

## МЕХАНИЗМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ НЕРАЗЪЁМНОГО СОЕДИНЕНИЯ В ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

О.Н. Лаврухин, В.Я. Геча, Е.В. Юркевич, Р.Н. Барбул

*Рассматриваются механизмы обеспечения надёжности неразъёмных соединений в системе электрооборудования атомной электростанции. Предложен информационный подход, позволяющий учитывать влияние разнородных факторов на неразъёмное соединение многожильного кабеля с контактным наконечником. В связи с тем, что работа такой конструкции сама по себе не опасна, но нестандартный результат её использования является опасным событием, рассматриваемое соединение представлено как система, связанная с безопасностью. В качестве отказа рассмотрен обрыв кабеля или искажение передаваемой информации в виде несоответствия характеристик токового сигнала, поступающего на кабель, и характеристик этого сигнала на клемме контактного наконечника. Рассмотрены факторы, определяющие постепенные отказы в системе «кабель – наконечник». Показано, что неразъёмные соединения жил кабеля могут относиться к классу авторезервированных средств, обеспечивающих надёжность контактов при колебаниях внешних воздействий.*

**Ключевые слова:** информационная система, надёжность неразъёмного соединения, показатели стабильности токового сигнала, область проводимости, надёжность авторезервированной системы, влияние внешней среды.

**Введение.** Особенность электрооборудования атомной электростанции – это множество факторов, воздействующих на работу контактов. В связи с тем, что в системе электрообеспечения задействованы тысячи контактов, проблема обеспечения надёжности каждого из них становится стратегической для штатного выполнения требуемых технологических функций.

В данной работе, с целью выявления условий стабильности работы системы электрооборудования атомной электростанции, рассмотрена задача изучения механизмов обеспечения надёжности неразъёмного соединения многожильного кабеля с контактным наконечником. Рассматриваемая конструкция представляет собой систему, состоящую из электрического кабеля, в котором токопроводящей составляющей является большое количество обжатых и опрессованных жил, и механически соединённого с ними контактного наконечника или соединительной гильзы.

ГОСТ 10434-82 «Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования» определяет требования к такой конструкции. В том числе: «... контактные соединения должны выполняться в соответствии с требованиями стандартов и технических условий на конкретные виды электротехнических устройств по рабочим чертежам, утверждённым в установленном порядке. Выводы электротехнических устройств должны соответствовать требованиям ГОСТ 24753-81. Неразборные контактные соединения должны выполняться сваркой, пайкой или опрессовкой. Допускается применение других методов, указанных в стандартах или технических условиях на конкретные виды электротехнических устройств».

Определяя требования к электрическим параметрам соединения контактного наконечника с другими токоведущими элементами, нормативные документы дают перечень технологий построения конструкции неразборного соединения, но критерии и условия выбора такой технологии не указываются. При этом не определяются факторы, которые необходимо учитывать для обеспечения надёжности соединения кабеля с наконечником (с учётом многожильности его токоведущей составляющей). В то же время, разнородность физических воздействий на работу электрических систем атомной электростанции, а также неопределённость геометрической формы и динамики электрохимических свойств жил кабеля существенно затрудняют расчёт надёжности работы контактов. При этом необходимость анализа численных значений надёжности предполагает отказ от экспертных качественных оценок [1].

В данной работе в качестве инварианта, позволяющего учитывать разнообразие влияний названных факторов и на каждую жилу, и на наконечник, предлагается использовать информацию. В этом случае конструкцию «кабель (включающий большое количество жил) – наконечник» рассмотрим как информационную систему, а взаимодействие жил кабеля с наконечником – как функцию передачи информации. Тогда каждая жила может быть представлена как элемент электрической цепи в горячем резерве.

Пользуясь терминологией анализа информационных систем, определим, что сбоям в работе нашей конструкции является наличие искажений в передаче информации. В качестве искажения примем отклонение напряжения на наконечнике от

значения этих величин, подаваемых на кабель. Отказом будем считать прекращение передачи токового сигнала.

Такой подход хорошо согласуется с интерпретацией основного закона теории надёжности: «Надёжность элемента (системы) зависит от величины выработанного им (ей) ресурса в прошлом и не зависит от того, как выработан ресурс» [2].

