

## О ЦЕЛЯХ И ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

*В настоящее время промышленные предприятия, в том числе и атомные электрические станции, переходят от стратегии технического обслуживания и ремонта трубопроводной арматуры «по регламенту» к стратегии технического обслуживания «по техническому состоянию». Такой переход возможен при наличии приборов, методов и методик, позволяющих с заданной степенью достоверности выполнить контроль технического состояния и диагностирование арматуры. Для целей продления сроков эксплуатации энергоблоков АЭС необходимо, кроме того, рассчитать остаточный ресурс корпусов арматуры.*

**Ключевые слова:** диагностика, трубопроводная арматура, АЭС.

**Введение.** Киевское центральное конструкторское бюро арматуростроения – специализированное предприятие, которое профессионально занимается разработкой и производством трубопроводной арматуры (ТПА). Производственный комплекс включает в себя исследования в области арматуростроения, конструкторские работы, производство арматуры, испытательный комплекс, включая квалификационные испытания, продажу и сервисное обслуживание продукции.

В настоящей работе представлено наше понимание целей и задач контроля технического состояния и технического диагностирования трубопроводной арматуры, потребностей предприятий, эксплуатирующих арматуру и наших задач, как производителя, по выпуску контролепригодной и приспособленной к техническому диагностированию арматуры.

**Объект контроля и диагностики.** С точки зрения целей и задач контроля и диагностики предлагается рассматривать следующие группы ТПА:

- арматура на действующих предприятиях;
- арматура на стадии изготовления;
- арматура нового поколения (на стадии проектирования).

*Арматура на действующих предприятиях.* Арматура, находящаяся в эксплуатации на действующих предприятиях – это арматура, в конструкции которой не предусмотрены какие-либо средства и методы диагностирования. Требования нормативных документов по контролепригодности и приспособленности к диагностированию на такую арматуру не распространяются. Вместе с тем, контроль технического состояния и диагностирование такой арматуры является наиболее востребованной и наиболее сложной проблемой в данной теме.

*Арматура на стадии изготовления.* Трубопроводная арматура, изготавливаемая в соответствии с действующими в настоящий момент нормативными документами и предназначенная для замены арматуры на

действующих предприятиях и для комплектации строящихся. На часть арматуры этой группы распространяются требования по контролепригодности и ряд других требований, контроль выполнения которых невозможен без применения специальных приборов и методик.

*Арматура нового поколения.* Трубопроводная арматура на стадии КД и опытных образцов, проектируемая с учетом тенденций развития требований нормативных документов, тенденции развития и освоения новых видов контроля и диагностики. Арматура, технической документацией на которую предусматривается возможность обслуживания её «по техническому состоянию». Назначение – новые объекты, находящиеся на стадии проектирования.

Для нас, как для производителя арматуры, представляют интерес все три группы арматуры.

**Заказчики технического диагностирования.** На каждом этапе жизненного цикла арматуры возникают свои задачи технического диагностирования, отражающие цели предприятия, условия эксплуатации арматуры. Исходя из этапов жизненного цикла (проектирование, транспортировка, хранение, монтаж, использование по назначению, включая ремонт и техническое обслуживание, демонтаж и утилизация), перечень заказчиков диагностирования выглядит следующим образом:

- предприятия, разрабатывающие и изготавливающие арматуру;
- предприятия, выполняющие монтаж и наладку арматуры;
- предприятия, эксплуатирующие трубопроводную арматуру.

*Цели предприятий – изготовителей арматуры.* Диагностирование при изготовлении – это, по сути, комплекс испытаний для подтверждения заявленных в технической документации качеств и параметров своей продукции. Производители арматуры имеют в своем распоряжении всё необходимое для выполнения диагностирования при выпуске продукции. Усложнение испытаний происходит по мере появления новых требований нормативной документации и новых методов контроля и диагностирования.

*Цели предприятий, выполняющих монтаж и наладку арматуры.* На этом этапе также не стоит задача технического диагностирования. Выполняется контроль технического состояния, главной целью которого является подтверждение соответствия технических параметров арматуры технической документации. Монтажные и наладочные организации заинтересованы в результатах контроля только до подписания акта сдачи работ. Реальным потребителем результатов контроля технического состояния арматуры на этом этапе является предприятие, которое будет её эксплуатировать.

