

УДК 621.365.22.004:66.012.7

А.П. ЛепихинСЗАО «Молдавский металлургический завод», ул. Индустриальная, 1, г. Рыбница, Молдова, 279700
e-mail: alepihin@aommz.com

ОПЫТ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КИСЛОРОДНЫХ КОМПРЕССОРОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОСТАЛИ

Производство электростали характеризуется существенно неравномерным потреблением кислорода с давлением 12-14 бар. Для надёжного обеспечения кислородом металлургического производства применяют поршневые компрессоры для наполнения им реципиентов под давлением до 35 бар. Кислородный регулирующий пункт завода, использующий кислород как от воздухоразделительной установки, так и реципиентов, позволяет подавать его в печь плавки электростали по требуемому графику, несмотря на значительные изменения расхода. Надёжность и энергетические показатели такой технологической схемы зависят от соответствующих характеристик кислородных поршневых компрессоров. Рассматриваются в сравнении характеристики используемых в схеме трёх компрессоров 4M10-40/35 и одного компрессора 4D225-3D. Обращается внимание на более высокую надёжность и экономичность компрессора 4D225-3D по сравнению с тремя другими. Описываются оригинальные конструктивные особенности компрессора 4D225-3D, которые обеспечивают высокие значения его характеристик. Излагается содержание обслуживания и ремонтов этого компрессора, непрерывно работающего на Молдавском металлургическом заводе более 11-ти лет.

Ключевые слова: Кислород. Металлургия. Плавка электростали. Поршневой компрессор. Надёжность. Энергопотребление. Ремонт. Обслуживание.

A.P. Lepihin

EXPERIENCE OF COMPARATIVE OPERATION OF OXYGEN COMPRESSORS IN METALLURGICAL MANUFACTURE OF ELECTRIC STEEL

Manufacture of electric steel is characterized by essentially non-uniform consumption of oxygen under pressure 12-14 bar. For reliable maintenance by oxygen on metallurgical manufacture applies piston compressors for filling of recipients by it under pressure up to 35 bar. The oxygen regulating factory's station using oxygen from air separation plant and recipients, allows to submit it in to furnace of electric steel heat under the required schedule, despite of significant changes of expenses. Reliability and power parameters of such technological circuit depend on corresponding characteristics of oxygen piston compressors. The characteristic of three compressors «4M10-40/35» and one compressor «4D225-3D» used in the circuit are considered in comparison. It is paid attention to higher reliability and pro-fitability of compressor «4D225-3D» in comparison with three others. Original design features of compressor «4D225-3D» which provide high values of its characteristics are described. The maintenance of service and repairs of this compressor continuously working on the Moldavian metal works more 11th years is stated.

Keywords: Oxygen. Metallurgy. Heat of electric steel. Piston compressor. Reliability. Power consumption. Repair. Service.

1. ВВЕДЕНИЕ

После масштабных реконструкций и технического перевооружения, содержание которых изложено в [1-4], Молдавский металлургический завод (ММЗ) к настоящему времени располагает высокопроизводительной 120-тонной электросталеплавильной печью

ДСП-2, печью-ковшом, установкой вакуумирования стали, шестиручьевой машиной непрерывного литья заготовки. На базе этого металлургического комплекса производится в год более 1,0 млн. т непрерывнолитой заготовки. Кроме этого, завод располагает двухниточным мелкосортным прокатным станом с удлинённой до 147 м линией управляемого охлаждения ка-

© А.П. Лепихин

танки, обеспечивающей заданную микроструктуру металла и позволяющей получать новые виды проката: «мягкую» катанку для тонкого волочения, низколегированную катанку для сварочной проволоки, катанку пружинных сталей. Новый высокоскоростной проволочный блок фирмы SMS (скорость при прокатке — до 120 м/с) даёт возможность довести годовое производство проката до 930 тыс. т.

Сейчас ММЗ — это современное, высокопроизводительное предприятие чёрной металлургии, обладающее технологиями мирового уровня для производства продукции по стандартам СНГ и ведущих стран мира (DIN, ASTM, BS, EU и др.). Завод обладает большой маневренностью, способностью в короткое время перенастраиваться на выпуск новой продукции; использует высококвалифицированный менеджмент. Всё это обеспечивает ему устойчивое положение на рынке.

