маломощных (от ватта до нескольких киловатт) источников различной природы, генерирующих электричество, тепло и холод [29].

4. Главный потребитель нефти – транспорт и, в частности, личные автомобили [8]. Всеобщая автомобилизация завела транспортную, экономическую и экологическую проблему в тупик, особенно в мегаполисах и городах старой постройки [16].

5. Решение последней проблемы видится в замене большинства личных автомобилей на микротранспортные средства передвижения и создание взаимосвязанной многовидовой транспортной системы города и пригородной территории [16].

6. Автомобильный транспорт необходимо перевести на электрическую тягу на основе высокоэффективных химических аккумуляторов [12].

7. Междугородняя транспортная система в максимальной степени должна использовать возможности скоростных электрифицированных ЖД на маршрутах средней дальности до 1000 – 1500 км, оставив за авиатранспортом более дальние маршруты [13].

8. Для обслуживания сверхдальних маршрутов необходимо возродить сверхзвуковую авиацию на новой технологической основе. В далёкой перспективе авиации для обслуживания таких маршрутов могут появиться баллистические ракетопланы [28].

Источники

1. Я.Н. Басин. Будущее энергетики. «Второе дыхание». Сб. статей, вып.23,2010
2. А.Романец. Энергетическое будущее мировой экономики и России. Ж. Промышленные ведомости №№17-18, декабрь 2004.
3. С. Глазьев. Развитие российской экономики в условиях глобальных технологических сдвигов. Научный доклад. <http://spkurdyumov.narod.ru/GlazyevSUr.htm>.
4. Л. Вальдман. Долги и доллар. «Второе дыхание». Сб. Статей, вып.23, 2010.
5. А.А.Макаров. Энергия и энергетика будущего (Российский энергетический форум 2005г.).
6. В.Снитковский. Энергетические перспективы США (по материалам доклада Якова Басина). Ж. Вестник №15, 2001 г.
7. Р. Чейни. Государственная политика в области энергетики: Доклад группы по разработке государственной энергетической политики. <http://www.whitehouse.gov/energy>.
8. А. Романец. Энергетическое будущее мировой экономики и России. Промышленные ведомости. №№17-18.

9. Требуется нервная система. Технология Cisco Smart Grid. Pro Digital. Информационные технологии, октябрь, 2009.
10. Production and end-use data from Energy Information Administration, Annual Energy Review 2002, June 2004, Lawrence Livermore material Laboratory. https://publicaffairs.llnl.gov/news/energy/content/energy/energy_archive/energy_flow_2002/USEnFlow02-quads.pdf.
11. Микроэнергетика. [http:// www.elecab.ru/obzor6-1.shtml](http://www.elecab.ru/obzor6-1.shtml)
12. С. Комаров. Аккумулятор Маккейна. Итоги №29 (15.07.08)
13. Международный транспорт. <http://www.4uth.gov.ua/usa/russian/economy/ijee1000> .
14. Макаренко А.С. Транспортная инфраструктура будущего. Изв. Вузов. Архитектон, вып. 26. http://archvuz.ru/numbers/2009_22/k15.
15. Городской транспорт будущего. <http://www.foreteller.info/citytransport/megapolis.html>
16. С. Кара-Мурза. Берегись автомобиля. Газета Новое Время. №13. 11.10. 06.
17. Электронный самокат и другие идеи транспорта будущего. BBC Russian. com. http://news.bbc.co.uk/hi/russian/sci/tech/newsid_3583000/3583615.stm.
18. Городская пума. <http://experiment.ru/technologies/gm-segway-puma/>
19. Автомобили RU. Проект GM-SAIC EN-V – логическое продолжение проекта PUMA. [http://yandex.ru/yandsearch?text=GM-SAIC +ENV&lr =223](http://yandex.ru/yandsearch?text=GM-SAIC+ENV&lr=223).
20. Д.Тейлор. Мир без нефти: как это будет. SUSTAINABLE energy forum/ Marvin Center Washington, DC, USA. http://contr-tv.ru/common_1824.
21. Sky Tran – общественный транспорт будущего. <http://expert.com.ua/36193.html>.
22. Струнный транспорт (СТЮ). Интернет-журнал «Мембрана». <http://www.membrana.ru/articles/technic/2002/07/29/181600.html>.
23. Экранопланы. <http://www.airforce.ru/aircraft/miscellaneous/ekranoplans/>.
24. Автожир – что это такое? <http://www.gyroplane.ru/aboutam.htm> .
25. Летательный аппарат RAFFIN. <http://www.ecoidea.ru/ovencms/newsitems/details/949>.
26. Хозяева небес. Ж. Вокруг света №11. ноябрь, 2003. <http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/610/>.
27. Проект сверхзвукового пассажирского самолёта «Фанстрим». [http:// alternathistory.org.ua/proekt-sverkhzvukovogo-passazhirskogo-samoleta-fanstrim](http://alternathistory.org.ua/proekt-sverkhzvukovogo-passazhirskogo-samoleta-fanstrim).
28. М. Бойкова и др. Авиация будущего. Федеральный образовательный портал: ЭСМ. [http://www.ecsocman.edu.ru/data/ 119/769/1223/aviation.pdf](http://www.ecsocman.edu.ru/data/119/769/1223/aviation.pdf).
29. Микроэнергетика. <http://www.elecab.ru/obzor6-1.shtml>.