*Цели предприятий, эксплуатирующих трубопроводную арматуру.* Этап эксплуатации арматуры – наиболее длительный по времени и единственный, когда арматура подвергается реальным нагрузкам. Следует признать, что эксплуатирующие предприятия – это единственный реальный заказчик технического диагностирования. Сегодняшние реалии, в первую очередь экономические, вынуждают предприятия осваивать методы и оборудование диагностики арматуры. Что имеется в виду?

Во-первых. На предприятиях эксплуатируется громадное количество арматуры за пределами назначенного срока службы или выработавшей назначенный производителем ресурс. Замена ее связана со значительными

финансовыми затратами. На атомных электростанциях полная замена арматуры, выработавшей тридцатилетний срок службы, экономически нецелесообразна и технически сложно осуществима, по этой причине сейчас ведётся активная работа по продлению назначенного срока службы энергоблоков.

Для планирования срока эксплуатации технологического оборудования, планирования ремонта, расчета экономической эффективности затрат на модернизацию предприятиям принципиально важно определить не только вид технического состояния, но и остаточный ресурс арматуры, или оставшийся срок службы.

Во-вторых. Сформулированы, многократно обсуждены и признаны негативные аспекты обслуживания арматуры по регламенту: необходимость регулярной разборки и ревизии арматуры без технической потребности; увеличение числа отказов арматуры после выполнения регламентных работ, необходимость приобретения и хранения излишнего количества запасных частей, рост стоимости ремонтных работ и рост цен на запасные части и т.д. Стратегия технического обслуживания и ремонта арматуры «по регламенту» заменяется техническим обслуживанием «по техническому состоянию». Переход к ТОиР «по состоянию», позволяет значительно сократить расходы при одновременном повышении качества ТО и ремонта. Обслуживание арматуры АЭС по регламенту было «привязано» к срокам планово-предупредительных ремонтов при трехлетнем топливном цикле АЭС. Сегодня АЭС рассматривают возможность перехода на четырех- и пятилетний топливный цикл, соответственно изменится и длительность кампании – времени непрерывной работы энергоблока между перегрузками топлива. Сроки останова блока для перегрузки и сроки регламентного обслуживания арматуры при этом не совпадают. Выход из такой ситуации – обслуживание по техническому состоянию на основании результатов контроля технического состояния и диагностирования с обязательным определением остаточного ресурса всех элементов арматуры.

В-третьих. Управление старением оборудования. Внедрение стратегии управления старением требует применения современных средств и методик контроля технического состояния и технического диагностирования узлов и элементов арматуры и арматуры в целом.

Таким образом, средства и методы контроля и диагностирования промышленной трубопроводной арматуры должны, в первую очередь, удовлетворять требованиям предприятия эксплуатирующего арматуру. Объем и качество полученной при диагностировании информации должно позволять сделать выводы о функциональной пригодности арматуры, о сроках и объеме технического обслуживания, об оставшемся ресурсе.

Эти выводы были положены нами в основу при подготовке технического задания на опытно-конструкторскую работу «Создание технического комплекса для диагностирования трубопроводной арматуры энергоблоков атомных электрических станций с целью продления срока их эксплуатации».

Заказчиком на выполнение работы выступило Министерство промышленной политики Украины.

**Содержание технического задания на выполнение работы.** Задачей выполнения ОКР является создание опытного образца диагностического технического комплекса для оценки технического состояния корпусов и основных узлов трубопроводной арматуры, в т.ч. корпусов неразборных обратных клапанов, энергоблоков атомных электрических станций с целью продления сроков эксплуатации и разработка методик испытаний.

Комплекс должен обеспечивать контроль технического состояния и диагностирование объектов (запорной и обратной трубопроводной арматуры изготовленной из углеродистых и нержавеющей сталей) неразрушающими методами без разборки и изъятия арматуры из системы при проведении штатных гидравлических испытаний в период планово-предупредительного ремонта. Технический комплекс предназначен для контроля технического состояния корпусов трубопроводной арматуры, контроля состояния запорной и обратной арматуры в части герметичности затворного узла, работоспособности обратных клапанов и герметичности по отношению к внешней среде.