2. ОСОБЕННОСТИ КИСЛОРОДОСНАБЖЕНИЯ ПЕЧИ ДСП-2 И МОДЕРНИЗАЦИЯ КИСЛОРОДНО-КОМПРЕССОРНОГО ХОЗЯЙСТВА ЗАВОДА

В процессах плавки электростали в печи ДСП-2, продолжающихся 50-60 мин., наблюдается значительная неравномерность потребления кислорода. Так, при среднечасовом его потреблении на уровне 5000-5100 м³/ч с давлением 12-14 бар., в периоды 10-15 мин. оно возрастает до 9000-11000 м³/ч, в то время как в другие периоды — не превышает 1500 м³/ч. Для обеспечения подачи кислорода с таким значительным диапазоном изменения его расхода применена технологическая схема, включающая в себя компрессоры, ресиверы кислорода с повышенным (до 35 бар.) давлением и кислородный регулирующий пункт (КРП). Это оборудование совместно с КРП обеспечивает поддержание в сети потребления кислорода рабочее его давление не выше 12-14 бар. Повышение расхода кислорода достигается за счёт его постоянно имеющегося запаса при повышенном давлении в ресиверах. При этом сохраняется стабильная работа кислородных компрессоров с постоянной производительностью, равной производительности воздухоподготовительной установки завода.

В соответствии с первоначальным проектом на ММЗ было установлено три оппозитных кислородных компрессора 4М10-40/35 ПО «Пензкомпрессор-

