

# От систем мониторинга до технологии безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования

## Результаты внедрения за 20 лет



В.Н. Костюков, А.В. Костюков

НПЦ «Динамика», Омск

Разразившийся экономический кризис, основной причиной которого явилась необъективность оценок состояния реально происходящих процессов в мировой экономике, и, в частности, в экономике хозяйствующих субъектов США, подчеркивает актуальность разработки и внедрения во всех отраслях экономики системы мониторинга экономического состояния.

Построение такой системы позволяет объективно оценить реально протекающие в организациях процессы и своевременно информировать заинтересованные стороны (менеджмент, потребителей, акционеров, поставщиков) об их текущей эффективности с указанием, при ухудшении состояния, основных факторов, оказывающих деструктивное влияние. Вследствие чего задача обеспечения гарантированного уровня безопасности производства с получением запланированного результата при минимальных издержках стоит перед нефтеперерабатывающими (далее — НПЗ) и нефтехимическими (далее — НХЗ) предприятиями достаточно остро.

Эффективность НПЗ и НХЗ в наибольшей степени обусловлена объемом затрат материальных и трудовых ресурсов на ремонт оборудования и объемом потерь от аварий и простоев. Скорость износа оборудования в значительной степени определяется адекватностью воздействия на него производственного и обслуживающего персонала. Если другие статьи расходов предприятия, например на электроэнергию, определяются, прежде всего, технологией производства и без коренной модернизации и значительных инвестиций существенно изменены быть не могут, то эксплуатационными расходами и ресурсом оборудования необходимо управлять. Для этого нужно обеспечить наблюдаемость технического состояния производственного комплекса путем его мониторинга, т.е. наблюдения за техническим состоянием эксплуатируемого оборудования с целью определения текущего тех-

нического состояния и предсказания момента его перехода в предельное состояние.

Результат мониторинга представляет собой совокупность диагнозов объектов мониторинга, составляющих производственный комплекс, получаемых на неразрывно примыкающих друг к другу интервалах времени, в течение которых состояние оборудования существенно не изменяется. Выбор и обоснование объектов мониторинга осуществляется путем анализа технологической схемы завода и схемы работы технологических установок с учетом влияния их отказа (останов или снижение мощности) на технологический процесс и взрывопожароопасность всего предприятия. В результате определяются категории опасности объектов [1—4], которые подлежат оснащению системами мониторинга технического состояния в соответствии с разработанной программой оснащения предприятия системами мониторинга и перехода на эксплуатацию оборудования по фактическому техническому состоянию.

Технологическое оборудование НПЗ и НХЗ включает в себя динамическое (насосы, компрессоры, воздуходувки, АВО и т.п.) и статическое оборудование (колонны, резервуары, трубопроводы и т.п.), для диагностики и мониторинга которого часто используются различные технические средства. Мировая тенденция к узкопрофильной специализации технологий, стационарных и переносных средств диагностики конкретного типа оборудования привела к появлению большого многообразия систем, произведенных различными фирмами и практически не совместимых между собой, что не позволяет интегрировать их в единое информационное пространство АСУ предприятия.

В настоящее время основным методом неразрушающего контроля, используемым для оценки технического состояния наиболее проблематичного вида оборудования — динамического, является вибродиагностика.

Начало 70-х годов прошлого века ознаменовалось появлением в России первых систем вибродиагностики. Это приборы вибродиагностики компрессоров ДХ - ПАРК-1 по ВЧ-огибающей вибраакустического сигнала с автоматическим указанием 10 дефектов, которые оценивали качество компрессоров при выпуске из производства до 1 млн агрегатов в год (1972 г.).

В 80-х годах XX-го века в России широко внедрялись приборы и системы серии РАПИД для оценки состояния оборудования на всех этапах его жизненного цикла — для автоматической диагностики агрегатов в серийном производстве, при испытаниях и в эксплуатации (мониторинг состояния агрегатов самолетов ЯК-40 и Л-29). Однако на-

иболее важным событием явилось появление первой автоматической экспертной системы на основе псевдокогерентной селекции шумовых и периодических составляющих (ШПС) огибающей виброакустического сигнала (1986 г.).