**Модель оценки надёжности информационной системы «многожильный кабель – наконечник».** В ГОСТ Р МЭК 61508 «Функциональная безопасность электрических, электронных, программных электронных систем контроля и управления, связанных с безопасностью» вводится термин «система, связанная с безопасностью», т. е. система, работа которой неопасна сама по себе, но неполучение штатного результата её работы может быть опасно. Определим, что сбой или отказ в работе рассматриваемой системы может быть следствием неправильных требований к её использованию, к средствам обеспечения её функционирования, а также некорректностью задания ограничений на влияние внешней среды.

Совокупность жил электрического провода, опрессованных под контактный наконечник, в полной мере может рассматриваться как система такого класса. Будем также полагать, что характеристики функциональной безопасности являются множеством, пересекающимся с характеристиками надёжности, прописанными в ТУ на электрические схемы атомной электростанции.

ГОСТ Р МЭК 61508 определяет, что для обеспечения функциональной безопасности требуется выделение элементов рассматриваемой системы, отвечающих за надёжность выполнения заданных функций. В терминах данной работы требуется выявление характеристик рассматриваемой конструкции, определяющих надёжность передачи информации без искажений.

Итак, имеется неразъёмное соединение совокупности жил электрического провода и наконечника. Нормативный документ [3] определяет функциональную надёжность, как готовность системы к выполнению штатных задач. В данной работе рассматриваемую конструкцию будем считать готовой к их выполнению, если искажение в токовом сигнале, передаваемом по кабелю (в нашем понимании – искажение информации, содержащейся в сообщении), определяет надёжность соединения не ниже величины, указанной в ТУ на электрическую систему.

Согласно определению академика А.А. Харкевича, ценность сообщения  $\zeta$  не зависит от количе-

ства содержащейся в нём информации, но определяется как разница между апостериорной  $P_2$  и априорной  $P_1$  вероятностями достижения цели данного сообщения [4]:

$$\zeta = P_2 - P_1.$$

Оценка надёжности работы рассматриваемой конструкции предполагает необходимость рассмотрения информационной передачи в каждой из электропроводящих жил кабеля. Величину  $\zeta$  определим как ценность передачи токового сигнала по всему кабелю, т. е. по совокупности элементов системы «многожильный кабель – наконечник» в горячем резерве. Для характеристики качества информационной передачи по отдельной жиле введём понятие «Информационный импульс».

В данной работе информационный импульс предлагается рассматривать в виде сочетания качественной и количественной характеристик информации, передаваемой по одному элементу информационной системы. В нашем случае таким элементом является жила многожильного кабеля. Численно информационный импульс определим в виде произведения ценности передаваемой информации (она не зависит от размера сообщения) на количество информации, передаваемой по одной жиле. Предполагаем, что информация, передаваемая по всему кабелю и по различным жилам, имеет одинаковую ценность, хотя в общем случае это может быть не верным.

Примем, что в результате передачи по одной жиле токового сигнала (в нашей терминологии – информационного сообщения) размером  $i$  возникает приращение вероятности достижения цели этого сигнала. Величина информационного импульса  $\xi$  характеризует ценность работы данной жилы для передачи данного сигнала:

$$\xi = \zeta i.$$

Будем полагать, что в случае дискретного действия сумма нескольких импульсов равна их равнодействующей. При непрерывной подаче токового сигнала ценность использования данного контакта предлагается рассчитывать как интеграл приращения вероятности передачи сообщения без сбоев и отказов от момента начала до конца использования контакта.

Важными факторами, влияющими на надёжность рассматриваемого неразъёмного соединения, являются особенности носителей информации. Для их характеристики введём авторское понятие «Ин-

формационного потенциала». Под информационным потенциалом  $N$  предлагается понимать характеристику носителя информации в виде произведения его пропускной способности, как канала связи между элементами системы  $\eta$ , и информационного импульса передаваемого сообщения  $\xi$ :

$$N = \eta \xi.$$

Таким образом, наша задача сводится к изучению условий максимизации информационного потенциала системы при ограничениях на минимальную величину пропускной способности канала связи между её элементами. Анализ факторов, определяющих пропускную способность канала в виде многожильного кабеля, опрессованного под контактный наконечник, показал, что характеристиками, определяющими функциональную надёжность рассматриваемой конструкции являются:

- электрическая стабильность, определяемая величиной переходного сопротивления;
- механическая стабильность, характеризуемая вибропрочностью на растяжение;
- устойчивость к климатическим воздействиям (в том числе, химическая стойкость).

