

двигателя за счет улучшения протекания процесса;

- позволяет улучшить динамические параметры транспортного средства за счет увеличения момента двигателя и сокращения времени срабатывания системы наддува.

Если подвести итог, то мы видим, что «Система ТЭК» для применения в качестве гибридной силовой установки позволяет:

- повысить технико-экономические и эксплуатационные показатели поршневого двигателя;
- снизить токсичность отработавших газов;
- снизить эксплуатационный расход топлива;
- улучшить динамические характеристики двигателя.

По концепции и конструкции «Система ТЭК» - это продукт, не имевший ранее существовавших аналогов.

Производство данной системы позволяет характеризовать ее как наукоемкую и технологическую продукцию следующего поколения, имеющую высокий процент освоенных технологических, организационных решений, включая и логистику.

Производитель двигателя получит новый продукт с эксплуатационными характеристиками, выгодно отличающимися от потенциально существующих на рынке гибридных решений.

Наиболее выгодно применение ТЭК на двигателях автомобилей с динамичными циклами работы, например, на городском транспорте, а также на дорожной, строительной, военной, с/х и др. технике.

Литература

1. United State Patent № 6085527 «Magnet assemblies for motor-assisted turbochargers».
2. United State Patent № 5038566 «Power supply system for turbocharger with rotary electric machine»
3. United State Patent № 5074155 «Turbocharger with rotary electric machine»
4. Патент на полезную модель № 96182 «Турбоэлектрокомпрессор (Варианты)», 2010
5. Пинский Ф.И., Давтян Р.И., Черняк Б.Я. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания. Учебное пособие. М., «Легион-Автодата», 2002.
6. Работа политехнического института г. Турин, Италия совместно с компаниями Iveco S.P.A, Италия и Holset Turbochargers, Великобритания, 2005.

Информационный поиск с целью определения направлений развития двигателестроения для конкретного региона (Республика Казахстан)

Ким В.В., д.т.н. проф. Каминский В.Н.

Университет машиностроения, НПО «Турботехника»,
turbo@kamturbo.ru

Аннотация. Представлены основные этапы определения оптимального направления развития производства двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова: двигателестроение, силовая установка, критерии, статистический анализ.

Республика Казахстан более 20 лет развивает независимую экономику и ищет свое место в глобальном мире производства и потребления. Ее чрезвычайно выгодное стратегическое положение на Евразийском континенте в современном многополярном мире глобальной торговли и глубокой специализации требует высокого энергообеспечения и динамизма отраслей [1]. Огромные пространства РК, включая плодородные земли и большие ресурсы недр при малой плотности населения, определяют ориентацию на высокопроизводительную и наукоемкую автомобильную, сельскохозяйственную, дорожно-строительную и пр. технику с большой единичной мощностью. Существующий парк должен пополняться и замещаться, причем, безусловно – с рациональным участием в этом отечественной индустрии, имеющей

огромный потенциал. В связи с этим нами был проведен анализ технических средств по различным областям применения и уровню показателей силовых установок, включая удовлетворение современных норм по экологичности.

В процессе анализа рассмотрены силовые установки (СУ), обслуживающие:

- тракторы сельскохозяйственные,
- тракторы промышленные,
- сельскохозяйственные машины и комбайны,
- дорожно-строительные и инженерные машины,
- грузовые автомобили,
- городские и междугородные автобусы средней и большой вместимости,
- энергетические установки,
- судовые двигатели,
- военно-транспортные машины.

Современный уровень мирового двигателестроения позволяет удовлетворить потребности любой страны, любого региона практически во всех областях применения ДВС. Однако для региона или стран, стремящихся занять достойное место среди индустриально развитых партнеров, необходимо развивать собственное производство при оптимальной его локализации [2].

Для успешного решения задачи конкурентоспособного производства необходимо, прежде всего, определить базовые модели двигателей, производство которых будет оптимально для удовлетворения нужд региона и которые будут востребованы на внутреннем и внешнем рынках (рисунок 1).