В 1990 г. в России была внедрена первая стационарная система мониторинга состояния насосных агрегатов СВК-1 в нефтегазовой отрасли с автоматической диагностикой 5 основных неисправностей: подшипников, кавитации, центровки, балансировки и качества крепления. В 1991 г. на базе IBM-компьютера АТ-286 на Омском НПЗ внедрена первая стационарная система компьютерного мониторинга насосных агрегатов СВИП-64 (26 шт.) со встроенным анализатором вибрации, а в 1993 г. на 118 агрегатах 6 производств того же предприятия внедрена первая система компьютерного мониторинга состояния насосно-компрессорного оборудования со встроенной автоматической экспертной системой оценки технического состояния агрегатов КОМПАКС®.

Полный охват мониторингом состояния в реальном времени всего машинного оборудования технологических установок НПЗ показал колossalную эффективность по сравнению с контрольно-сигнальной аппаратурой, устанавливаемой исключительно на центробежные компрессорные агрегаты. Вплоть до конца 1990-х годов внедрение стационарных систем компьютерного мониторинга состояния (вибродиагностики в реальном времени) оборудования шло исключительно в России, так как в странах Запада подход к комплексному оснащению установок стационарными системами считался неприемлемым, а бизнес по периодической вибродиагностике оборудования приносил экспертам-диагностам серьезный доход.

И лишь с приходом XXI века ведущие западные компании начали изучать русский опыт в области безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования опасных производств, что привело к появлению на рынке ряда предложений. Однако, только автоматизировав процесс измерения вибрации, невозможно построить систему мониторинга состояния оборудования — для этого требуется наличие встроенной автоматической экспертной системы поддержки принятия решений по ближайшим неотложным действиям с оборудованием, над созданием которой ведущие западные компании работают до сих пор, лишь декларируя ее наличие в составе своих систем, но не предъявляя конкретных свидетельств успешного внедрения таковых.

Наблюдаемость процесса деградации оборудования позволяет исключить аварийные ремонты оборудования и выполнять все ремонты агрегатов по фактическому техническому состоянию в плановом порядке, что

обеспечивает 100 %-ное исключение аварийных ситуаций. Под ресурсо-сбережением необходимо понимать снижение не только расхода материальных ресурсов, но и затрат трудовых и финансовых ресурсов предприятия на устранение последствий аварий, поломок оборудования, а также убытков от простоя производства. Реальное увеличение межремонтного периода эксплуатации технологических установок до 2—5 лет, что в настоящее время требуют все компании от своих заводов, невозможно без внедрения систем мониторинга КОМПАКС® — базового элемента безопасной ресурсосберегающей эксплуатации нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, обеспечивающих наблюдаемость динамического и важнейшего статического оборудования основных технологических установок на единой программно-аппаратной платформе с передачей результатов мониторинга в единую диагностическую сеть предприятия Compacs®-Net.

На сегодняшний день системами КОМПАКС® оснащено более 10000 машин и агрегатов более 1000 типов на десятках предприятий в России и за рубежом. Совокупный ежегодный экономический эффект от внедрения всех систем КОМПАКС® превышает 10 млрд руб. Расчет чистой приведенной стоимости (NPV) инвестиций в АСУ БЭР™ КОМПАКС® показывает совокупную экономию от сокращения потерь народного хозяйства более 100 млрд руб.

На современном этапе для эффективного управления состоянием оборудования нами разработан новый продукт Compacs Asset Management (САМ™), позволяющий на основе баз данных системы КОМПАКС® автоматически формировать отчеты об эксплуатации оборудования за любой период времени, рассчитывать показатели эффективности управления эксплуатацией оборудования технологического комплекса САМ™ Index в реальном времени, а также автоматизировать процесс формирования нарядов на ремонт путем интеграции данных о состоянии оборудования из систем мониторинга КОМПАКС® в модуль ТОРО системы управления предприятием (ERP, EAM) (рис. 1).

Отчет об эксплуатации оборудования за любой период времени включает следующие разделы:

- «Надежность и безопасность»;
- «Техническое обслуживание и ремонт»;
- «Экономический эффект».

