

УДК 622.691.4.004
ГРНТИ 73.55.28

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ОБЪЕМОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ВЕЛИЧИНЫ АВАРИЙНЫХ ОСТАНОВОК КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

*Лабуть Евгений Владимирович,
Кульбей Андрей Геннадьевич*

к.т.н., доцент,

Липский Владимир Константинович

д.т.н., профессор

*Полоцкий государственный университет
ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк,
Витебская обл., Республика Беларусь*

A STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE VOLUME OF MAINTENANCE AND THE MAGNITUDE OF EMERGENCY STOPS AT COMPRESSOR STATIONS

АННОТАЦИЯ

Проанализировано количество и структура аварийных остановок при эксплуатации компрессорных станций. Проанализировано соотношение объёмов технического обслуживания и ремонта со стороны затрачиваемого времени на выполнение работ. Предложены рекомендации по минимизации количества аварийных остановок газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях.

ABSTRACT

The number and structure of emergency stops during the operation of compressor stations are analyzed. The ratio of the volumes of maintenance and repair on the part of the time spent on the work is analyzed. Recommendations on minimizing the number of emergency stops of gas pumping units at compressor stations are proposed.

Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, компрессорная станция, аварийная остановка, техническое обслуживание и ремонт.

Keywords: compressor units, compressor station, emergency stop, maintenance and repair

Газотранспортная система является неотъемлемой частью экономики, а также занимает важное место в энергетической безопасности государства. Одной из важнейших частей газотранспортной системы, являются компрессорные станции (КС). В связи с тем, что работа КС взаимосвязана, то аварийная остановка (АО) всего лишь одной станции или даже газоперекачивающего агрегата (ГПА) может повлечь за собой сбой работы всей газотранспортной системы.

Для того, чтобы минимизировать остановки КС существует система технического обслуживания и ремонта (ТОиР), реализуемая с помощью диагностики оборудования и проведения регламентных работ. Но в свою очередь, аварийные остановки КС не исключены в работе газотранспортной системы.

Также стоит иметь ввиду, что нерациональное увеличение затрат на ТОиР может не дать ожидаемого эффекта. Исходя из этого, стоит придерживаться оптимального баланса между затратами на ТОиР и максимальным предотвращением АО компрессорных станций. Мы поставили перед собой цель: оптимизировать имеющуюся систему регламентного обслуживания для минимизации количества аварийных отказов компрессорных станций.

На КС основным оборудованием является ГПА, который в свою очередь состоит из нагнетателя, редуктора и электродвигателя. Для

оптимальной работы, поддержания требуемых параметров, а также безопасной эксплуатации требуются сложные системы КИПиА, маслосистемы, электрооборудования и вспомогательного оборудования. Что в свою очередь может привести к АО КС отказ одной из вышеупомянутых систем.

Для формирования статистики аварийных отказов (АО) нами были проанализированы данные, которые были получены в время эксплуатации КС Западно-Сибирского региона за период с 2001 по 2012 гг. и КС расположенных на территории Беларуси такие, как КС «Минск» и КС «Орша» за период с 2013 по 2019 гг. Формировать статистику отказов будем в соотношении долей (процентом), подразумевая, что общее количество АО за 100%.

При формировании статистики отказов были рассмотрены КС, которые территориально находятся в Западно-Сибирском регионе, в своём составе имеют 27 ГПА с электрическим приводом (ЭГПА) двух типов СТД-4000-2 и ЭГПА-4,0/8200-56/1.26-Р, расположенных на следующих КС: «Александровская», «Вертикос», «Парабель», «Чажемто», «Володино», «Просоково». Суммарное время нахождения в работе ЭГПА составляет 805 978 часов. В данный период времени произошло порядка 170 аварийных опасных и безопасных АО [1].

При рассмотрении статистики аварийных остановок за время эксплуатации КС Западно-

Сибирского региона с 2001 по 2012 года (таблица 1), следует обозначить следующие группы, из-за сбоев в работе которых, произошли АО: сбой в работе электрооборудование, отказ систем КИПиА, перебои в электроснабжении, механические

повреждения, отказы вспомогательного оборудования, сбой в работе маслосистемы и несоблюдение правил технической эксплуатации (ПТЭ) [2].

Таблица 1.

