



НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СТУПЕНИ ЭЦН



ВЛАДИМИР ИВАНОВСКИЙ
Заведующий кафедрой РГУ
нефти и газа им. И.М.Губкина,
профессор, д.т.н.

В последние годы постоянно росло количество нефти, добываемой с помощью установок ЭЦН. Сегодня с их помощью добывается более 70% (а в некоторых регионах до 90–95%) нефти в нашей стране. Однако прогноз на 2020 год говорит о том, что может произойти резкое

Впереди нас ждет тяжелая, вязкая нефть, на которой обычные центробежные насосные установки работают с очень низкими КПД и ресурсом

снижение добычи нефти именно этим видом оборудования (см. «Распределение добычи нефти по способам»). Речь идет о сни-

Солеотложение и засорение скважинного оборудования механическими примесями: совместное действие только этих двух факторов приводит к более чем 70% отказов

жении именно добычи нефти, а не скважинной жидкости.

Почему это может произойти? Во-первых, потому, что у нас дей-

Различные факторы, осложняющие условия эксплуатации скважинного оборудования, практически всегда совмещены и во времени, и в пространстве. Поэтому скважин, которые характеризовались бы каким-то одним видом осложнений, практически не существует. Это, в свою очередь, диктует необходимость интенсивного продолжения работ по созданию новых ступеней, новых видов насосов, двигателей и другого оборудования для откачки пластовой жидкости в осложненных условиях.

ствительно очень изменилась структура нефтяных месторождений, нефть из которых будет добываться в ближайшее время. С одной стороны, будет намного больше тяжелой, вязкой нефти, на которой обычные центробежные насосные установки работают с очень низкими КПД и ресурсом. В то же самое время возможно значительное увеличение применения газлифта и доли фонтанирующих скважин при условии, если будет, наконец, выделено финансирование и начнется разработка шельфовых месторождений.

Кроме этого, вероятно увеличение доли эксплуатации скважин с применением иных видов оборудования. В первую очередь, это относится к винтовым насосным установкам (УВН), которых в России пока немного. Так, в ЛУК-ОЙле из 25 тыс. скважин всего 730 (3%) эксплуатируются с применением винтовых насосов.

Для сравнения: например, в Казахстане сегодня винтовыми насосными установками, в первую очередь с поверхностным приводом, эксплуатируется уже более 35% всех скважин. Примерно такой же уровень применения УВН в Китае, а в Венесуэле и Канаде они распространены намного больше. Возможно, многие скважины в России в будущем будут осваиваться именно этим видом оборудования или будут переведены на работу с ним.

Осложнения

В связи с тем, что интенсификация добычи нефти является одним из основных направлений деятельности российских нефтя-

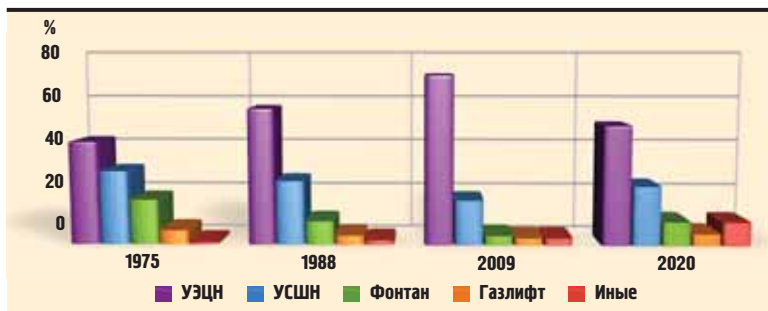
ных компаний, увеличение глубин подвески, динамических уровней, количества выносимых мехпримесей (как абразивоудержающих, так и глинистых, которые налипают на элементы оборудования) приводит к уменьшению наработки скважинного оборудования на отказ.

При этом, в первую очередь, нужно говорить о солеотложении и засорении скважинного оборудования механическими примесями (см. «Причины отказов ЭЦН...»). Совместное действие только этих двух факторов приводит к более чем 70% отказов скважинного оборудования на различных месторождениях.

Что касается воздействия мехпримесей, которые выносятся из скважины и могут приводить к преждевременному износу оборудования, то здесь очень важным показателем является их твердость. Важна также величина отклонения формы мехпримесей (песчинки) от сферической, которая может работать как микроподшипник, обеспечивая возможность прокатывания. Значительное отклонение частиц мехпримесей от сферической формы приводит к резкому уменьшению ресурса скважинного оборудования.