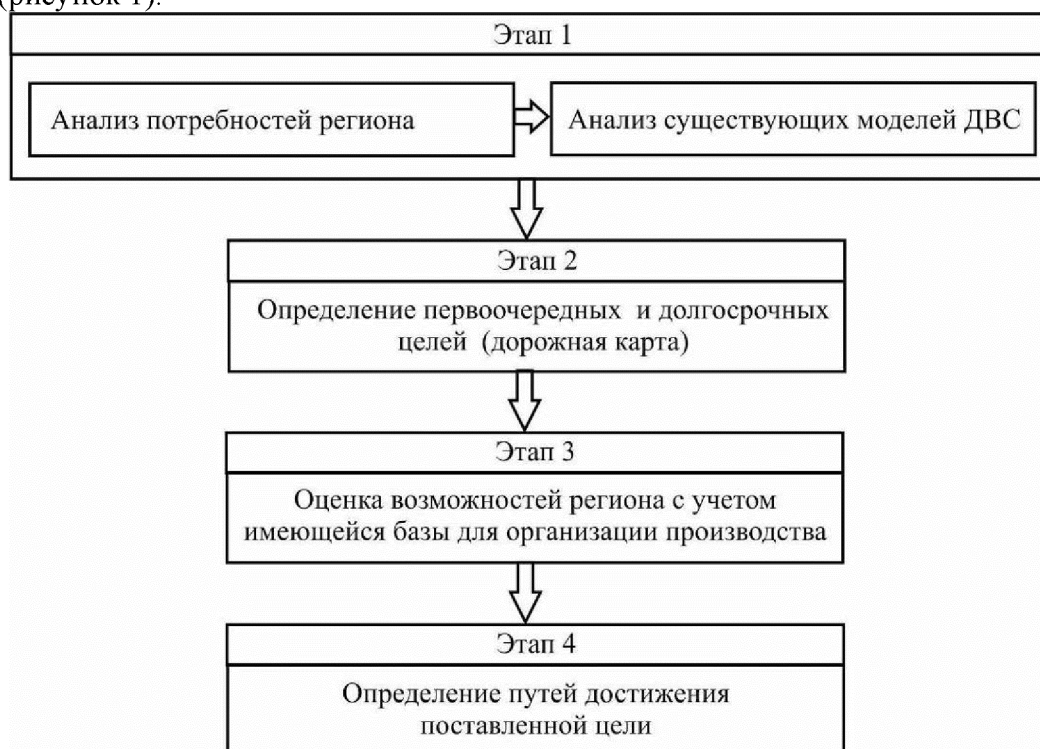


Рисунок 1

Так как условием решения любой задачи является правильная постановка задачи и точность исходных данных, Этап 1 является определяющим для достижения конечной цели.

Для прохождения Этапа 1 требуется анализ огромной информационной базы (рисунок 2). Выбор типа и модели ДВС, производство которого для конкретного региона является оптимальным, осуществляется по приведенным на рисунке 2 критериям.

Статистический анализ существующей энерговооруженности различных отраслей хозяйствования в Казахстанской экономике показал, что в транспортно-коммуникационном комплексе, сельском хозяйстве, машиностроительном комплексе, промышленности строительных материалов, черной и цветной металлургии, в нефтедобывающей, перерабатываю-

щей и химической промышленности, а также в качестве дизель-генераторных установок и их морских модификаций задействовано порядка 80 тыс. силовых установок (СУ) с дизелями более 20 фирм-производителей.

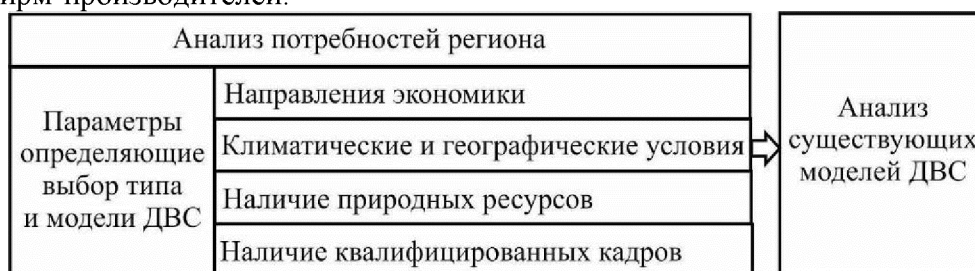


Рисунок 2

Ранжирование количества потребителей показывает на первом месте грузовой транспорт (порядка 60 тыс. единиц), затем - дорожное хозяйство, военная и сельхозтехника. При этом в стране используется техника с дизельными двигателями широкого диапазона номинальных мощностей (100 ÷ 500 л.с.) и со специфическими для каждого типа машин характеристиками. Основные производители двигателей - это ЯМЗ, КамАЗ, ММЗ, Deutz, Caterpillar, Cummins, MTU, Detroit-Diesel, MAN, Perkins и John Deere.