Программное обеспечение технического комплекса должно обеспечивать:

- запись всех технических параметров, характеризующих техническое состояние объекта диагностирования, зафиксированных в процессе обследования;
- формирование в автоматизированном режиме протокола результатов диагностирования;
- защиту архива данных от несанкционированного вмешательства.

Результатом работы комплекса должно быть создание отчета о фактическом, основанном на результатах проведенных измерений, техническом состоянии объекта контроля с указанием:

- наличия или отсутствия развивающихся дефектов;
- уровня опасности этих дефектов;
- ресурса конструкции объекта контроля с учетом присутствующих дефектов;
- зон концентрации механических напряжений в объекте контроля, величины этих напряжений и их влияние на работоспособность конструкции;
- оценки герметичности затворного узла арматуры;
- оценки работоспособности обратных клапанов;
- оценки герметичности арматуры по отношению к внешней среде.

**Требования к составу технического комплекса.** Технический комплекс для диагностирования трубопроводной арматуры должен включать:

- аппаратную часть - комплекс приборов для технического диагностирования трубопроводной арматуры, собранный в единую систему и объединенный общим программным обеспечением;
- методическую часть - программы и методики испытаний и контроля;
- библиотеку типовых дефектов металла корпусов арматур;
- алгоритм обследования арматуры.

**Требования нормативных документов к контролю технического состояния и диагностике трубопроводной арматуры.**

- ГОСТ 9544-2005 Арматура трубопроводная запорная. Классы и нормы герметичности затворов.

- НП 068-05 Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования.
- ОТТ-87 Арматура для оборудования и трубопроводов АС. Общие технические требования.
- ПНАЭ Г-7-008-89 Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
- ПМ-Т.0.08.153-05 Типовая программа оценки технического состояния и переназначения срока службы корпусов трубопроводной арматуры и предохранительных клапанов.
- Стандарт ЦКБА Арматура трубопроводная запорная Изменение степени герметичности затворов в зависимости от условий эксплуатации в процессе наработки.

ГОСТ 9544-2005 распространяется на арматуру на стадии изготовления. Установлены нормы герметичности при изготовлении. ГОСТ не содержит требований по герметичности затворов в процессе эксплуатации. Значения допустимых утечек приведены в стандарте для условий истечения пробного вещества в атмосферу, что в нашем случае, при контроле герметичности арматуры без вырезки её из трубопровода, выполнить невозможно.

НП 068-05. Документ, разработанный и действующий в России, содержит следующее требование: «вновь разрабатываемая арматура по требованию эксплуатирующей организации должна иметь встроенные и (или) быть приспособленной к подключению внешних средств технического диагностирования для непрерывного или периодического контроля технического состояния (в том числе состояния внутренних поверхностей)». Установленные требования по герметичности затвора должны подтверждаться при приёмо-сдаточных испытаниях и, следовательно, относятся к новой арматуре. Нормы герметичности арматуры и методы контроля герметичности в процессе эксплуатации документом не установлены.

Есть требование, что при применении технических средств диагностирования руководство по эксплуатации должно содержать перечень диагностических параметров, методов и технических средств, а также периодичность диагностирования арматуры.

Документ содержит перечень возможных отказов арматуры. Таким образом, НП 068-05, в действующей редакции, содержит только задание для разработки систем диагностирования арматуры, но не требование к диагностопригодности.

В настоящее время НПФ «ЦКБА» Санкт-Петербург планируется пересмотр НП 068-05. В новой редакции документа будет пересмотрен раздел «Требования по диагностированию». Надеемся, что требования будут более конкретными и детальными.

ОТТ-87. Раздел 8 содержит следующее требование: «при наличии технических средств диагностики арматуры в процессе эксплуатации, по решению, согласованному с головной конструкторской организацией и органами надзора допускается проведение ревизии без разборки арматуры.»

Диагностические параметры, методы и технические средства не регламентированы.

Компания «Энергоатом» уже приступила к разработке новой редакции Общих Технических Требований к трубопроводной арматуре АЭС. В новой редакции должен быть раздел «Требования к диагностированию».

ПМ-Т.0.08.153-05 Типовая программа оценки технического состояния и переназначения срока службы корпусов трубопроводной арматуры и предохранительных клапанов. Программа предусматривает применение традиционных методов неразрушающего контроля. Какие-либо методы диагностирования не предусмотрены.