Из материалов исследований ОКБ БН КОННАС видно, что, например, крупные неокатанные механические примеси имеют 100%-ный показатель абразивности (см. «Сравнительный показатель абразивности мехпримесей»). С другой стороны, хорошо окатанные мелкие частицы имеют очень маленький коэффициент абразивности. Поэтому говорить об одинаковом влиянии на засорение и износ оборудования

Распределение добычи нефти по способам



различными фракциями мехпримесей представляется совершенно неверным.

Касаясь вопроса эффективности применения десендеров (сепараторов механических примесей — прим. редакции), нужно отметить, что действительно не все конструкции и предлагаемые решения могут быть использованы в каждой скважине. Так же, как разные насосные установки должны использоваться в различных скважинах, точно так же и конкретные десендеры должны использоваться только в определенных скважинах, при определенных значениях фракционности выносимых примесей, при определенных значениях дебита.

В Университете нефти и газа проводятся работы по определению областей применения разных конструкций газовых и песочных сепараторов. Мы строим такой рейтинговый ряд, который позволит нефтяникам выбирать из предложенных им (или перспективных) видов оборудования для устранения мехпримесей из потока жидкости те, которые действительно будут эффективны на той или иной скважине.

Наличие свободного газа на приеме насоса или на рабочих ступенях, естественно, тоже изменяет характеристики этих ступеней и насоса в целом, уменьшает его энергоэффективность, приводит к быстрому выходу из строя. Максимально возможная величина свободного газа на приеме насоса или ступени зависит от обводненности продукции и от того, насколько хорошо приспособлена данная ступень для перекачки мультифазной жидкости.

Поэтому сегодня, как известно, применяются не только мультифазные вставки, но и разные системы газосепараторов, диспергаторов, специальные системы ступеней, в частности, система Poseidon (производитель Schlumberger REDA — прим. редакции). Но необходимо и дальше работать в этом направлении.

Если говорить о влиянии высокой температуры, то она не только сама по себе отрицательно воздействует на работу установки ЭЦН, но еще и приводит к росту солеотложений. Так, например, растворимость кальцитов при увеличении температуры резко падает и им приходится оседать, естественно, на скважинное оборудование (см. «Зависимость растворимости кальцита...»).

Точно так же на растворимость кальцитов резко влияет и изменение парциального давления попутного газа, в частности, содержащего диоксид углерода. Поэтому использование газосепараторов приводит к уменьшению растворимости кальцитов в откачи-

ваемой жидкости и, вследствие этого, к росту солеотложения. Таким образом, к ранее известным

РГУ нефти и газа строит такой рейтинговый ряд сепараторов, который позволит нефтяникам выбирать из предложенных им видов оборудования те, которые действительно будут эффективны на той или иной скважине

недостаткам газосепараторов добавился еще один, что позволяет говорить о том, что сепараторы

Исследования показывают, что наибольшее количество солей откладывается в первых нескольких ступенях от входа в центробежный насос

нужно применять только там, где без них не обойтись.

Сегодня от 57% до 65% всей энергии, затрачиваемой при добыче нефти, уходит на то, чтобы поднимать пластовую жидкость на поверхность. Повышение кпд является очень важным направлением при создании новых видов оборудования

Солеотложение на скважинном оборудовании происходит неравномерно (см. «Характер соле-

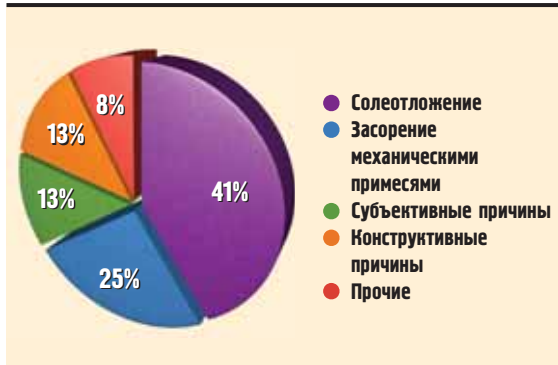


ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- Оборудование для поддержания пластового давления
- Автоматизированные групповые измерительные установки
- Насосные станции для перекачки различных сред
- Оборудование для подготовки нефти, газа и воды
- Оборудование противопожарного назначения
- Емкостное оборудование
- Блоки административно-бытового и технологического назначения