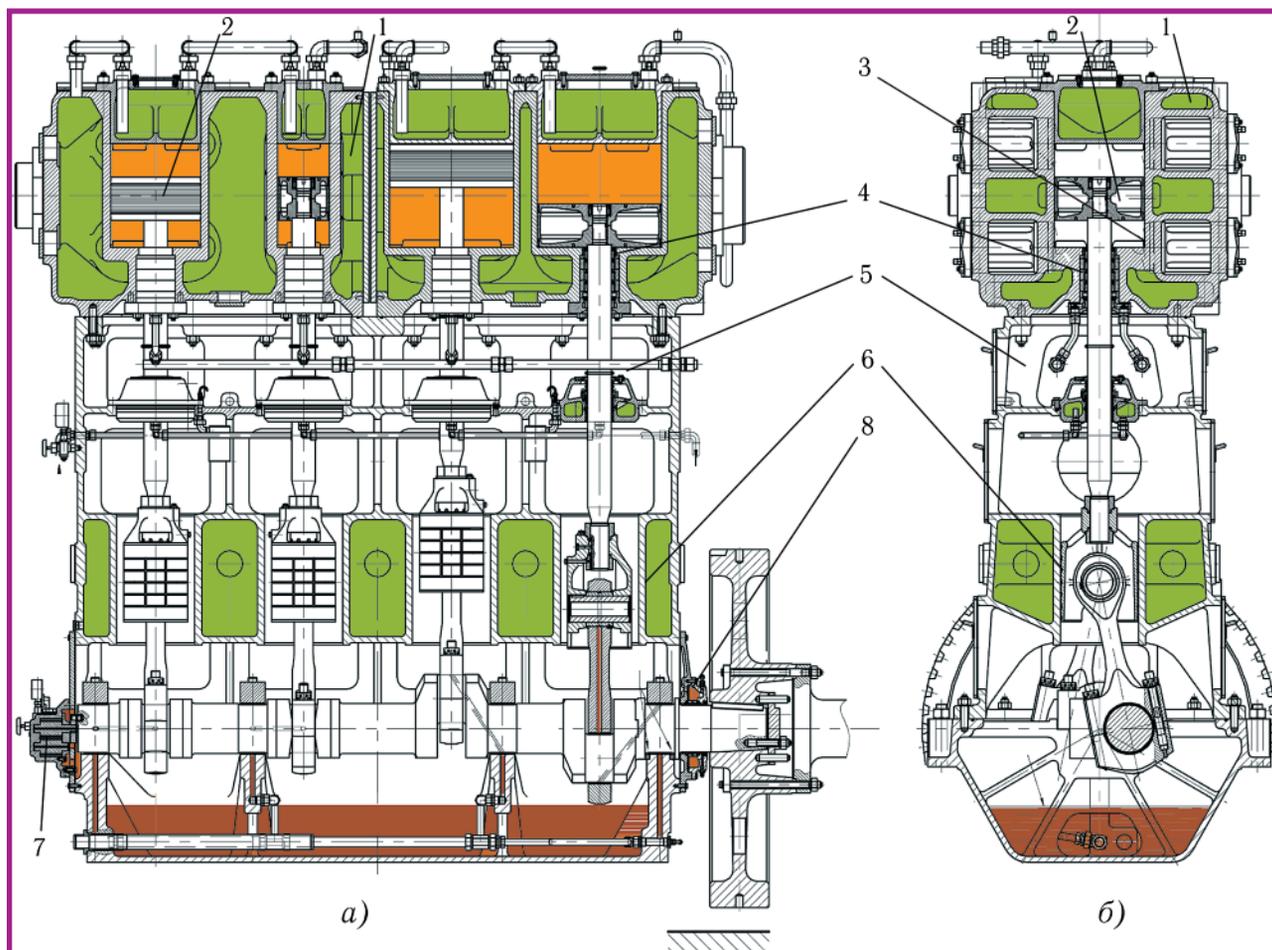


Рис. 1. Кислородный компрессор 4D255-3D, продольный (а) и поперечный (б) разрезы: 1 — рубашка цилиндра для охлаждающей воды; 2 — лабиринтный поршень; 3 — клапан цилиндра; 4 — лабиринтный сальник штока поршня; 5 — разделительная секция увеличенной длины для отделения маслосмазываемого картера от несмазываемого цилиндра; 6 — направляющая крестовина с рубашкой для охлаждающей воды; 7 — масляный насос с приводом от коленчатого вала для принудительного смазывания подшипников и крестовины; 8 — уплотнение коленчатого вала.

маш», каждый из которых мог подавать 2400 м³/ч кислорода с давлением 35 бар. Эксплуатация этих компрессоров была возможной при значительных трудовых и материальных затратах на поддержание их в исправном техническом состоянии. Основные ремонтные работы были связаны с заменой часто изнашиваемых направляющих и компрессионных колец поршней. Несмотря на это, компрессоры не обеспечивали паспортную производительность. Из-за этого в периоды ремонта одного из компрессоров возникал дефицит компримирующей мощности.

Учитывая, что успешная работа металлургического комплекса ММЗ невозможна без надёжного и бесперебойного кислородоснабжения, одновременно с модернизацией основного оборудования металлургических цехов была реализована масштабная программа реконструкции кислородно-компрессорной станции завода [5,6]. Одним из важнейших мероприятий этой программы стала установка и ввод в эксплуатацию дополнительного кислородного компрессора 4D225-3D, изготовленного компанией «Burrkhardt Compression» (Швейцария).

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КИСЛОРОДНОГО КОМПРЕССОРА 4D225-3D

Решение об использовании этого компрессора было принято после изучения его технических параметров, конструктивных особенностей и положительного опыта эксплуатации на Белорусском металлургическом заводе (г. Жлобино).

Разрезы компрессора и перечень его основных элементов характеризует рис. 1.

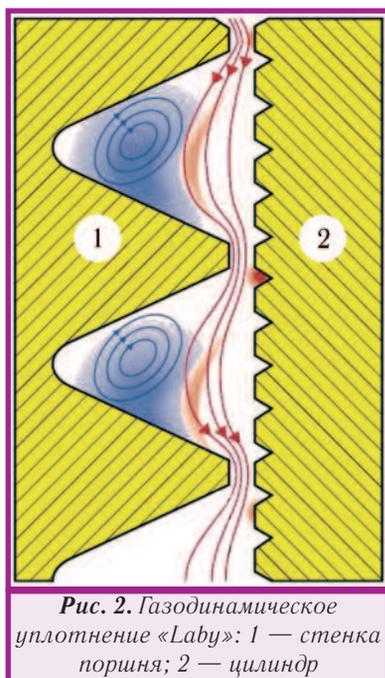


Рис. 2. Газодинамическое уплотнение «Laby»: 1 — стенка поршня; 2 — цилиндр

Конструктивной особенностью компрессора является использование в нём фирменного газодинами-

ческого уплотнения поршень-цилиндр типа «Laby», элементы которого представлены на рис. 2. Отсутствие механического трения в этом узле значительно увеличивает межремонтный период и обеспечивает высокую надёжность компрессора при эксплуатации.