Стандарт ЦКБА «Арматура трубопроводная запорная изменение степени герметичности затворов в зависимости от условий эксплуатации в процессе наработки». В стандарте приведен метод расчёта величины протечки через затвор в зависимости от условий эксплуатации, однако, каких-либо указаний относительно методов контроля соответствия арматуры требованиям стандарта в тексте не содержится.

Сегодняшнее состояние нормативной документации в области контроля технического состояния и диагностирования арматуры можно охарактеризовать как неурегулированное.

В таких условиях мы, в процессе работы, были вынуждены самостоятельно формулировать техническое задание и перечень диагностических параметров для диагностирования арматуры энергоблоков АЭС с целью продления сроков эксплуатации. Однако, установив параметры, мы сегодня не готовы установить предельные значения этих параметров. Для этого необходимо проведение испытаний на реальной арматуре АЭС с участием специалистов эксплуатирующей организации и специалистов материаловедческих институтов.

**Задачи контроля технического состояния и диагностирования.** При создании комплекса были выбраны методы и технические средства для решения следующих задач:

- Обнаружение развивающихся дефектов в металле.
- Определение уровня механических напряжений в металле.
- Контроль герметичности затвора арматуры.
- Контроль герметичности арматуры по отношению к внешней среде.
- Контроль работоспособность обратных клапанов.

**Потенциальные потребители результатов работ по диагностике арматуры.** Техническим заданием на опытно-конструкторскую работу предусмотрено применение технического комплекса на атомных электрических станциях. Поэтому все решения и допущения, принимались в данной работе в соответствии с нормами и правилами, действующими в атомной энергетике.

Идея создания технического комплекса состоит в том, чтобы дать работникам АЭС возможность контролировать арматуру в процессе штатных гидравлических испытаний трубопровода, накапливать информацию о техническом состоянии арматуры в течение всего срока эксплуатации, а не только по истечению 30-летнего срока.

**Принятые в работе начальные условия и допущения.** Методом для контроля технического состояния металла и для обнаружения развивающихся дефектов выбран акустико-эмиссионный метод. Методика обследования корпусов арматуры акустико-эмиссионным методом принята в соответствии

с ДСТУ 4227 2003. Оценка вида технического состояния также принята в соответствии с ДСТУ 4227 2003.

Методом контроля механических напряжений в металле выбран акустический метод. Методика определения НДС корпусов арматуры разрабатывается при создании технического комплекса..

Методом определения негерметичности в затворе арматуры и методом контроля работоспособности неразборных обратных клапанов выбран акустический метод. Методика определения негерметичности разрабатывается при создании технического комплекса.

Методом определения негерметичности арматуры по отношению к внешней среде выбран метод акустической эмиссии. Методика контроля герметичности разрабатывается при создании технического комплекса и предусматривает акустико-эмиссионный контроль сильфонной сборки при ревизии арматуры.

**Алгоритм обследования и испытаний арматуры.** Алгоритм обследования и испытания трубопроводной арматуры с целью определения вида технического состояния и разработки рекомендаций о переназначении срока службы предусматривает два этапа.

Этап I. Виды и объёмы работ на этапе I, приняты в соответствии с "Типовой программой оценки технического состояния и переназначения срока службы корпусов трубопроводной арматуры и предохранительных клапанов" ПМ-Т.0.08.153-05.

На этапе II обследования на основании результатов гидравлических испытаний, акустико-эмиссионного обследования, определения НДС и контроля герметичности должно быть принято одно из следующих решений:

- решение о возможности дальнейшей эксплуатации и переназначении срока службы арматуры;
- решение о недопустимости дальнейшей эксплуатации;
- решение о необходимости дополнительного контроля разрушающимися методами, поверочного расчета на прочность.

В дальнейшем, после разработки и утверждения изменений и дополнений в действующую нормативно-техническую документацию, мы надеемся, что для принятия решения о переназначении срока службы арматуры будет достаточно результатов работ по этапу II.

#### **Располагаемые средства и ресурсы.**

*Акустико-эмиссионная система ЕМА-3.5У*

Число каналов аналоговой обработки сигналов АЭ – 16

Непрерывный обрабатываемый поток АЭ импульсов – >1000 / с

Частотный диапазон обрабатываемого АЭ сигнала – 25...1000 кГц

*Измерительно-вычислительный комплекс АСТРОН.* Измерительно-вычислительный комплекс АСТРОН предназначен для определения уровня механических напряжений в материале исследуемого объекта.