Адрес: 625003, Россия, г. Тюмень, ул. Военная, 44 Приемная: тел. (3452) 43-01-03
 Отдел маркетинга: тел./ факс (3452) 42-06-22, 43-22-39 Отдел сбыта: тел. (3452) 43-99-10, факс (3452) 43-22-13
 E-mail: girs@neftemashtmn.ru URL: www.neftemashtmn.ru www.grouphms.ru

Причины отказов ЭЦН на одном из месторождений Западной Сибири

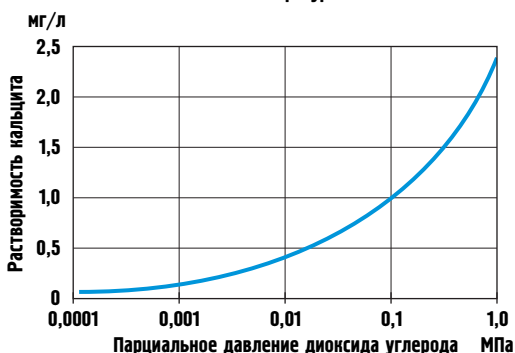
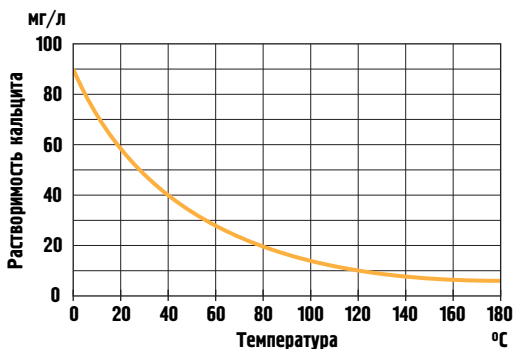


отложения в рабочих органах УЭЦН»). Исследования показывают, что наибольшее количество

Очевидно, что чем меньше монтажная высота ступени, тем более компактным будет насос и вся установка в целом

солей откладывается в первых нескольких ступенях от входа в центробежный насос. Точно так же большое количество соли откладывается в нескольких ступенях на выходе из насоса. Кроме

Зависимость растворимости кальцита от температуры и наличия газа



Сравнительный показатель абразивности мехпримесей (материалы ОКБ БН-КОННАС)

Твердые частицы — песок	Средняя твердость частиц по шкале Мооса			
	4	5	6	7
Среднезернистый (с размером 0,25–0,5 мм) с частицами:				
хорошо окатанными	0,25 (8,3)	0,5 (16,7)	0,75 (25)	1 (33,3)
мало окатанными	0,5 (16,7)	0,75 (25)	1 (33,3)	1,5 (50)
неокатанными	0,75 (25)	1 (33,3)	1,5 (50)	2 (66,7)
Крупнозернистый (с размером 0,5–2,0 мм) с частицами:				
хорошо окатанными	0,5 (16,7)	0,75 (25)	1 (33,3)	1,25 (41,7)
мало окатанными	0,75 (25)	0,75 (25)	1,5 (50)	2 (66,7)
неокатанными	1 (33,3)	1,5 (50)	2 (66,7)	3 (100)

В скобках приведен показатель абразивности в %

этого имеются и другие области отложения солей.

Энергоэффективность и КПД

Сегодня от 57% до 65% всей энергии, затрачиваемой при добыче нефти, уходит на то, чтобы поднимать пластовую жидкость на поверхность (см. «Энергопотребление при добыче нефти»). Поэтому повышение КПД является очень важным направлением при создании новых видов оборудования. Но важно понимать, что простое сравнение двух насосов по максимальному КПД — это совершенно не то, что нужно нефтяникам. Необходимо учитывать, как эти два насоса (или большее количество насосов) будут работать в конкретной скважине при конкретных условиях эксплуатации.

Как известно, КПД насоса, который заявлен в технических характеристиках, во-первых, получен на воде, а во-вторых, нигде не показано, как КПД и остальные характеристики будут меняться при изменении вязкости, плотности жидкости, содержания газа и механических примесей. При сравнении двух насосов может оказаться так, что тот насос, чей КПД в 1,5 раза меньше, при эксплуатации в определенных условиях будет потреблять значительно меньше электроэнергии.