Нужды страны в основном минимально удовлетворяются парком техники с уровнем развития последнего 30-тилетия. Техничко-экономические и эксплуатационные показатели основной части парка СУ находятся на уровне 80-90-ых годов прошлого столетия, т.е. на 10-30% хуже по весовым и экономическим параметрам ныне выпускаемых двигателей. По экологичности и эргономичности они также не вписываются в актуальные нормы. В лучшем случае они соответствуют нормам Евро-2 (на токсичность по правилам ЕЭК ООН). Отмечаются отдельные образцы высокоэффективной и современной техники. Однако машины новых, «интеллектуальных» поколений еще статистически незначимы.

Считая необходимым обновлять парк за 7-8 лет, можно предположить, что общие годовые потребности страны в СУ такого диапазона мощностей не превышают 12-15 тыс.шт. С учетом республик региона это порядка 20 тысяч [3].

Большая «разношерстность» моделей затрудняет и удорожает эксплуатацию. Это - дополнительная нагрузка на стоимость и конкурентоспособность конечных продуктов. Интеграция актуальных ближне- и долгосрочных потребностей страны в СУ на существенно меньшем числе типоразмеров двигателей и максимальная, но оправданная локализация производства внесли определяющий вклад в решение поставленных задач индустриализации.

Как же грамотно реализовать эту идею? Кратко проанализируем тенденции мирового опыта.

Развитие мирового парка машин и механизмов, использующих индивидуальные источники энергии, показывает, что двигатель внутреннего сгорания (ДВС) еще многие десятилетия будет главным таким источником, хотя и имеет уже почти 150-тилетний возраст. Мировой парк ДВС насчитывает несколько миллиардов штук и будет пополняться все более продвинутой моторами. Из мирных отраслей двигателестроение наиболее полно отражает уровень технической культуры. Его развитие может дать едва ли не наибольший мультипликативный эффект для поднятия технической культуры и зарождения других современных направлений развития технологической базы любой страны. Это особенно актуально для Казахстана, где повышение конкурентоспособности экономики путем, прежде всего, интеллектуальной индустриализации принимается сейчас в качестве важнейшей задачи в экономике.

За последние 15 - 20 лет мировое двигателестроение значительно продвинулось в направлении создания более совершенных изделий. В настоящее время нет проблемы технически сделать практически любой двигатель. Вопрос, кому он будет нужен, т.е. будет ли на него спрос.

Экономико-экологические критерии, которые вошли в нашу жизнь, должны быть основными и в этом направлении. Сегодня дизели рассматриваемого диапазона мощностей приблизились по экономичности к реализации идеального цикла, имеют большую долговеч-

ность (до 16 -20 тыс. моточасов) и сравнительно медленную амортизацию [4]. Смена их в эксплуатации стимулируется, главным образом, изменяющимися нормами на токсичность и моральным старением. 10 – 15-тилетнему циклу смены моделей в производстве, как правило, предшествует выход на рынок каждые 2-3 года их модернизированных модификаций. Заявляемые производителем экономичность, уровень форсировки (литровая мощность, л.с./л) теперь практически ограничиваются законодательными требованиями по уменьшению дымности и токсичности выбросов. В настоящее время конкурентоспособные двигатели такого типа имеют литровую мощность порядка 25-35 л.с./л, а новые доходят до форсировки в 45-60 л.с./л рабочего объема. Номинальное среднее эффективное давление многих двигателей выросло до значений в 18-22 бар, а пиковые величины доходят до 30 бар. За эти же годы удельные массы двигателей снизились с величин порядка 6-8 кг/л.с. до 1 -3 кг/л.с. Для наиболее конкурентоспособных в мире рядных шестицилиндровых двигателей Р6 рассматриваемого класса и конструкций при максимально снимаемой номинальной мощности порядка 360-600 л.с. масса не превышает порядка 800 кг. Дальнейшее снижение удельной массы сдерживается необходимостью ограничивать форсировку из-за требований экологических нормативов. Противоречивые требования по экономичности, форсировке и экологическим параметрам всё больше стараются удовлетворять повышением термодинамических параметров цикла, подходом, а иногда и превышением максимальных давлений цикла к уровню до 220 бар.

