С.Сейфуллиннің 120 жылдығына арналған **«Сейфуллин оқулары–10: Мемлекеттің индустриалды–инновациялық саясатын құрудағы бәсекеге қабілетті кадрларды дайындау келешегі мен ғылымның рөлі**» атты Халықаралық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Материалы Международной научно-теоретической конференции **«Сейфуллинские чтения–10: Новые перспективы подготовки конкурентоспособных кадров и роль науки в формировании индустриально-инновационной политики страны»,** посвященная 120-летию со дня рождения С.Сейфуллина**.** – 2014. – Т.I, ч.3. – С.24-27

МОДЕЛИ ЖИВУЧЕСТИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ, КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

Алымов Н., Миненбаева А.

Живучесть – понятие качественное, но её можно оценить, вводя различные количественные показатели. Показатель является характеристикой одного или нескольких свойств, составляющих живучесть объекта. Выбор показателя зависит от целей исследования и объекта исследования. Показатели живучести компрессорных станции служат для оценки живучести единых, региональных и локальных трубопроводных систем, их объектов, оборудования, качества снабжения потребителей [1-6].

Показатели могут иметь общетехнический характер или применяться лишь только для трубопроводных систем. Например, показатели живучести агрегатов регламентируются государственными стандартами независимо от вида оборудования, тогда как необходимость охарактеризовать живучесть снабжения потребителей возникает именно при изучении систем энергетики, а специфика самих потребителей требует дифференцировать подход к нефте - и газоснабжающим системам. Большая часть приводимых показателей пригодна для любых систем энергетики, но есть и такие показатели, которые введены специально для КС.

Поскольку живучесть - сложное, многозначное понятие, объединяющее несколько единичных свойств, то среди совокупности показателей существуют такие, которые предназначены для оценки единичных свойств живучести, в первую очередь безотказности, ремонтопригодности и долговечности. Ряд показателей имеет комплексный характер и содержит информацию сразу о нескольких единичных свойствах. С математической точки зрения функционирование объектов КС описывается случайными процессами. Некоторые важнейшие особенности случайных процессов могут быть охарактеризованы случайными величинами. Показатели живучести являются числовыми характеристик тиками этих процессов и этих величин.

Система доставки продукции газовых месторождений до потребителей предоставляет собой единую технологическую цепочку, с месторождений газ поступает через газосборный пункт по промысловому коллектору на установку подготовки газа, где производят осушку газа, очистку от механических примесей, углекислого газа и сероводорода. Далее газ поступает на головную компрессорную станцию и в магистральный газопровод [1].

При прохождении газа по трубопроводу возникает трение потока о стенку трубы, что вызывает потерю давления. Поэтому транспортировать

природный газ в достаточном количестве и на большие расстояние только за счет естественного пластового давления нельзя. Для этой цели необходимо строит компрессорные станции, которые устанавливают на трассе газопровода через каждые 80 -120км.

К линейным сооружениям относят: собственно магистральный трубопровод; линейные запорные устройства; узлы очистки газопровода; переходы через искусственные и естественные препятствия; станции противокоррозионной защиты; дренажные устройства; линии технологической связи. Управление линейными кранами следуют предусматривать дистанционными из помещения операторной компрессорной станции, а также ручным по месту. Линейную запорную арматуру необходимо оснащать автоматическими механизмами аварийного перекрытия.

При параллельной прокладке двух и более магистральных газопроводов в одном технологическом коридоре предусматривают соединение их перемычками с запорной арматурой. Перемычки следует размещать на расстояние на менее 40км и нее более 60 км друг от друга у линейных кранов, а также до и после компрессорных станций [2].

Вспомогательные линейные сооружения магистрального газопровода принципиально не отличаются от сооружений магистрального нефтепровода. К ним относят линии связи, вдоль трассовые дороги, вертолетные площадки, площадки аварийного запаса труд, усадьбы линейных ремонтеров и т.д.

В зависимости от конкретных условий эксплуатации состав сооружений магистрального газопровода может изменяться. Так, на газопроводах небольшой протяженности может не быть промежуточных КС. Если в добываемом газе отсутствует сероводород или углекислый газ, то необходимость в установках по очистке газа от них отпадает. Станции подземного хранения газа сооружают не всегда.