Причины аварийных отказов ЭГПА

Год эксплуатации	Причины АО	Количество АО, шт	Весовой вклад АО, %	
			за год по КС	Всего
2001	электрооборудование	1	0,6	4,7
	механические части	1	0,6	
	ПТЭ	2	1,2	
	энергетическое снабжение	4	2,3	
2002	электрооборудование	1	0,6	8,2
	КИПиА	3	1,8	
	механические части	4	2,3	
2003	энергетическое снабжение	6	3,5	15,2
	электрооборудование	5	2,9	
	КИПиА	3	1,8	
	механические части	5	2,9	
2004	ПТЭ	2	1,2	11,1
	энергетическое снабжение	11	6,4	
	электрооборудование	3	1,8	
	КИПиА	5	2,9	
2005	механические части	1	0,6	17,0
	энергетическое снабжение	10	5,8	
	станционные систем	1	0,6	
	электрооборудование	6	3,5	
2006	КИПиА	5	2,9	7,0
	механические части	2	1,2	
	энергетическое снабжение	15	8,8	
	электрооборудование	1	0,6	
	КИПиА	3	1,8	
2007	механические части	3	1,8	3,5
	ПТЭ	1	0,6	
	энергетическое снабжение	4	2,3	
	энергетическое снабжение	5	3,5	
2008	энергетическое снабжение	9	5,3	6,4
	КИПиА	2	1,2	
2009	энергетическое снабжение	1	0,6	7,6
	механические части	2	1,2	
	энергетическое снабжение	10	5,8	
2010	энергетическое снабжение	14	8,2	8,2
	электрооборудование	3	1,8	
	КИПиА	2	1,2	
	механические части	1	0,6	
	ПТЭ	2	1,2	
2011	энергетическое снабжение	4	2,3	7,0
	энергетическое снабжение	2	1,2	
	электрооборудование	1	0,6	
	КИПиА	1	0,6	
	механические части	1	0,6	
2012	станционные системы	1	0,6	4,1
	маслосистема	1	0,6	
	энергетическое снабжение	2	1,2	
	электрооборудование	1	0,6	
	КИПиА	1	0,6	
	механические части	1	0,6	

При формировании статистики отказов, отказ каждой из систем был охарактеризован весовым коэффициентом, выраженным в %, который дал

возможность выявить его часть в статистике отказов (см. рисунок 1).

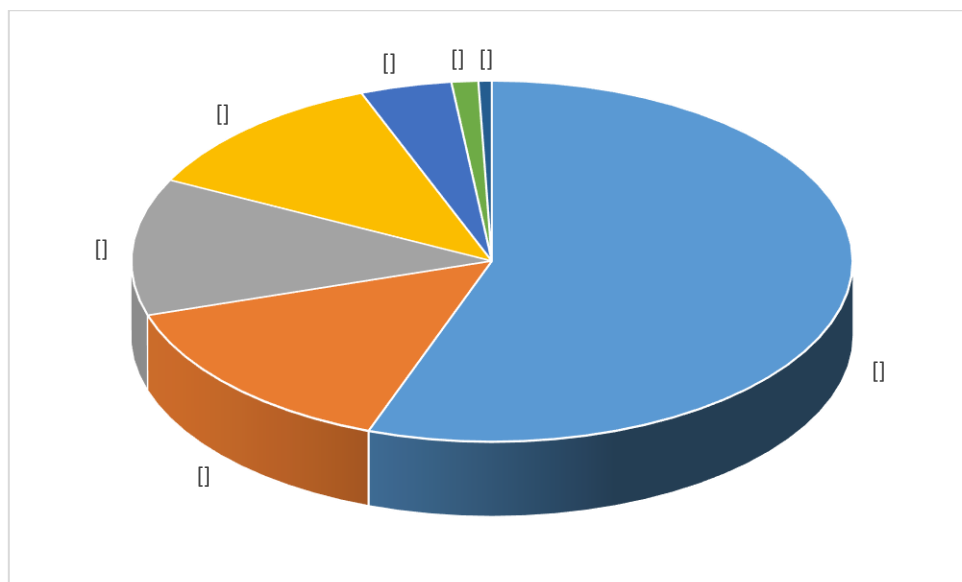


Рисунок 1. Распределение аварийных остановок ГПА с 2001 по 2012 гг. в зависимости от причин их возникновения:

1 – отказы в энергоснабжении (55,6%); 2 – отказы систем КИПиА (14,6%); 3 – отказы в работе электрооборудования (12,3%); 4 – механические повреждения (11,7%); 5 – несоблюдение ПТЭ (1,4%); 6 – сбои в работе станционных систем (1,2%); 7 – отказы маслосистемы (0,6%)

Анализируя рисунок 1 стоит отметить, что АО располагаются в следующем порядке: наибольшую долю занимают сбои в работе энергоснабжения – 55,6%; следуют за ними отказы в работе системы КИПиА – 14,6 %; третье место представлено системами с сбоями в работе электрооборудования КС и механическими повреждениями – 12,3 % и 11,7 % соответственно. Следующим идёт несоблюдение правил технической эксплуатации – 4,1 %. Замыкают данную статистику неисправности по станционным системам и маслосистемам 1,2 и 0,6 %. На основании вышесказанного можно говорить о том, что в рассматриваемый период времени выделены основные факторы, оказывающие непосредственное влияние на

картину статистики отказов и их единоличный вклад в общую суммарную составляющую.

Исходя из статистики АО, значительной составляющей являются отказы в энергоснабжении, отказы системы КИПиА, механические повреждения, отказы в работе электрооборудования.

Отказы в работе систем представлены в статистике АО исходя из временных периодов эксплуатации, которые можно увидеть на рисунке 2. Значительное количество АО произошло в 2003, 2004 и 2005 гг. (15,2%; 11,1 %; 17,0 %). Минимальные значения отказов ЭГПА отражены в 2001, 2007 и 2012 гг. (4,7 %; 3,5 %; 4,1 %).

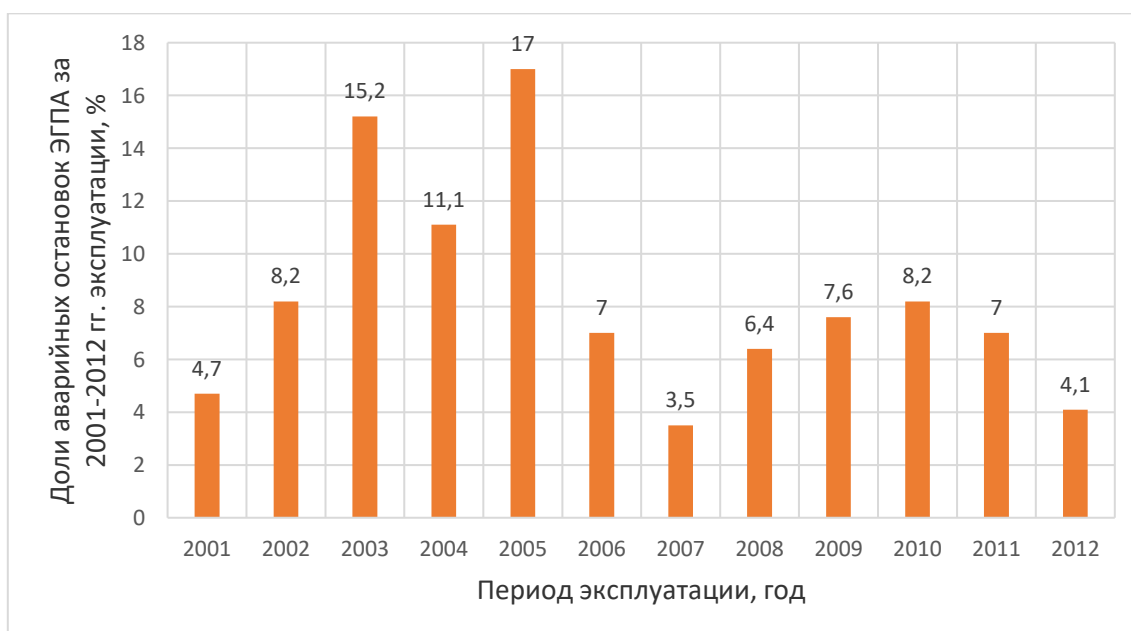


Рисунок 2. Распределение доли аварийных остановок ЭГПА в зависимости от временных периодов эксплуатации

При рассмотрении рисунка 2 можно выделить относительное уменьшение количества АО в период с 2003 по 2007 год, это возможно аргументировать тем, что на КС пришли другие специалисты по ремонту ГПА. Относительные минимальные процентные доли АО после 2010 года объясняется тем, что затраты на ТОиР ГПА увеличились.