Немаловажный фактор — противопожарная безопасность компрессора. Ему способствует вертикальное расположение цилиндров и газовых полостей в верхней части компрессора, удалённой от смазываемого механизма движения (см. рис. 3). Отвод кислорода, в случае негерметичности газового сальника, производится во всасывающий коллектор компрессора. В совокупности с наличием промежуточной открытой полости это исключает контакт кислорода с компрессорным маслом.

Клапаны компрессора высокоэффективны и не дают отказов в работе. Завод-изготовитель оказывает услуги в реставрации клапанов, отработавших гарантийный срок службы.

Для защиты рубашек компрессора от взвешенных частиц, поступающих с водой, на трубопроводе охлаждающей воды перед ним располагается дополнительный автоматический водяной фильтр с фильтрующей сеткой 100 мкм.

4. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТОВ КОМПРЕССОРА 4D225-3D

В ходе длительной эксплуатации компрессора 4D225-3D выявлены его характеристики, которые приведены в табл. 1 в сравнении с характеристиками компрессора 4M10-40/35 «Пензкомпрессормаш».

Из данных, приведённых в табл. 1, можно заключить, что компрессор 4D225-3D по всем характеристикам существенно превосходит имеющиеся у нас компрессоры 4M10-40/35.

Остановимся на содержании ремонтов компрессора 4D225-3D.

В период до первого среднего ремонта компрессора 4D225-3D проводились рекомендованные заводом-изготовителем регламентные работы. Кроме этого, выполнялась очистка водяных фильтров, проверка креплений аппаратов и трубопроводов к фундаменту и опорам, качества соединений корпусных деталей компрессора, а также анкерных болтов компрессора и

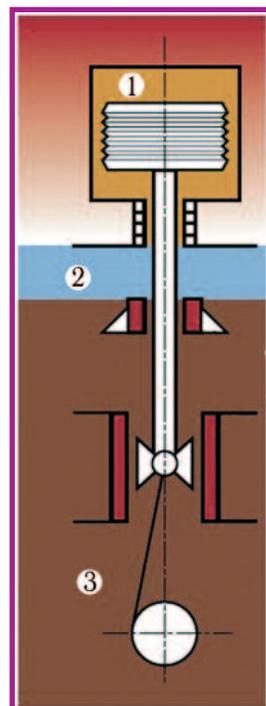


Рис. 3. Конструктивное обеспечение противопожарной безопасности кислородного компрессора: 1, 2 — газовая и открытая полости, соответственно; 3 — масляная полость камеры

Таблица 1. Сравнительные данные об эксплуатационных характеристиках поршневых компрессоров

Параметры	Компрессор 4М10-40/35	Компрессор 4D225-3D	Примечания
Сжимаемый газ	кислород	кислород	
Производительность, $\text{нм}^3/\text{ч}$:			* Замеры выполнялись при пониженном давлении нагнетания $20 \text{ кгс}/\text{см}^2$
– паспортная	2400	3050	
– фактическая	1900*	3798*	
Давление нагнетания паспортное, бар.	35	36	
Потребляемая мощность электродвигателя, кВт:			** Контролируется и фиксируется в обще заводских формах учёта
– паспортная	390	577	
– фактическая**	330	557	
Удельный расход электроэнергии, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$:			
– паспортный	0,1625	0,1892	
– фактический	0,1737	0,1466	
Фактически отработано часов за 2006 г.	3755	8231	
Коэффициент использования в 2006 г.	0,428	0,939	
Количество простоев компрессора из-за ремонтов в 2006 г.	25***	2	*** В том числе и внеплановых
Трудоёмкость ремонтов компрессора в 2006 г., чел·ч	773	232	

главного электродвигателя. По истечении 5000 ч была произведена замена масла, очистка водяных полостей компрессора. Одновременно с этим осуществлялись замеры центровки компрессора с главным электродвигателем и расхождения шёк коленчатого вала с целью контроля влияния главного электродвигателя через муфту на изгиб коленчатого вала. По результатам этих работ замечаний не имелось. Первая замена одного нагнетательного клапана 1-ой ступени 4-го ряда компрессора была выполнена через 1,5 года его эксплуатации.