В разделе «Надежность и безопасность» анализируются базовый риск пропуска отказа оборудования, который характеризует уровень и степень оснащенности оборудования опасных производств системой мониторинга технического состояния, а также риск пропуска отказа оборудования в

процессе эксплуатации за отчетный период; кроме того, анализируется эксплуатационная надежность и техническая готовность технологического комплекса в целом.

Все это осуществляется путем автоматического расчета:

- базового риска пропуска отказа (вероятность пропуска отказа оборудования, рассчитываемая с учетом количества агрегатов 1-й и 2-й категории опасности в составе оборудования технологического комплекса, степени и периодичности контроля их технического состояния);

- динамики риска пропуска отказа (изменение уровня риска пропуска отказа оборудования за отчетный период с заданными интервалами (тренд риска)).

В том числе в данном разделе автоматически рассчитывается наработка оборудования и технологического комплекса в целом, определяются продолжительность и количество простоев в отчетном периоде, длительность остановочного ремонта.

Красным цветом на графике (рис. 2) представлены коэффициенты неготовности агрегатов в состоянии «Недопустимо», а синим — в состоянии «Требует принятия мер».

Раздел «Техническое обслуживание и ремонт оборудования» содержит количественные и качественные результаты эксплуатации оборудования, в частности объем и номенклатуру работ по поддержанию оборудования в допустимом техническом состоянии.