На основании статистических данных, также следует выделить основные группы отказов систем, выделяющиеся значительными вкладами АО в общую статистику отказов опираясь на промежутки времени. В таблице 1 можно увидеть полное количество причин, их наименование и весовой вклад. Самое значительное значение групп факторов характерно для 2005 года, минимальное для 2006 и 2012 гг.

Для всех лет эксплуатации существует система, сбой в работе которой приводят к АО, этой системой является энергоснабжение КС, что мы видим из таблицы 1. Следующей по значимости проблемной системой является сбой в работе системы КИПиА.

Из таблицы 1 мы видим, что основными причинами АО являются, так же влияния

человеческого фактора, который не в меньшей мере, чем оборудование, определяет безопасную и безаварийную эксплуатацию КС. Данный фактор следует отнести к регулируемым и контролируемым параметрам, которые можно регулировать, установлением профессиональных навыков к обслуживающему персоналу КС, повышению их квалификации и безоговорочному соблюдению правил технической эксплуатации.

Рассмотрим данные по КС «Минск» и КС «Орша» расположенные на территории Беларуси. Данный КС располагают 40 ГПА с электроприводом типа СТД-4000-2. Рассмотрим период с 2013 по 2019 гг.. Общее количество отказов, произошедших на КС, составляет 18 [3].

На основании данных АО за время эксплуатации рассматриваемых КС за период с 2013 по 2019 года (таблица 2), можно выделить системы по вине которых случились АО: отказы систем КИПиА, сбой в работе электрооборудование, отказы электроснабжения, механические повреждения, сбой маслосистемы и нарушение правил технической эксплуатации (ПТЭ).

Таблица 2.

Причины отказов на КС «Минск» и КС «Орша»

Год эксплуатации	Причины АО	Количество АО, шт	Весовой вклад АО, %	
			за год по КС	Всего
2013	электрооборудование	1	5,55	11,1
	механические части	1	5,55	
2014	КИПиА	3	16,7	27,8
	энергетическое снабжение	2	11,1	
2015	электрооборудование	1	5,55	22,2
	КИПиА	2	11,1	
	ПТЭ	1	5,55	
2016	электрооборудование	1	5,55	16,7
	КИПиА	2	11,1	
2017	КИПиА	1	5,55	5,55
2018	КИПиА	1	5,55	16,7
	механические части	1	5,55	
	маслосистема	1	5,55	
2019	-	-	-	-

Можно выделить, что за 2019 год не случилось не одного отказа.

Вычислим доли причин, выраженные в %, при помощи которого определим состав общей статистики (рисунок 3).

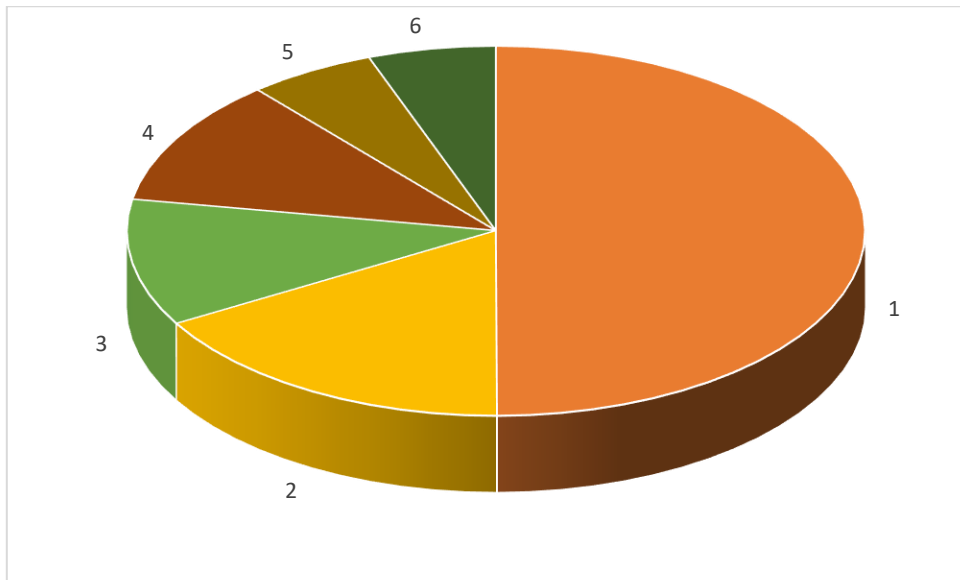


Рисунок 3. Распределение аварийных остановок ГПА с 2013 по 2019 гг. в зависимости от причин их возникновения:

- 1 – отказы систем КИПиА (50%); 2 – отказы в работе электрооборудования (16,7%);
 3 – отказы в энергоснабжении (11,1%); 4 – механические повреждения (11,1%);
 5 – несоблюдение ПТЭ (5,6%); 6 – отказы маслосистемы (5,6%)

Из рисунка 2 стоит отметить, что отказы систем находятся в следующим порядке: наибольшее значение имеют отказы в работе системы КИПиА – 50%; следующее место представлено сбоями в работе электрооборудования (16,7%); третью позицию разделяют отказы систем электроснабжения КС и механическими повреждениями – 11,1 % и 11,1 % соответственно. Замыкают статистику нарушение правил технической эксплуатации, повлекшие отказы КС и сбои в работе маслосистемы по 5,55 % каждый.

Минимальное значение АО на КС «Минск» и КС «Орша» связано с тем, что рассматриваемые КС находились в работе незначительное количество времени в период с 2013 по 2019 гг.

Следующим шагом будет объединение статистики отказов по всем КС, следовательно, итогом получится период времени с 2001 по 2019 гг. и вычислим долю АО из-за отказа/сбоя в работе каждой системы, выраженный в %, что даст возможность вычислить её значение в общей статистики отказов (рисунок 4).

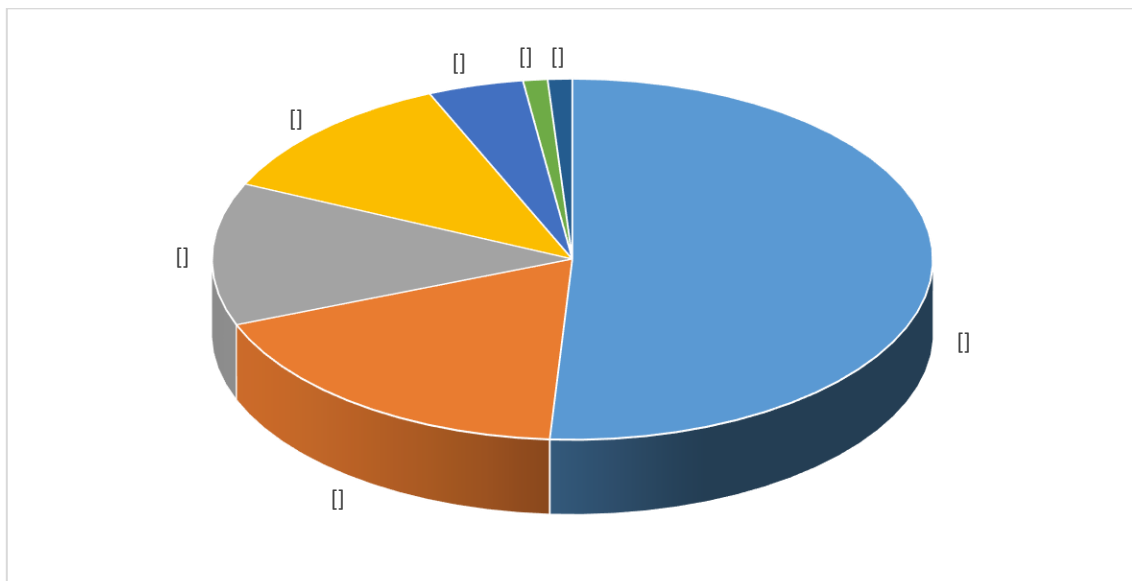


Рисунок 4. Распределение аварийных остановок ГПА с 2001 по 2019 гг. в зависимости от причин их возникновения:

- 1 – отказы в энергоснабжении (51,1%); 2 – отказы систем КИПиА (18,1%); 3 – отказы в работе электрооборудования (12,8%); 4 – механические повреждения (11,7%); 5 – несоблюдение ПТЭ (4,3%);
 6 – сбои в работе стационарных систем (1,1%); 7 – отказы маслосистемы (1,1%)

Анализируя рисунок 4 замечаем, что расстановка мест сохранилась на предыдущем уровне, как и в статистических данных АО за период 2001-2012 гг. Данную особенность обусловлена тем, что время нахождения в работе КС западно-сибирского округа было значительно больше, чем наработка КС в Беларуси за период 2013-2019 гг.