В этот период проявил себя брак, допущенный ещё в ходе строительных работ. Так как для подливки компрессора после монтажа был применён некачественный раствор, то в растворяющей стяжке образовались трещины разных направлений. Поэтому выполнялись наблюдения за вибрацией корпуса компрессора, геометрическими параметрами фундамента и установленных «маяков»; контролировалось состояние анкерных болтов, периодически замерялся изгиб коленчатого вала компрессора.

Первый средний ремонт был выполнен с привлечением шеф-механика фирмы в период 13.04-04.05.1999 г. после наработки компрессором 16950 ч. При этом, как и при проведении всех последующих ремонтов, придерживались типовых рекомендаций фирмы «Burckhardt Compression», представленных в табл. 2. Однако продолжительность первого ремонта была увеличена в связи с тем, что наряду с типовым объёмом работ, была удалена некачественная подливная цементная стяжка и выполнена новая подливка раствором, рекомендованным заводом-изготовителем компрессора.

В период эксплуатации до следующего среднего ремонта замечаний не возникало.

Проводились только регламентные работы по водяной, масляной и газовой системам. Была внедрена централизованная химическая очистка водяных полостей компрессора. Для этого применялся 5 % раствор соляной кислоты. После завершения очистки проводилась пассивация 5 % раствором каустической соды.

Второй средний ремонт выполнялся 26.11-05.12.2001 г. после наработки компрессором 36638 ч под руководством шеф-механика сервисного центра. При ремонте был полностью израсходован ЗИП, поставленный с компрессором при его закупке (прокладки, поршневые гайки, клапаны). Были заменены клапаны 2-ой и 3-ей ступеней, направляющие подшипники, шток 3-ей ступени 2-го ряда.

В следующий межремонтный период были выполнены внеплановые работы по главному электродвигателю. Для устранения короткого замыкания одной из обмоток 16.04.-30.04.2002 г. был проведён восстановительный ремонт главного электродвигателя собственным ремонтным персоналом завода. Этот

**Рис. 4.** Общий вид кислородного поршневого компрессора 4D225-3D

Таблица 2. Программа ремонта компрессора фирмой-изготовителем с участием специалистов завода

 Burckhardt Compression	Клиент		ММЗ Рыбница						
	Серийный №		7919						
	Оборудование:		4D225-3D						
	Газ:		O ₂						
	Местоположение		Молдова						
Программа ремонта									
Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время на проезд специалиста ВС									
Работы, которые должны быть выполнены до прибытия специалиста ВС									
Сооружение платформы вокруг компрессора, изоляция оборудования, вспомогательных систем для безопасных условий работы, продувка компрессора									
Слив охлаждающей воды, масла, демонтаж клапанов компрессора									
Визуальная инспекция кривошипно-шатунного механизма, проверка зазоров мёртвых зон									
Демонтаж крышек цилиндра, проверка радиальных зазоров поршней, замер зазора направляющего подшипника									
Демонтаж уплотнений поршня, проверка поршней и уплотнений, демонтаж маслосъёмных колец									
Замер зазоров кривошипно-шатунного механизма, демонтаж некоторых подшипников для проверки, замена подшипников в случае необходимости									
Ремонт клапанов компрессора, сборка компрессора, проверка отклонений кривошипа, заправка маслом									
Проверка внутренних водяных насосов, установка отремонтированных клапанов, проверочный пуск на воздухе/азоте									
Запуск компрессоров в рабочем режиме, если возможно, снятие эксплуатационных данных									
Рекомендации по персоналу									
1 сервис-инженер ВС									
2 квалифицированный механик									
2 помощник									
1 оператор									
1 квалифицированный электрик/специалист КИПиА									
Условия									
1.	Данная программа рассчитана на 10-часовой рабочий день (60-часовая неделя) и квалифицированный персонал согласно стандартам ЕС								
2.	Должны быть подготовлены все необходимые запасные части и специальные инструменты, включая комплект гаечных ключей 10-46 мм								
3.	Необходимо примерно 300 л масла								
4.	Необходим кран / лебёдка для подъёма крышек цилиндра и поршней								
5.	Квалифицированный персонал обеспечивается клиентом								
6.	Необходимо наличие инструкций по эксплуатации компрессора								
Примечание: Поскольку нам неизвестно реальное состояние эксплуатируемого у Вас компрессора, в данной программе возможны изменения									

ремонт производился с демонтажем главного электродвигателя и последующей его центровкой с компрессором.