Успехи в совершенствовании физико-химических процессов, теплообмена и используемых материалов, технологий позволяют создать «рабочее поле показателей», в рамках которого можно путем многопараметрового регулирования создавать целую гамму адресных модификаций двигателей. Условно говоря, это поле в координатах «частота n – среднее эффективное давление p_e » ограничивают справа (по частоте) по соображениям прочности, а сверху – условной кривой, выбранной по допустимым экологическим проявлениям и тепловой напряженности. Для конкретной конструкции двигателя это ограничение поля режимов тем «выше», чем больше использовано средств и методов для грамотной организации процессов: основного – рабочего - в цилиндрах, теплообмена, трения в подвижных частях и т.д. В зависимости от необходимой степени повышения этой верхней границы используется широкий перечень средств для достижения необходимых характеристик в используемой технике. К примеру, могут применяться разного уровня одно-, двух- и даже трехступенчатый наддув и промощение надувочного воздуха, модификации систем впуска воздуха и впрыска топлива и т.п. На сельхозтехнике все больше применяются двухуровневые дизели с повышением мощности при работе с дополнительным приводом навесных машин через вал отбора мощности (ВОМ), с высоким коэффициентом запаса крутящего момента вплоть до так называемых двигателей постоянной мощности. Последнее реализуется практически при приспособляемости свыше 1,5. Двигатели оборудуются электронными блоками управления и контроля над режимами работы и информационными дисплеями, регулирующими охлаждение головок цилиндров. Уже часто применяется система двухуровневого охлаждения, с регулируемой интенсивностью теплообмена [5].

Таблица 1

Диапазон номинальных мощностей (л.с.), покрываемых разными модификациями семейства 6-и цилиндровых дизелей					
Фирма	серия	$V_{ц}^1$ дм ³	Диапазон N_e л.с.	$N_{e\ min} / N_{e\ max}$	$N_{л.с./дм^3}$
Cummins	QSC, ISL	1,4 ÷ 1,5	200 ÷ 435	2,15	23 ÷ 48
MTU	900	1,6	100 ÷ 280	2,8	11 ÷ 28
John Deere	6090	1,5	170 ÷ 400	2,4	18 ÷ 45
Scania	D/ DS	1,5	130 ÷ 430	3,3	14 ÷ 48
Volvo	D9/ DC9	1,6	300 ÷ 600	1,9	28 ÷ 55

Выше упоминалось, что за основу зачастую используют изначально уравновешенный и имеющий равномерное чередование циклов 6-ти цилиндровый двигатель. Из него «выжима-

ют» максимальное число модификаций. Таблица 1 базовых моделей ряда фирм поясняет это.

Оставшиеся потребности пытаются удовлетворить созданием рядных 3-х ÷ 5-и, или V-образных 8-и÷12-тицилиндровых двигателей. Такой подход позволяет иметь на основе базовой конструкции много моделей и модификаций двигателей, удовлетворяющих самым взыскательным требованиям потребителей. Варьируя эти средства, можно на одной серии двигателей (но с использованием агрегатов различной конструкции или регулировки) эффективно закрыть потребности большого перечня потребителей. Конкретные характеристики внутри допустимого поля характеристик обеспечиваются «софтом» систем регулирования. Примеров такой стратегии двигателестроения в мире много.

Анализ параметров перспективных высококонкурентоспособных двигателей показывает:

1. Энерговооруженность техники постоянно возрастает. Так, за последние 50 лет максимальные мощности массовых грузовых автомобилей MAN выросли с 212 до 480 л.с. (особо стоит тягач MAN TGX V8 с 680 л.с.), или грубо: на 5 л.с./год. С/хозяйственная и строительная техника показывают сходную тенденцию. Так, прослеживается, к примеру, рост максимальной мощности зерноуборочных комбайнов с 60-ых годов 20 века к 2010 году примерно от 130 -160 к 500 – 600 л.с., или порядка 8 – 10 л.с./год.
2. Эту тенденцию следует учитывать при желании грамотного решения задач мобильности.
3. Резко улучшились все технико-экономические и (особенно!) экологические параметры дизелей. За счет многопараметровой оптимизации физико-химических процессов и повышения т.н. «интеллигентности» всех агрегатов и систем управления, их электрификации, совершенствования логистики работы реальная экономичность выполнения производственных задач возрастает в разы. Гибридизация СУ автобусов, особенно городских и при непростом рельефе, помимо улучшения многих других параметров, дает до 30-40%-ной экономии топлива. По этому пути требуют идти все потребители СУ, ибо доля нестационарных процессов во всех производственных циклах любой техники очень существенна.
4. При этом резко возрастает «электризация» СУ, использование т.н. «двойных» сцеплений, аккумуляторов энергии разных типов и электронизация всех изделий.
5. Литровые мощности быстроходных дизелей с турбонаддувом для легковых автомобилей приближаются к 100 л.с./л, среднеоборотных, используемых на другой мобильной технике, – к 45-65 л.с./л. Это ведет к тенденции снижения числа цилиндров двигателя, используемого на данном классе машин (т.н. Downsitzung – Konzepte). Так, например, поступила фирма John Deere в своих новых моделях топ - ряда 6R, заменив на ряде тракторов (от 6105R до 6130R типа Power Tech PVX) 6-ти на 4-ехцилиндровые дизели. Такова политика и других ведущих фирм (Claas, CNH и т.д.). Специфика же конкретного применения, определяющая требуемые многопараметровые характеристики машины (в широком понимании), может удовлетворяться благодаря оптимальной комплектации СУ теми или иными системами жизнеобеспечения и навесными агрегатами, т.е. модификациями модели двигателя.
6. Наиболее важными средствами модификации моделей двигателей являются системы питания, наддува, смазки и охлаждения, рециркуляции отработавших газов, электронного регулирования работы агрегата и машины в целом. Максимально реализуемые давления впрыска топлива уже превышают 2000 и ведутся работы по достижению 3000 бар. Применяются одно-, двух- и даже идет освоение трехступенчатого. Создаются и внедряются модули масляных и жидкостных насосов с приводами, позволяющими оптимальное многопараметровое регулирование условий смазки и охлаждения элементов двигателя. Широко внедряются стальные тонкостенные поршни. Все это реализуется на базе современных технологий и позволяет создавать модификации, отличающиеся как по номинальной форсировке (среднее эффективное давление от 6 – 8 до 25 кг/см²), так и запасу крутящего момента (от 1.1 до 1.7). Идет т.н. интеллектуализация каждого шага на пути выполнения машиной задаваемой задачи с целью оптимизации интегрального результата.

7. Существующая в мире сельхозтехника в настоящее время использует СУ мощности от 100 до 600 л.с. с ростом примерно в 3% / год. Наиболее востребуемый диапазон примерно в 60% от него, в диапазоне 150 – 450 л.с.
8. Потребителю важен не уровень заявленных параметров базовой конструкции двигателя. Его интересует конечный эффект, где играет роль (не менее, если не более!) учет и оптимизация эксплуатационных параметров. Среди наиболее важных для этого факторов – степень электризации и электронизации систем двигателя для возможности многопараметровой оптимизации последнего.
9. В мире есть порядка 20 - 25-ти устойчиво эффективных производителей по полному циклу дизелей.
10. Масштабы их прибыльного производства исчисляются, как правило, сотнями тысяч изделий и широкой унификацией и кооперацией в производстве, вглубь и вширь, высочайшей технологической культурой по полному жизненному циклу (материалы → производство изделий → эксплуатация → обслуживание → утилизация → материалы).

Обратимся к нашей задаче. В таблице 2 показан диапазон номинальных параметров дизелей, используемых на технике Казахстана. Анализ этих данных и сопоставление с современными возможностями двигателестроения показывает, что сегодняшние потребности могут быть большей частью удовлетворены использованием СУ с современным дизелем рабочим объемом порядка 8,5-9,5 литров при рядной 6-тицилиндровой конструкции. Достигнутая в нем форсировка двигателя достаточна для удовлетворения самых высоких требований по приспособляемости уже существующих агрегатов. Считая предельным $p_{eM} \leq 28 \text{ кг/см}^2$ и принимая несколько завышенный коэффициент приспособляемости для каждой области применения, можно вычислить и оценить резерв мощности при выбранном решении на перспективу. Таблица показывает и эти возможности.