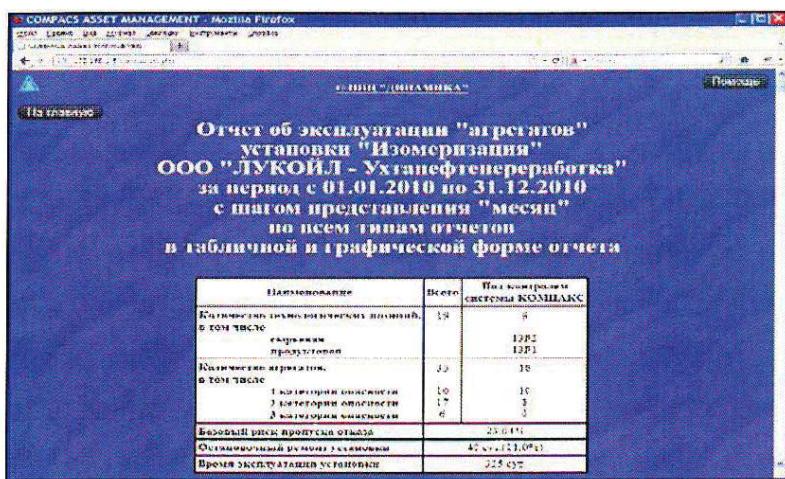


Рис. 1

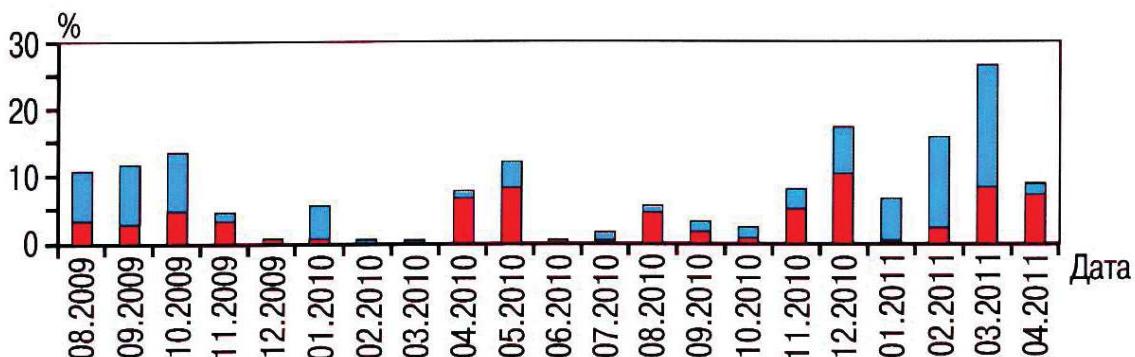


Рис. 2

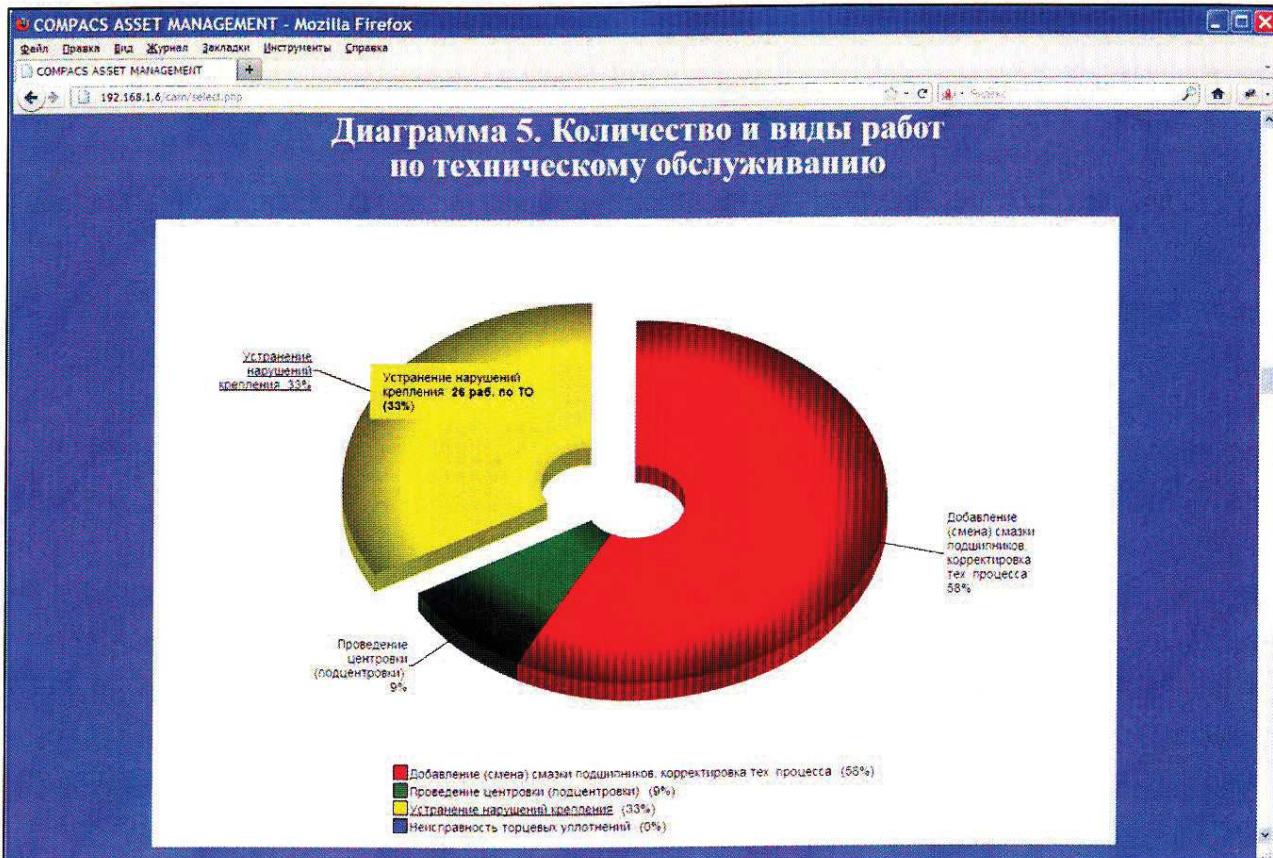


Рис. 3

В данном разделе автоматически определяются и отражаются:

- количество, качество и своевременность технического обслуживания (рис. 3) (ремонтов агрегатов, выполненных на рабочем режиме, т.е. без останова агрегата, добавление смазки, обтяжка крепления, изменение технологического режима работы и т.д.);
- количество, своевременность и оперативность полезных ремонтов (рис. 4) (ремонтов, выполненных во время останова агрегатов по показаниям системы КОМПАКС® в техническом состоянии «Недопустимо», либо «Требует принятия мер», после которого состояние агрегата улучшилось и оценивается как «Допустимо»);
- количество «неоправданных ремонтов» (ремонтов, выполненных во время останова агрегатов, в результате которых их техническое состояние после проводимых работ не улучшилось).

В разделе «Экономический эффект» автоматически рассчитывается экономический эффект от перехода к безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования на основе систем КОМПАКС®.