Перед подачей в магистральные газопроводы газ необходимо подготовить к транспорту на головных сооружениях, которые располагает около газовых месторождений. Подготовка газа заключается в очистке его от механических примесей, осушке от газового конденсата и влаги, а также удалении, при их наличии, побочных продуктов: сероводорода, углекислоты и т.д. [3].

При падении пластового давления около газовых месторождений строят так называемые дожимные компрессорные станции, где давление газа перед подачей его на КС магистрального газопровода около крупных потребителей газа сооружают газораспределительных станции для газоснабжения потребителей.

Начнем с показателей, нашедших наибольшее распространение в теории живучести технических систем. Технические системы подразделяют на восстанавливаемые и невосстанавливаемые и для каждого из этих классов применяют соответствующие показатели.

Вероятность безотказной работы характеризует восстанавливаемые и невосстанавливаемые элементы и системы. Если ξ - время жизни или время нормального функционирования отремонтированного объекта, а $F(t)$ -

функция распределения случайной величины (с.в.) ξ, то вероятность безотказной работы [4]

$$P(t) = P\{\xi \geq t\} = 1 - F(t). \quad (1)$$

Переменная t может означать наработку или календарное время. Среднее время безотказной работы или средняя наработка до отказа определяется как

$$T = M\xi = \int_0^\infty t dF(t) \quad (2)$$

и применяется для невосстанавливаемых объектов ($M\xi$ - математическое ожидание с.в. ξ). Если объект восстанавливаемый, то следует говорить о среднем времени до первого отказа T_1 , до второго T_2 и т. д. Если все величины T_1, T_2, … равны, то показатель (2) применим и к восстанавливаемым объектам.

Интенсивность отказов - плотность вероятности отказов в момент t при условии, что до момента t отказа не было

$$\Lambda(t) = \lim_{h\to 0} \frac{F(t+h) - F(t)}{P(t)h} = -\frac{1}{P(t)}\frac{dP(t)}{dt} = -\frac{d\ln P(t)}{dt} = \frac{f(t)}{P(t)} \quad (3)$$

Здесь $f(t) = F'(t)$ плотность распределения величины ξ. Интенсивность отказов может применяться и для восстанавливаемых объектов, если среднее время ремонта мало по сравнению со средней наработкой, и им можно пренебречь, считая восстановление мгновенным [5].

Параметр потока отказов $\Lambda(t)$ - плотность вероятностей возникновения отказа восстанавливаемого элемента, определяемая для момента времени t. Обозначив ξ_i наработку после $(i - 1)$-го восстановления, а η_j - время j-го восстановления, получим

$$\Lambda(t) = \lim_{h\to 0} \sum_{k=0}^{\infty} P\left\{ t \leq \sum_{i=0}^{k} (\xi_i + \eta_i) + \xi_{k+1} \leq t + h < \sum_{i=0}^{k+1} (\xi_i + \eta_i) \right\} \quad (4)$$

Функция (3) совпадает с функцией (4), если восстановление можно считать практически мгновенным.

Для компрессорных станций, как составная часть магистрального газопровода пользуются удельным параметром потока отказов (ω), который называют также интенсивностью или частотой отказов.

По показателю ω можно сравнивать живучесть КС в различного магистрального газопровода.

Живучесть таких объектов как магистральные трубопроводы, системы добычи нефти или газа, газораспределительные сети можно характеризовать эффективностью их работы. Обозначим через q производственную мощность объекта, а через x его загрузку. Производственную мощность магистрального газопровода принято называть пропускной способностью. Обе величины q, x являются случайными. Мощность объекта может снижаться по сравнению с

номинальным значением q_0 из-за отказов его элементов. Загрузка отличается от мощности, будучи зависимой, от внешних по отношению к объекту причин. Например, трубопровод может быть загружен не полностью из-за отказов других трубопроводов, промыслов или из-за неприема продукции потребителем. Производственная мощность промысла используется не в полной мере при общем пониженном спросе или отказах системы магистрального транспорта.

Средняя частота включений оборудования (объекта) $M\nu(t)$ применяется как показатель, имеющий непосредственное отношение к долговечности. Для некоторых видов оборудования, например газотурбинных установок, степень износа зависит не только от наработки, но и от числа включений и выключений. Среднее число включений агрегата за год указывается в статистической отчетности.