Таблица 2

	Параметры Область применения	макс. в реальности		Усл. Форсир.	Реком	Макс	Резерв на буд	Персп мощн, л.с.	
		$N_e, \text{ л.с}$	$n_N \cdot 10^{-3}$	$Pe_{уд} = 9\pi$	K_M	p_{eM}	$28 / p_{eM}$		
1.	Автобус гор. ср вмест	180	2.2	8,2	1.6	12	2.3	200	1
2.	Автоб. гор. б. вмест	240	2,2	12	1.6	19.2	1.46	300	1
3.	Автоб междугор. ср. вмест.	160	2.2	7,3	1.2	8.8	3.2	250	1
4.	Автоб междугор. б. вмест.	260	2.2	11.8	1.2	14.2	2.0	300	1
5.	Машины грузовые	240	2.1	11,4	1.3	14.8	1.9	350	1
6.	Машины воен-трансп.	300	2.0	15	1.6	23	1.2	400	2
7.	Сельхоз тракторы	370	1.9	19.5	1.4	27.3	1.0	400	2
8.	Пром. тракторы	320	1.6	20	1.6	24	1.16	420	3
9.	С/хоз машины и комбайны	340	2.2/1.6	15/21	1.3	27.5	1.0	350	3
10.	Дор -строи. и инж.техника	250	2.0	12.5	1.5	22	1.27	450	3
11.	Энергетические установки	330	1.5	22	1.2	26.5	1.06	500	3
12.	Судовые двигатели	375	1.5	25	1.1	27.5	1.0	500	3

Примечание: модель удовлетворяет перспективу 1 – дальнюю; 2 – ближнюю; 3 – не удовлетворяет, поэтому на перспективу следует иметь для мощных машин двигатель соответствующего литража либо снижать требования по K_M .

В настоящее время границы данного диапазона мощностей покрываются использованием двигателей большого числа марок (что весьма дорого), с одного конца (малых мощностей) - дефорсированных и с другого, больших мощностей, – наоборот – высокофорсированных V-образных шести-, восьми- и двенадцатицилиндровых дизелей семейства ЯМЗ. Преимущества возможного в будущем использования на таких средствах транспортных рядных шестицилиндровых дизелей очевидны. На долгосрочную перспективу возможно решение задачи двумя путями: использование конструкций с меньшим и большим числом цилиндров в базовой размерности или конструкции с увеличенными до 1.6 -1,8 л размерами цилиндра.

Таким образом, можно считать, что спрос на используемый в РК диапазон мощностей СУ может быть в техническом отношении и экономически оправданно покрыт не более чем 2-мя типоразмерами базовых моделей дизельных двигателей. При расчете на современную и перспективную технику это даже может быть 1 типоразмерный ряд R4(3) – R6 – V8 – V12 с рабочим объемом цилиндра порядка 1,4 – 1,6 дм³.

Сопоставление существующих и обозримых в будущем потребностей в СУ РК и стран региона, а также уровня местной технической культуры показывает, что следует считать непозволительной роскошью и нецелесообразными к реализации в ближайшей перспективе возможные попытки создания производства оригинальных двигателей в регионе. Горький опыт Кустанайского и Кутаисского заводов даже в условиях общего хозяйствования в СССР также подтверждают такой не очень утешительный вывод. Из этого вовсе не следует, что задача индустриализации страны нереализуема в долгосрочной перспективе. Она может и должна решаться не в лоб, а постепенно и настойчиво. В процессе подтягивания к использованию пока недоступных современных базовых и критических технологий следует «закрепиться» на уже потерянных или заброшенных, но все еще актуальных их видах.

Исходя из этих предпосылок и строилась методика создания производства двигателей в Республике Казахстан. На первом этапе мы определяли возможного партнера, 5 -10% продукции которого может покрывать основные потребности региона. Конструкция двигателей должна отвечать вышеописанным требованиям. Уже на данной стадии мы оговаривали с партнером динамику разумного включения в обоюдовыгодную кооперацию труда с целью обеспечения внутренних и внешних партнеров узлами, дизелями и – затем - целиком СУ, с эквивалентным обменом/ продажей других составляющих для полной в дальнейшем сборки изделий.

Реализация нашей методики позволила:

- прочно занять всю востребуемую нишу мощностей одной размерностью;
- поднять экономические показатели применения;
- провести модернизацию имеющегося парка при критической замене или капремонте штатных СУ изделий;
- создать единый унифицированный ряд применяемых СУ;
- обеспечить запчастями высокой унификации при малой номенклатуре, создать единую сервисную систему;
- улучшить экологическую обстановку;
- довести уровень технической культуры до мирового.