Следующим шагом произведем анализ проводимого ТОиР.

Планирование ТОиР должно происходить в предыдущем году на следующий год. ТОиР могут производить по фактической наработке, либо по временному интервалу, вне зависимости от интервала. ТОиР комплекса КИПиА и электрооборудования следует осуществлять раз в год в независимости от наработки ГПА. Производство работы по ТОиР механической части и маслосистемы, осуществляется на определённых часах наработки.

Одной из составных частей штатной работы КС является ТОиР стационарного оборудования (вспомогательного). Стоит иметь в виду, что оно подразделяется на системы КИПиА, электрооборудование и механические части.

Поэтому следует анализировать работы по ТОиР выполняемые на всем оборудовании КС с разделением на системы по такому же принципу, как и в статистике отказов.

Процесс рассмотрения ТОиР будет производиться со стороны количества времени, которое затрачивается за год на обслуживание всех систем, другими словами по трудоёмкости. Анализировать будем также в процентном соотношении, основываясь на том, что общее количество часов трудозатрат на ТОиР в год за 100% (таблица 3) [4...8].

Сделаем допущение на то, что персонал, выполняющий ТОиР и эксплуатацию, обладает требуемыми навыками качественного и безопасного выполнения работ. Также будем считать, что материально техническое снабжение и качество используемых материалов, находятся на требуемом уровне согласно нормативной документации предприятия.

ТОиР механической части и маслосистемы рассмотрим на примере среднего ремонта, который следует производить при наработке в 6000 часов после предыдущего ремонта.

Таблица 3.

Структура проводимого ТО

Основные системы	Трудоёмкость чел.-ч.	Весовой вклад в %
КИПиА	3367,89	56,4
электрооборудование	467,98	7,8
механическая часть	210,6	3,5
маслосистема	95,1	1,6
ПТЭ	30,5	0,5
стационарные системы	1798,45	30,1

Из таблицы 3 следует рисунок 5.

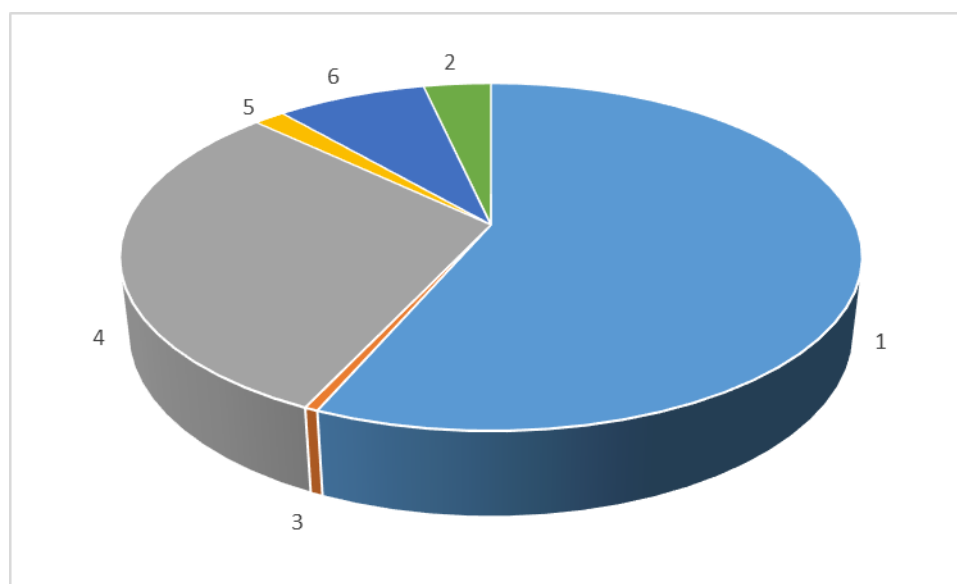


Рисунок 5. Распределение времени, затрачиваемого на ТО в зависимости от системы: 1-КИПиА; 2-механическая часть; 3-ПТЭ; 4-стационарные системы; 5-маслосистема; 6-электрооборудование