Иновационным инструментом эффективного руководителя является САМ™ Index, представляющий собой расчет показателей эффективности управления эксплуатацией оборудования технологического комплекса в реальном времени, например таких, как:

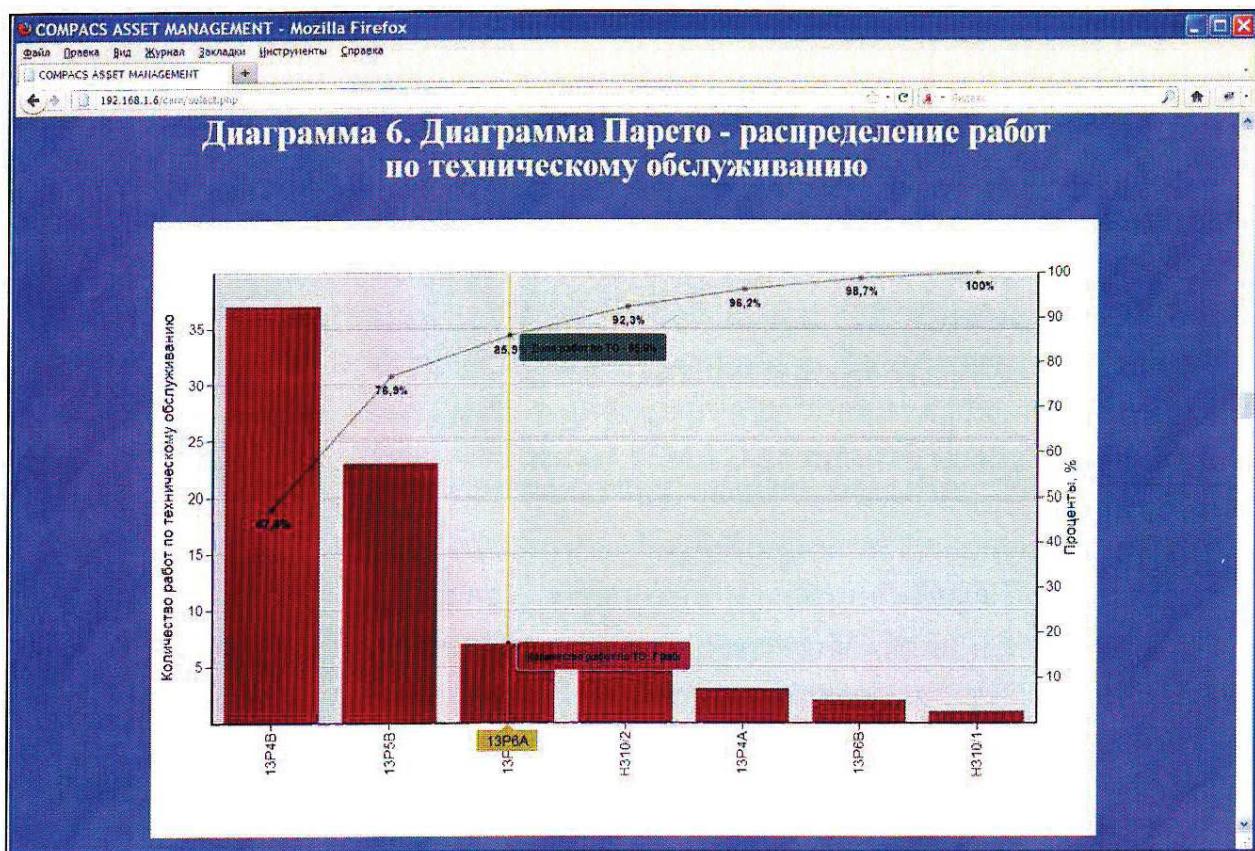


Рис. 4

— показатели финансовой составляющей CAM™ Index, отражающие финансовые результаты управления эксплуатацией оборудования, фактически являющиеся результирующими и показывающими, насколько эффективен менеджмент технологического комплекса;

— показатели клиентской составляющей CAM™ Index, отражающие, насколько бережно расходуется ресурс вверенного персоналу оборудования и насколько обеспечены надежность и техническая готовность комплекса в целом;

— показатели операционной составляющей CAM™ Index, отражающие, насколько эффективно персонал осуществляет техническое обслуживание и ремонт оборудования, и показывающие вектор дальнейшего улучшения процесса и приводят ли затраченные усилия к необходимому результату;

— показатели инфраструктурной составляющей CAM™ Index, отражающие, насколько квалифицирован персонал, регламентированы ли процедуры и операционная деятельность и соответствуют ли системы мониторинга требуемому уровню по объемам и степени оснащения оборудования.