К сожалению, многие виды оборудования, и в частности установки ЭЦН, применяются не там, где они наиболее эффективны (см. «Характеристика УЭЦН...»). Исследование, проведенное на ряде добывающих предприятий, показывает,

что всего 55% установок ЭЦН на данных предприятиях работают в рабочей части характеристики. До 35–40% установок работает в левой части характеристики, что приводит к перегреву, снижению КПД, затратам лишней энергии и к быстрому выходу из строя.

Иногда фирмами-разработчиками предлагаются конструкции, которые называются энергосберегающими ступенями или насосами. При этом показывается, насколько меньше потребление электроэнергии по сравнению с конкурентами. Все было бы замечательно, если бы при этом насос зачастую не работал за пределами рабочей части характеристики.

Очень важный фактор так называемая монтажная длина (высота) ступени (см. «Характеристики ступеней ЭЦН...»). Очевидно, что чем меньше монтажная высота ступени, тем более компактным будет насос и вся установка в целом. Наиболее компактные установки в некоторых случаях можно применять в искривленных скважинах и даже в боковых горизонтальных отводах.

Открытые колеса

Перспективным направлением развития установок центробежных насосов являются установки или ступени с открытыми рабочими колесами. К их положительным свойствам относятся возможность работы с большим количеством свободного газа и песка, увеличенный напор ступени, уменьшение монтажной высоты ступени, возможность принципи-

ВОПРОСЫ ИЗ ЗАЛА

Вопрос: Как меняются основные характеристики при увеличении скорости вращения и какую максимальную скорость вы считаете допустимой для данного типа колес?

В.И.: Рабочие колеса открытого типа имеют малую массу, и поэтому сбалансированность настолько высока, что мы раскручивали до 10 тыс. оборотов, но не на стенде, и мерили вибрацию. Она оставалась примерно такой же, как и при 3 тыс. оборотов у обычных чугунных колес.

Но если говорить о частоте вращения, то я считаю, что частоты больше 4,5–6 тыс. оборотов при стандартном исполнении валов и подшипниковых узлов центробежных насосов и самих двигателей ни к чему. Для более высоких частот вращения необходимы совершенно другие материалы и другие виды конструкций самих опорных систем.

Вопрос: У вас колесо плавающее?

В.И.: Нет, мы считаем, что колеса открытого типа должны быть расперты. То есть, либо пакетная сборка должна быть, либо компрессионная.

Вопрос: Какая соль откладывалась в вашем случае? Существуют сульфаты, кальциты... На что вы ориентировались при испытаниях? Это очень серьезный вопрос для тех, кто пытается бороться с солеотложением...

В.И.: Для Западной Сибири это, в первую очередь, кальциты, и мы говорим о них. Если рассматривать, например, Удмуртию и некоторые другие регионы, там, в первую очередь, нужно ориентироваться на сульфаты. Видимо, там будет несколько иная картина, но я думаю, что мы сможем решить задачу и в случае сульфатов.

Вопрос: Вы начали свой доклад с того, что показали прогноз по тенденциям в мире, из которого следует, что доля ЭЦН может упасть. Ваша работа направлена на то, чтобы не допустить этого?

В.И.: Да, совершенно верно.

Вопрос: По поводу использования ступеней с открытыми рабочими колесами как диспергаторов... Какое количество ступеней, по вашему мнению, нужно для того, чтобы такой диспергирующий модуль эффективно выполнил свою функцию?

В.И.: Я считаю, что не совсем правильно делать отдельные диспергирующие модули. Думаю, что насосы должны целиком состоять из таких ступеней. От 10 ступеней для свободного содержания газа до 30% и до 100 ступеней, если речь идет о 70–75% свободного газа.

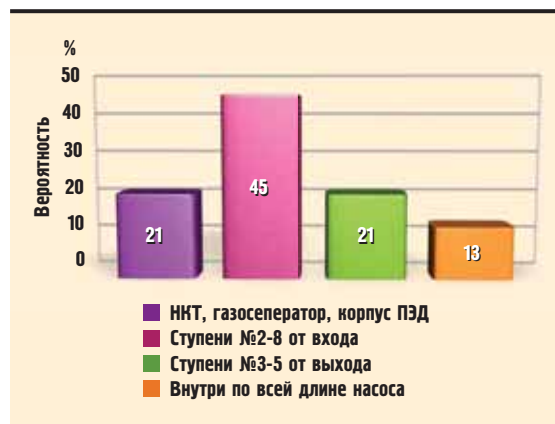
ального изменения технологии изготовления и материалов, возможность увеличения частоты вращения за счет балансировки ротора.