При анализе рисунка 5 можно сделать вывод, что значительную часть всего времени на ТОиР занимает система КИПиА (56,4%), так как рассматриваемая система производит управление и безопасную эксплуатацию, как основным оборудованием, так и вспомогательным. Следующее место после ТОиР системы КИПиА занимает ТОиР стационарных систем (30,1%) это можно объяснить тем, что данная система взаимосвязана с основным оборудованием и включает в себя такие важные составляющие, как электрооборудование вспомогательных систем (КНТП, КТП, ЩСУ), приточно-вытяжная вентиляция, система измерения газа. ТОиР стационарных систем в своём составе имеет такие составные части, как ТОиР систем КИПиА, механической части, электрооборудования. Третье место занимает ТОиР электрооборудования (7,8%). Четвертом месте предоставлено для ТОиР механической части (3,5%). Пятое место занимает ТОиР маслосистемы (1,6%). На заключительном месте находится проведение технической учёбы (ТУ) с обслуживающим персоналом (0,5%).

Трудозатраты на производство ТОиР на других КС могут различаться в разные стороны. На основании того, что могут комплектоваться разными системами КИПиА, электрооборудованием, различными стандартами эксплуатирующих предприятий по организации и проведения ТОиР, но несмотря на это, градация позиций останется прежней.

При производстве работ по ТОиР может измениться время производства работ из-за выявленных неисправностей, которые могут быть обнаружены только лишь в процессе частичной разборки.

Проведём сравнительный анализ рисунка 4 и рисунка 5. В основном мы видим совпадение по пунктам: наибольших трудозатрат на ТОиР систем, с АО по причине данных систем, но в свою очередь есть различия:

1. На рисунке 4 отражено, что самой значительной причиной АО является сбой в работе системы по электроснабжению (51,1%). На рассматриваемую причину влияет поставщик электроэнергии, не система ТОиР на КС. Для минимизации АО по причине сбоев в работе данной системы возможно применение резервирование электроснабжения.

2. При анализе системы КИПиА замечаем, что она на втором месте (18,1%), это связано с тем, что данная система обладает сложной структурой. На её ТОиР затрачивается значительное время, но всё же мы видим, что из-за сбоев в работе данной системы большое количество АО. На основании вышесказанного можно утверждать, что дальнейшее увеличение количества часов на ТОиР не даст должного эффекта, поэтому следует пойти по другому пути, к примеру, модернизацией оборудования, так как выбранные КС эксплуатируются с 1970-1980 гг.

3. Сбои в работе электрооборудования: в статистики отказов данная системы расположилась

на третьем месте (12,8%), такая же ситуация и по трудоёмкости ТОиР (7,8%), даже в соотношении долей они соизмеримы. Чтобы уменьшить количество отказов по вине этого оборудования, на моё усмотрение, стоит пойти путём модернизации оборудования.

4. Механические повреждения составляют 11,7%, а в производимом ТОиР 3,5%. В статистики отказов данный процент соизмерим со сбоями в работе электрооборудования, но при соотношении ТОиР механическая часть уступает практически в двое. Это связано с тем, что заблаговременное обнаружение неисправностей можно осуществить при помощи методов неразрушающей диагностики.

5. АО при несоблюдении ПТЭ составляют 4,3%, а доля трудозатрат на ТУ персонала, составляет 0,5%. Исходя из этого можно говорить про увеличение времени на ТУ, а также задействовать современные методики обучения, курсы повышения квалификации.

6. Процент отказов стационарных систем составляет 1,1%, а процент по трудозатратам на ТОиР составляет 30,1%. Как мы видим разница колоссальная, это и обусловлено тем, что данная система состоит из многих подсистем (КИПиА, электрооборудование, механической части), а также это дало свои плоды в уменьшении количества сбоев в работе рассматриваемой системы.

7. Отказы из-за маслосистемы составляют 1,1% и процент трудозатрат на ТОиР однотипен 1,6%. Поэтому можно говорить о том, что трудозатраты на проведение ТОиР достаточны для уменьшения количества отказов по вине данной системы.

Основной направлением при производстве ТОиР является сохранение надёжности оборудования КС. Также стоит учитывать, что увеличение затрат на ТОиР приведёт к минимизации отказов, но в этом следует искать оптимального соотношения.

Сделаем выводы из всего вышесказанного.

Видим непосредственную взаимосвязь системы ТОиР со статистикой АО по количеству отказов и причины. Но также существует причина АО (электроснабжение), ТОиР оборудования КС не в силах оказать влияние по причине того, что данная система зависит от сторонней организации.