Существенной характеристика, влияющей на функционирование КС, является стабильность режимов.

На газопроводах в качестве энергопривода КС используют газотурбинные установки, электродвигатели и газомотокомпресссоры – комбинированные агрегаты, в которых привод поршневого компрессора осуществляется от коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания.

Вид привода компрессорных станций и их мощность в основном определяются пропускной способности газопровода. Для станций подземного хранения газа, где требуются больше степени сжатия и малые расходы, используются компрессоры, а также газотурбинные агрегаты, которые могут обеспечивать заданные степени сжатия.

Режим работы современного газопровода, несмотря на наличие станций подземного хранения газа, являющихся накопителями природного газа, характеризуется неравномерностью подачи газа в течение года. В зимнее время газопроводы работают в режиме максимального обеспечения транспорта газа. В случае увеличения расходов пополнение системы обеспечивается за счет отбора газа из подземного хранилища. В летнее время, когда потребление снижается, загрузка газопроводов обеспечивается за счет закачки газа на станцию подземного хранения.

Оборудования и обвязка компрессорных станций приспособлены к переменному режиму работы газопровода. Количество газа, перекачиваемого через КС, можно регулировать включением и отключением числа работающих газоперекачивающих агрегатов (ГПА), изменении частоты вращения силовой турбины у ГПА с газотурбинными приводом и т.п. Однако во всех случаях стремятся к тому, чтобы необходимое количество газа перекачать меньшим числом агрегатов, что приводит к меньшему расходу топливного газа на нужды перекачки и, как следствие, к увеличению подачи товарного газа по газопроводу. Регулирование пропускной способности газопровода отключением работы отдельных КС при расчетной производительности газопровода обычно не практикуется из-за перерасхода энергозатрат на компримирование газа при такой схеме работы. И только в тех случаях, когда подача газа по газопроводу заметно снижается сравнительно с плановой, отдельные КС могут быть временно остановлены.

Переменный режим работы компрессорной станции приводит к снижению загрузки газоперекачивающих агрегатов и, как следствие, к перерасходу топливного газа из-за отклонения от оптимального КПД ГПА.

Наибольшее влияния на режим работы КС и отдельных ГПА оказывают сезонные изменения производительности газопровода. Обычно максимум подачи газа приходится на декабрь – январь, а минимум на летние месяцы года.

Для повышения эффективности работы газопровода и прежде всего для снижения мощности на транспортировку газа необходимо на выходе каждой КС устанавливать аппараты воздушного охлаждения газа. Снижения температуры необходимо еще и для сохранения изоляции трубы.

Важным фактором по снижению энергозатрат на транспорт газа является своевременная и эффективная очистки внутренней полости трубопровода от разного вида загрязнений. Внутреннее состояние трубопровода довольно сильно влияет на изменение энергетических затрат, связанных с преодолением сил гидравлического сопротивления во внутренней полости трубопровода. Создание высокоэффективных очистных устройств позволяет стабильно поддерживать производительность газопровода на проектном уровне, снижать энергозатрат на транспорт газа примерно на 10-15%.Для экономики энергоресурсов, в частности для уменьшения затрат мощности КС при перекачки газа, а также с целью увеличения пропускной способности газопровода всегда выгодно поддерживать максимальное давление газа в трубопровода.

Список литературы

1. Алымов Н. Элементы теории живучести сложных систем.: Монография - М.: Знание, 2006. 145 с.

2. Алымов Н. Математической модели живучести систем. Монография – Алматы, Изд. Print plus, 2010. – 340 с.

3. Алымов Н. Расчет показателей надежности систем магистральных трубопроводов // В сб.: Математическое моделирование научно-технологических и экологических проблем в нефтегазодобывающей промышленности. - Атырау, 2005. – Т. 3. - С. 73-74.

4. Алымов Н. Показатели живучести систем газо и нефтеснабжения, их подсистем и оборудования. // Вестник АИНГ, Атырау, 2009, № 18, 227-231.

5. Алымов Н. Некоторые вопросы повышения живучести систем транспорта // В сб.: Проблемы функционирования систем транспорта. – Тюмень, 2010, 14-19.

6. Алымов Н. Оценка показателей живучести транспортно-технологических машин, работающих в внештатном режиме. // В сб.: Проблемы функционирования систем транспорта. – Тюмень, 2010, 14-19.