В последние годы различными фирмами создано достаточно большое количество мультифазных насосов, во многих случаях именно с открытыми или

Перспективным направлением развития установок центробежных насосов являются установки или ступени с открытыми рабочими колесами

полуоткрытыми ступенями, в которых реализуются данные преимущества.

Характер солеотложения в рабочих органах УЭЦН



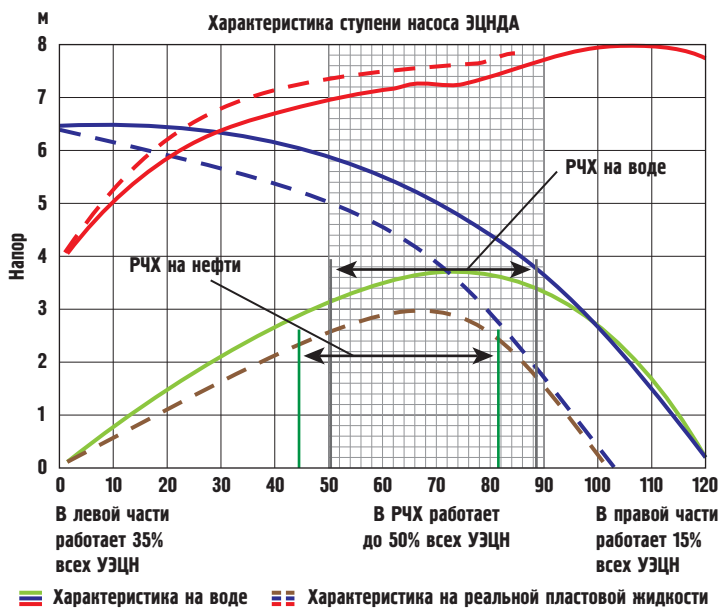
Энергопотребление при добыче нефти



Мы также разрабатываем установки или ступени с открытыми рабочими колесами. В частности, системы с открытыми радиальными лопатками в рабочих ко-

ХАРАКТЕРИСТИКИ СТУПЕНЕЙ ЭЦН РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Параметры ступеней	Q _{опт}	Н _{опт}	КПД _{опт}	Н при Q=320 м³/сут	КПД при Q=320 м³/сут	L Монтажная длина ступени
Ед. изм.	м³/сут	м	%	м	%	мм
ЭЦНД5А-320(БОРЕЦ)	320	6,0	55	6,0	55	30,7
TD3000 ESP	400	3,7	57	4,45	56	53,8
DN3000 REDA	370	4,07	64	4,5	62	57,2
R32 ODI	400	4,35	57	5,3	56	71



лесях, системы с наклонными рабочими лопатками и системы со сборными направляющими аппаратами. Испытания таких ступе-

Их преимущество заключается в том, что рабочее колесо и направляющий аппарат одинаковы для одного и того же габаритного диаметра: нет необходимости в огромном количестве запасных частей

ней проводим на усовершенствованном стенде, когда-то поставленном нам фирмой «Новомет». Сегодня на нем можно работать и со свободным газом, и с мехпримесями.

В настоящее время спроектированные нами насосные установки с открытыми колесами начи-

нают изготавливаться одной из конверсионных фирм. Надеюсь, что в июне первые установки уже будут в скважинах. Дмитровский машиностроительный завод серийно выпускает насосы-диспергаторы МНД01 с теми рабочими колесами и направляющими аппаратами, которые мы разработали.

Преимущества насосных ступеней с открытыми рабочими колесами и сборным направляющим аппаратом заключаются в том, что рабочее колесо и направляющий аппарат, в основном, одинаковы для одного и того же габаритного диаметра. То есть, нет необходимости иметь огромное количество запасных частей для комплектации насоса.

Сменными частями являются только лопаточные системы в направляющем аппарате и, соответ-

ственно, предвключенный венец на рабочем колесе. Именно эти две детали, которые могут быть изготовлены отдельно и имеют очень небольшую стоимость, как раз и меняют все характеристики насоса, начиная от подачи и напора и заканчивая возможностью откачки газированной жидкости и работой в условиях большого содержания мехпримесей.