Значительная часть трудозатрат на ТОиР, затрачивается на систему КИПиА, но это не даёт должного эффекта так, отказов по данной причине значительное количество. Исходя из этого следует применять поэтапную модернизацию системы КИПиА, для минимизации отказов.

Оптимальное соотношение трудозатрат и доли АО в статистики отказов характерна для электрооборудования.

Существующая система ТОиР на КС отвечает минимизации отказов по вине маслосистемы и стационарных систем. Процент сбоев в работе маслосистемы оптимальна с процентом трудозатрат на ТОиР этой системы. Но в свою очередь процент трудозатрат на ТОиР стационарных систем, значителен, исходя из этого, можно

рассмотреть вариант уменьшения трудозатрат, но главное сохраняя надёжность. Также следует учитывать, что станционные системы включают в себя системы КИПиА, механическая часть и электрооборудование, поэтому оптимизация процента трудозатрат на ТОиР следует рассматривать, опираясь на составные части. Оптимизируя трудозатраты на ТОиР учитывая особенности каждой составной части.

Также стоит сказать о том, что процент времени, затрачиваемый на ТУ персонала, незначителен. Поэтому стоит рассмотреть вариант увеличения времени обучения персонала ПТЭ.

КС эксплуатируются несколько десятков лет, следовательно, системы накопили значительный износ, на основании этого, рекомендуется модернизация всего оборудования для повышения надёжности в снабжении газом потребителей.

Исходя из всего вышесказанного, полученные рекомендации позволяют минимизировать количество АО в работе КС.

Литература

1. Борисов, Д. И., Быков, Р., Чухарева Н. В. С. Анализ факторов аварийности на компрессорных станциях Западно-Сибирского региона // Материалы конференций. 2015. URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/22902> (Дата обращения: 10.03.2020)

2. Парфенов А.В., Чухарева Н.В., Громаков Е.И., Тихонова Т.В. Определение факторов аварийности газоперекачивающих агрегатов на

примере эксплуатации компрессорных станций Западно-Сибирского региона // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2013. № 3. С 374-385.

3. ОАО «Газпром трансгаз Беларусь». Акты расследования аварийного останова ЭГПА. 2013-2019.

4. СФШИ.01.21-2011. Нормы времени и расхода материалов на техническое обслуживание и ремонт основного и вспомогательного электрооборудования: электродвигателей, силовых и измерительных трансформаторов, электрооборудования ЗРУ-10 кВ, КТП-10/0,4 кВ, аккумуляторных батарей, устройств релейной защиты и автоматики. ОАО «Белтрансгаз», 2011.

5. СФШИ.01.58-2011. Норма времени на ремонт ГПА с электроприводом типа СТД-4000-2. ОАО «Белтрансгаз», 2011.

6. СФШИ.02.33-2005. Комплекс «Электра-1-2». Регламент технического обслуживания. ОАО «Белтрансгаз», 2005.

7. СТП СФШИ.02.06-2017. Техническое обслуживание и ремонт механического оборудования газоперекачивающего агрегата с электрическим приводом типа СТД-4000-2. ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», 2017.

8. СТП СФШИ.02.119-2019. Техническое обслуживание и ремонт электроустановок энергохозяйства. Порядок организации и проведения. ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», 2019.

УДК 699.88

ГРНТИ 67.53.27

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Лапина Татьяна Ивановна

Магистрант

Владимирского государственного университета

им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,

г. Владимир.

Журавлева Наталья Вячеславовна

Научный руководитель,

ассистент кафедры Теплогазоснабжение,

вентиляция и гидравлика,

Владимирский государственный университет

им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,

г. Владимир.

АННОТАЦИЯ

Проблема коррозии всегда волновала общество. Ежегодно тратятся огромные средства для борьбы с ней. В настоящее время проблема коррозии является одной из важнейших во многих областях нашей жизни. В данной статье представлены мероприятия по повышению эффективности системы электрохимической защиты.

ABSTRACT

The problem of corrosion has always worried society. Every year, huge amounts of money are spent to fight it. Currently, the problem of corrosion is one of the most important in many areas of our life. This article presents measures to improve the effectiveness of the electrochemical protection system.

Ключевые слова: Электрохимическая защита, станция катодной защиты, системы газораспределения, анодное заземление, электроизолирующее соединение.