Диапазон измерения временных интервалов между

импульсами упругих волн, мкс

– 0,8–200

Пределы допускаемой абсолютной погрешности ИВК при измерении

временных интервалов между импульсами упругих волн, нс

– ±1,5

Пределы допускаемой относительной погрешности ИВК

при измерении отношений размахов импульсов упругих волн, %

– ±2,9

### **Выполнение работы**

*Контроль технического состояния металла корпуса арматуры акустико-эмиссионным методом.* Контроль технического состояния металла корпуса арматуры акустико-эмиссионным методом проводился при создании внутреннего давления в арматуре на испытательном стенде.

Основная задача – проверка возможностей АЭ системы при работе на объектах небольшого размера, имеющих сложную внутреннюю и наружную формы, изготовленных из различных сталей. Проверялись плоские и пространственные акустические антенны. Дефекты в металле имитировались с имитатором Су-Нильсона.

Результаты. Акустико-эмиссионная система ЭМА 3,5У уверенно обнаруживает дефекты в металле арматуры. Испытания проводились на арматуре условным проходом 50, 100, 150, 200, 300. Точность локации дефекта соответствует техническим характеристикам системы. Расчёт остаточного ресурса корпусов арматуры на данном этапе работ не проводился, поскольку уровень механических напряжений, создаваемых внутренним рабочим давлением, лежит значительно ниже уровня пластической деформации.

Выводы. Акустико-эмиссионная система ЭМА 3,5У, её программное обеспечение, датчики и методика проведения контроля позволяют выполнить контроль металла корпуса арматуры с необходимой точностью. На применение метода имеется нормативная документация.

*Контроль НДС металла корпусов арматуры методом акустической упругости.* Контроль внутренних механических напряжений в металле проводился с применением измерительно-вычислительного комплекса АСТРОН. Механические напряжения в металле создавались внутренним давлением. Уровень механических напряжений измерялся на патрубках арматуры до нагружения, при давлении 0,5 P<sub>p</sub> и при рабочем давлении. Механические напряжения измерялись в одноосном направлении и двухосные.

Результаты. Измерительно-вычислительный комплекс, датчики, программное обеспечение, позволяют проводить измерения на углеродистых сталях, на аустенитных сталях, в диапазоне толщин от 3мм до 30мм.. Датчики и прибор в целом очень чувствительны к качеству внутренней (отражающей) поверхности металла. По результатам выполненных измерений сегодня ещё рано делать окончательные выводы. Разработчики прибора не имеют базовой информации о влиянии механических напряжений на акустоупругие свойства сталей, применяемых в арматуростроении. Соответственно этих данных нет и в программном обеспечении прибора.

Выводы. Измерительно-вычислительный комплекс АСТРОН может быть применён для измерения уровня механических напряжений в металле корпусов арматуры изготовленной из углеродистых и аустенитных сталей. Для тарировки датчиков и прибора необходимо провести испытания на образцах, изготовленных из сталей аналогичных сталям корпусов арматуры.

*Контроль герметичности затворного узла арматуры акустическим методом.* Контроль герметичности затворного узла арматуры акустическим методом проводился на стенде проверки гидравлических характеристик арматуры. Акустическая антенна располагалась таким образом, чтобы



исключить влияние внешних шумов генерируемых в оборудовании и в трубопроводе на центральный датчик. Испытания проводились на арматуре условным проходом 50, 100, 150, 200, 300.

Задача испытаний на первом этапе состояла в следующем:

- проверить возможности АЭ системы при регистрации акустического сигнала генерируемого потоком жидкости (воды и воздуха) при истечении через неплотности затворного узла;
- выявить какой из параметров акустического сигнала частота, мощность, амплитуда наиболее полно отражает расход среды;
- выявить наиболее информативную частотную полосу для контроля герметичности.

Испытания проводились:

- при постоянном зазоре в затворе и переменном перепаде на арматуре;
- при постоянном перепаде и переменном зазоре в затворе.