Такие ступени могут работать без забивания и клина при содержании песка до 75% по объему. По весу это примерно 92%. Многие говорят, что у открытого колеса ниже кпд. Действительно, он ниже, чем у закрытого колеса, но только в условиях очень низкого содержания мехпримесей. Как только в откачиваемой жидкости появляется хотя бы 5% даже мелкого песочка, кпд открытых рабочих колес уже выше, не говоря уже о заклинивании.

При увеличении вязкости жидкости примерно в 150 раз по отношению к воде, а это не такая уж большая вязкость, резко падают напор, подача и кпд закрытого рабочего колеса. Это происходит, в первую очередь, за счет дисковых потерь, за счет сил гидродинамического торможения и гидравлических потерь. Намного меньше падают кпд и напорная характеристика систем с открытыми рабочими колесами.

Для работы в условиях большого количества свободного газа нами были созданы диспергирующие колеса, которые мы опробовали без направляющих аппаратов. То есть, это примерно та же система, что и Poseidon. Но когда мы создали еще и специальный направляющий аппарат, то получили на этих диспергирующих колесах очень приличные характеристики, как напорные, так и кпд — порядка 40%.

Эти насосные ступени могут прекрасно работать при большом содержании газа и при этом потреблять энергии, если и больше, то не в разы, а на очень небольшое количество ватт на каждую ступень. При испытании на стенде они стабильно работали при свободном газосодержании до 80%.

Еще одной важной задачей, которую мы пытаемся решить, является уменьшение адгезии со-


Технические показатели рабочих колес из алюминиевого сплава с ПЭО-покрытием и из чугуна

Материал колеса	Тип ступени	Масса рабочего колеса, г	Скорость износа, г/час	Относительная адгезия к АСПО/ CaSO ₄
Алюминиевый сплав с покрытием	ЭЦНО5-80	42,17	0,0133	1,00/1,00
Чугун никелевый (типа «нирезист»)	ЭЦНМ5-80	172,4	0,16	4,53/5,19
Чугун серый с нитратным покрытием	ЭЦНМ5-80	171,6	0,0184	1,81/1,92

лей на элементах направляющих аппаратов и рабочих колес. Обработка открытых рабочих колес и сборных направляющих аппаратов, а также нанесение на них покрытий не вызывают затруднений. При этом появляется возможность использования специальных материалов.

В частности, наши штампованные рабочие колеса, изготов-

Для работы в условиях большого количества свободно газа нами были созданы диспергирующие колеса, которые дали очень приличные характеристики, как напорные, так и кпд – порядка 40%

ливаемые из алюминиевого сплава с плазменным электролитическим оксидированием (ПЭО) и с дополнительным нанесением тефлона, имеют практически нулевую адгезию по АСПО и солям (см. «Технические показатели...»). Надеюсь, в ближайшее время в скважинах они себя покажут так же неплохо. 



**17-Я МОСКОВСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА**

17th Moscow International Exhibition

AUTOCOMPLEX 2010

АВТОКОМПЛЕКС



2010

АВТОЗАПРАВочный КОМПЛЕКС,
АВТОТЕХСЕРВИС, ГАРАЖ И ПАРКИНГ



27 – 29 ОКТЯБРЯ 2010 ГОДА, МОСКВА
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»,
ПАВИЛЬОН №8 (ЗАЛЫ 1, 2)
И ОТКРЫТЫЕ ПЛОЩАДКИ
КРАСНОПРЕСНЕНСКАЯ НАБ., Д. 14

27 – 29 OCTOBER 2010, MOSCOW
EXPOCENTRE FAIRGROUNDS
PAVILION №8 (HALL 1, 2)
AND OUTDOOR SECTION
KRASNOPRESNENSKAYA NAB. – 14

ОРГАНИЗАТОР:
ООО «АЗС-ЭКСПО»
ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА
МОСКВЫ И СОДЕЙСТВИИ ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»

ORGANIZER:
ACS-EXPO, LTD
SUPPORTED BY
THE MOSCOW GOVERNMENT
AND ASSISTED BY ZAO EXPOCENTRE

123100, г. Москва
Ул. Мантулинская, д. 7, стр. 3, офис 15
Тел./факс: (495) 380-21-37, (499) 256-05-44
e-mail: acs-expo@mtu-net.ru

123100, Moscow
Mantulinskaya St. 7, str. 3, office 15
Tel./fax: (495) 380-21-37, (499) 256-05-44
e-mail: acs-expo@mtu-net.ru



www.autocomplex.net