Началом локализации этого производства было изготовление оговоренного перспективного узла (одного или нескольких), необходимого для модификаций СУ от фирмы- партнера и сборки СУ. Первым и основополагающим вопросом было обеспечение у создаваемого продукта долговременного значимого ценового преимущества при высоком и стабильном качестве. Это возможно при изготовлении высокопроизводительными методами широкого и эластичного ассортимента качественной продукции. К примеру, это были модули водяных и масляных насосов, турбокомпрессоры перспективного семейства дизелей партнера.

Выводы

Географическое положение, вызовы времени в связи с потребностями развития РК и региона, политико-экономические предпочтения страны проектируются на проблемы обеспечения силовыми установками различных отраслей экономики.

На основе анализа соотношения потребностей в силовых агрегатах самого Казахстана и соседних республик предложена концепция обеспечения нужд экономики в этом направлении. Она предусматривает долговременное и расширяющееся развитие в РК элементов двигателестроительной отрасли, один из возможных сценариев которого состоит в следующем:

- интеграция возможностей выхода на мировой уровень технической культуры на узком секторе возможного конкурентоспособного высокотехнологичного производства элементов СУ [6];
- расширение без потери заданного уровня качества выпуска гаммы высокотехнологич-

- ных изделий в кооперации с выбранным партнером;
- согласование с партнерами и организация кооперированного производства одной из типоряда модели двигателя и организация региональных продаж;
 - полноправное включение в международное разделение производства и продаж фирмы - партнера.

Литература

1. Некрасов В.Г. Легковое автомобилестроение стран СНГ. Поиск и решения. «Автомобильная промышленность», № 8, 2002.
2. Каминский В.Н. Двигателестроение – будущее отечественного автопрома. «Промышленник России», № 5, 2005г.
3. Некрасов В.Г. Создание автомобильного двигателя в Казахстане. «Вестник Национальной Инженерной Академии Республики Казахстан», № 1, 2004.
4. Дьяченко В.Г. Дизель или двигатель с искровым зажиганием? «Двигатели внутреннего сгорания», № 1, 2004.
5. Некрасов В.Г., Куанышев М.К. и др. Оптимизация конструкции двигателя. «Ползуновский вестник», № 4, 2006
6. Погарская Н. Казахстанский автомобиль – объективная реальность. «Промышленность Казахстана», № 4, 2002.

Применение активных колёсных модулей в автопоездах для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов

к.т.н. Коркин С.Н., к.т.н. Курмаев Р.Х., Крамер А.С.
Университет машиностроения, ОАО «НАМИ – Сервис»
rinat1982@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены конструкции различных типов активных автопоездов повышенной проходимости. Предложены технические решения и методы компоновки автопоездов активными колёсными модулями с гидрообъёмным приводом колёс. Проведен анализ тяговых возможностей и оценка величины разрушающего воздействия на грунт автопоездов с активными и неактивными прицепными звеньями.

Ключевые слова: автопоезд с активным прицепным звеном, гидрообъёмная трансмиссия, проходимость, грунт, колёсный модуль.

В данной статье приведены данные научных исследований, полученные при выполнении Государственного контракта № П1131 от 02.06.2010 на поисковые научно-исследовательские работы для государственных нужд по заданию Министерства образования и науки РФ на 2010 – 2012 г.г. в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

В настоящее время для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов для нужд различных отраслей экономики страны требуется специализированный подвижной состав. Особенно это необходимо в областях с неразвитой транспортной инфраструктурой, характерной для нефтегазодобывающей промышленности, лесопромышленном и строительном комплексах и т.д. (районы Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока).

В связи с этим одним из основных направлений развития транспортной системы является использования автопоездов, позволяющих увеличить производительность подвижного состава и снизить себестоимость грузоперевозок. Автопоезд - комбинированное многозвеновое транспортное средство, состоящее из автомобиля-тягача и прицепного звена (прицеп или полуприцеп). Прицепных звеньев у автопоезда может быть несколько.

В России прицепные звенья для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов выпускают многие фирмы и заводы, такие как: ООО «Спецприцеп», ЧМЗАП ОАО «Уралавтоприцеп» и др. Из западноевропейских компаний стоит упомянуть Nooteboom (Нидерланды), Goldhofer и Scheuerle (Германия), Faymonville (Бельгия) и др. В большинстве случаев