Еще одной возможностью модуля Compacs Asset Management (CAM™) является автоматизация процесса формирования нарядов на ремонт пу-

тем интеграции данных о состоянии оборудования из систем мониторинга КОМПАКС® в модуль ТОРО системы управления предприятием (ERP, EAM).

Внедрение систем КОМПАКС® обеспечивает безопасную ресурсосберегающую эксплуатацию оборудования технологических комплексов НПЗ и НХЗ путем получения комплексной информации о его техническом состоянии в реальном времени, а также автоматического предоставления отчетов об его эксплуатации за любой период времени и показателей эффективности управления эксплуатацией оборудования технологического комплекса САМ™ Index.

## Литература

1. ГОСТ Р 53563-2009. «Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации». М.: Стандартинформ, 2010. Введен в действие с 01.01.2011 г.
2. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. — М.: Машиностроение, 2002. — 224 с.
3. ГОСТ Р 53565-2009. «Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов». М.: Стандартинформ, 2010. Введен в действие с 01.01.2011 г.
4. ГОСТ Р 53564-2009. «Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга». М.: Стандартинформ, 2010. Введен в действие с 01.01.2011 г.
5. Костюков А.В., Костюков В.Н. Повышение операционной эффективности предприятий на основе мониторинга в реальном времени. — М.: Машиностроение, 2009. — 192 с.



**Совет главных механиков  
нефтеперерабатывающих  
и нефтехимических предприятий  
России и стран СНГ**



**21-25 ноября 2011 г.  
МОСКВА**

**Организация и планирование работ  
по ремонту, реконструкции и замене  
оборудования на действующих производствах  
нефтеперерабатывающих и  
нефтехимических предприятий.  
Опыт взаимодействия предприятий  
с подрядными организациями**



Совет главных механиков  
нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий  
России и стран СНГ

Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков  
ООО «НТЦ при Совете главных механиков»

### Материалы совещания

Организация и планирование работ по ремонту,  
реконструкции и замене оборудования  
на действующих производствах нефтеперерабатывающих  
и нефтехимических предприятий

Опыт взаимодействия предприятий  
с подрядными организациями

Москва  
2012 г.

## **Содержание**

<b>Кабанов Б.С.</b> .....	7
<b>Шахназаров А.Р.</b> .....	9
<b>Микерин Б.И.</b> .....	12

### **Выступления главных механиков**

<b>Соколов В.Л.</b> .....	17
<b>Евстафьев Г.Н.</b> .....	20
<b>Наконечный Н.И.</b> .....	34
<b>Пахомов А.Н.</b> .....	36
<b>Табаков Ю.И.</b> .....	41
<b>Аргеткин С.В.</b> .....	44
<b>Лукьянов С.И.</b> .....	49
<b>Горидько В.А.</b> .....	51
<b>Пятаев К.А.</b> .....	54
<b>Зверев В.Г.</b> .....	56
<b>Спиридовон А.В.</b> .....	58
<b>Коконов Б.П.</b> .....	59
<b>Маккея В.П.</b> .....	64

### **Доклады участников совещания**

#### **Костюков В.Н., Костюков А.В.**

От систем мониторинга до технологии безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования. Результаты внедрения за 20 лет.....	67
---	----

#### **Кривоногов И.В.**

ООО «Игл Бургманн» – надежный партнер и поставщик высокотехнологичных компенсаторов на российском рынке.....	75
---	----

#### **Сосин Д.В.**

Мониторинг состояния, техническая диагностика и лазерная центровка для нефтегазовой отрасли .....	78
--	----

#### **Сурин И.С.**

Повышение межремонтного периода эксплуатации трубопроводной арматуры на основе инновационных технологий ее производства .....	85
--	----