Величина зазора в затворе изменялась поворотом привода арматуры. Изменение перепада на арматуре обеспечивалось за счёт создания необходимого давления воздушной подушки в ресивере стенда. Запись параметров акустического сигнала и измерение расхода среды производилось при подъёме давления от атмосферного до рабочего и при снижении давления до атмосферного при постоянном зазоре в затворе. Тоже при испытаниях при постоянном давлении. Запись параметров акустического сигнала и измерение расхода среды производилось при увеличении зазора в затворе от нуля до максимального и при уменьшении зазора от максимального до нуля. За максимальный принимался зазор, при котором оборудование стенда позволяло сохранить давление перед арматурой постоянным.

Контроль герметичности затвора обратного клапана проводился при закрытом положении клапана. Перед клапаном создавалось давление в диапазоне от атмосферного до рабочего давления.

Испытания проводились при истечении вода в воду и воздух в воздух.

Результаты: Акустико-эмиссионная система ЭМА 3,5У уверенно регистрирует акустический сигнал, генерируемый потоком жидкости и потоком воздуха через неплотности затвора арматуры.

Установлена зависимость амплитуды акустического сигнала от расхода жидкости. Установлена зависимость амплитуды акустического сигнала от перепада давления на затворе. Установлена наиболее информативная частотная полоса акустического сигнала для контроля герметичности. Установлено, что вид и форма уплотнительных поверхностей в затворе не влияют определяющим образом на параметры акустического сигнала.

Выводы. Акустико-эмиссионная система ЭМА 3,5У, её программное обеспечение, датчики и методика проведения контроля позволяют выполнить контроль герметичности затворного узла арматуры в процессе проведения штатного гидравлического испытания трубопровода и арматуры. Метод не требует разборки арматуры. При регулярном обследовании возможно составление прогноза роста протечки через затвор. Применённые приборы и методика позволяют получить качественную оценку протечки в затворе. Есть техническая возможность разработать для различных типов затворов и различных перепадов давлений программу индикаторной или количественной оценки величины протечки.

*Контроль работоспособности обратных клапанов акустическим методом.* Контроль работоспособности обратных клапанов состоит в контроле герметичности клапана при обратном потоке жидкости и обратном перепаде давления на клапане. Контроль проводился на стенде гидроиспытаний арматуры высоким давлением при вертикальном положении клапана. Перепад давления на клапане 25 кгс/см<sup>2</sup>.

Выводы. Акустико-эмиссионная система ЭМА 3,5У, её программное обеспечение, датчики и методика проведения контроля позволяют выполнить контроль работоспособности обратных клапанов без вырезки их из трубопровода в процессе проведения штатного гидравлического испытания трубопровода.

**Заключение.** Технический уровень приборов и методов позволяет выполнить контроль и диагностику корпусов трубопроводной арматуры в объёме необходимом для принятия решения о возможности переназначения назначенного срока службы и для перехода к обслуживанию арматуры по техническому состоянию и для внедрения практики управления старением оборудования. Для реализации этого необходимо внести изменения в действующие нормативные документы. Такие изменения будут соответствовать сегодняшнему уровню техники и экономическим условиям деятельности АЭС.

### **Summary**

Industrial enterprises, as well as nuclear energy plants are currently migrating from the operational procedures maintenance servicing strategy for pipeline valves over to the technical 'engineering health' maintenance servicing strategy. Such a migration is possible upon possession of tools, methods and service protocols, allowing to execute engineering health control and diagnostic routines for valves with a defined level of accuracy. Residual life calculations for the valve cases is also required for the purposes of the extension of operational cycles of the energy generation units of the nuclear power plants.

**Keywords:** diagnostics, pipeline valves, Nuclear Power Plant.

### **Резюме**

В теперішній час промислові підприємства, в тому числі і атомні електричні станції, переходять від стратегії технічного обслуговування і ремонту трубопроводної арматури «за регламентом» до стратегії технічного обслуговування «за технічним станом». Такий перехід можливий за наявності приладів, методів і методик, що дозволяють з заданим ступенем достовірності виконати контроль технічного стану і діагностування арматури. Щоб продовжити строки експлуатації енергоблоків АЕС необхідно розрахувати залишковий ресурс корпусів арматури.

**Ключові слова:** діагностика, трубопроводна арматура, АЕС.

Поступила 21.05.2009