Третий плановый капитальный ремонт проводился 06.09.-18.09.2004 г. после наработки компрессором 55354 ч, а четвёртый средний ремонт — 08.05.-15.05.2007 г. после наработки компрессором 73324 ч. При этом, до приезда шеф-механика были выполнены объёмы работ, указываемые в типовых рекомендациях фирмы (см. табл. 2).

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одиннадцатилетний опыт эксплуатации компрессора 4D225-3D фирмы «Burckhardt Compression» на заводе (см. рис. 4) показал, что в сравнении с компрессорами других фирм он обладает следующими преимуществами:

- Низкий удельный расход электрической энергии на сжатие кислорода.
- Газодинамическое уплотнение поршней в цилиндре.

ндрах компрессора исключает трудоёмкие операции по замене направляющих и поршневых колец.

— Наличие открытой полости между цилиндрами и масляной полостью картера способствует повышенной пожарной безопасности компрессора.

— Технически оптимизированная конструкция узлов и деталей компрессора и их качественное исполнение обеспечивают высокую надежность и минимальные затраты на ремонтное обслуживание.

— Квалифицированные услуги фирмы по техническому руководству при капитальных ремонтах и приобретенный специалистами завода собственный опыт ремонтных работ позволяют достигать межремонтных периодов компрессора не менее 2,5 лет и наработку не менее 19000 ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прайдак Ю.С., Деревянченко И.В., Гальченко А.В. Технология выплавки стали в сверхмощных дуговых печах с использованием альтернативных источников энергии// Теория и практика металлургии. — 1998. — № 2. — С. 59-60.

2. Белитченко А.К., Костин А.С. Молдавский металлургический завод как базовое предприятие для изучения передового опыта// Теория и практика металлургии. — 1998. — № 2. — С. 61-62.

3. Белитченко А.К., Черновол В.Н. Современная технология выплавки стали в дуговой электропечи ДСП-100Нв с внепечной обработкой и непрерывной разливкой металла// Металлургическая и горнорудная промышленность. — 1996. — № 1. — С. 24-26.

4. Белитченко А.К. Опыт реконструкции Молдавского металлургического завода. Экономический анализ внедренных новых технологий// Черная металлургия. Бюллетень НТиЭИ. — 1997. — № 9-10. — С. 50-53.

5. Бурнашев Р.Р. Эффективное использование альтернативных источников энергии при выплавке стали в электропечах ММЗ// Технические газы. — 2001. — № 4. — С. 24-30.

6. Лепихин А.П. Эффективное использование технических газов и энергосберегающие технологии при производстве электростали// Технические газы. — 2004. — № 1. — С. 46-51.



Повышение квалификации по специальности "Криогенная техника и технология", организуемое Украинской ассоциацией производителей технических газов "УА-СИГМА" на базе Одесской государственной академии холода



- изучаемые дисциплины: термодинамические процессы, циклы и схемы криогенных воздухоразделительных установок; снижение энергопотребления при эксплуатации ВРУ и новые технологии разделения воздуха; современные приборы контроля и автоматизация криогенных ВРУ; компрессорное оборудование ВРУ; охрана труда при производстве и использовании продуктов разделения воздуха;
- форма обучения — очно-заочная;
- начало обучения — 18-19 марта 2008 г. (установочные занятия);
- период самостоятельного обучения по предоставленным слушателям методическим материалам — 20 марта-14 апреля 2008 г.;
- лекционно-лабораторная и экзаменационная сессия — 15-18 апреля 2008 г.;
- контингент — инженеры и техники;
- по окончании выдается свидетельство Министерства образования и науки Украины

Условия приема по контактному тел./факсу: #380 (48) 777-00-87
и e-mail: uasigma@paco.net.

Наш сайт: www.uasigma.odessa.ua