Нами принято, что рассматриваемая конструкция в начале использования работоспособна, т. е. вероятность достижения цели использования данного контакта до подачи токового сигнала не равна нулю ( $\zeta_0 > 0$ ). Следовательно, будем полагать, что система обладает внутренним информационным потенциалом, т. е.  $N_0 = \eta \zeta_0 > 0$ .

**Электрическая стабильность.** На величину переходного сопротивления в соединении многожильного кабеля и наконечника воздействуют весьма разнородные факторы. В силу невозможности дифференцированной оценки влияния каждого из них в данной работе эта задача рассматривается как слабо формализуемая.

Согласно ГОСТ 10434-82, рекомендуемой технологией реализации электрического соединения в каналах информационной связи является обжим и пайка жил, являющихся токопроводной частью электрического провода. На основании статистического анализа конструктивных параметров, определяющих электрическую стабильность неразъёмного соединения, выделим высоту и ширину обжима контактов, а также высоту выплеска. При этом установление надёжности контакта можно свести к оценке соответствия высоты обжима жил каждого кабеля диаметру контактного наконечника.

Следует отметить, что одной из особенностей соединений обжимом является то, что в них соединительный элемент прижимается к проводу, а не наоборот. В идеальном обжимном соединении вся поверхность жилы, входящей в кабель, должна являться проводником. В этом случае электрическое переходное сопротивление можно было бы не принимать во внимание вследствие его малости. В терминах данной работы определим, что при такой высокой пропускной способности канала связи информация должна передаваться без искажений.

В реальном соединении ток проводят только очаги проводимости, находящиеся на поверхности жилы. Из-за локализации этих очагов линии тока вынуждены стягиваться к местам их расположения и искривляться. Такое стягивание и искривление ведёт к увеличению электрического сопротивления прохождения тока в очагах проводимости. Следовательно, из-за изменений в пропускной способности канала связи между кабелем и наконечником возникают искажения информации.

Итак, обеспечение надёжности работы нашей информационной системы по характеристике электрической стабильности предполагает необходимость формирования технологии обжима в виде взаимообразного вдавливания материалов клеммы и жил провода по критерию максимизации очагов проводимости.

**Механическая стабильность, вибропрочность на растяжение.** Анализ влияния механических воздействий на стабильность характеристик передаваемого информационного сигнала показали, что электропроводность рассматриваемой конструкции прямо пропорциональна величине усилия сжатия. При этом площадь контакта обжимного соединения должна быть не меньше поперечного сечения жилы.

Важной особенностью конструирования установок, приборов или машин, работающих в температурных условиях атомной электростанции, является необходимость учитывать тепловое изменение линейных размеров контактов. В соответствии с законами реакций на тепловые воздействия обжимные соединения должны изготавливаться из металлов с одинаковым температурным коэффициентом расширения. В противном случае, при смене температуры, возможен сдвиг одного металла относительно другого, вследствие чего искажается передаваемая информация, так как изменяется пропускная способность канала связи.

Особенностью наконечника, как упругого тела, является его способность восстанавливать первоначальные размеры и форму после того как пере-

стали действовать внешние силы. Это свойство определяет силы трения, механически удерживающие соединение, т. е. обеспечивающее информационную передачу в данной конструкции.

Важным фактором обеспечения надёжности работы рассматриваемого соединения «многожильный кабель – наконечник» является недопущение пластических деформаций жил кабеля при холодном формовании. Когда давление на обжимаемые поверхности переходит предел упругости, материал начинает течь, и возникают искажения в информационной передаче. Для использования в качестве электрических контактов предпочтительными являются пластичные металлы, так как в них возникают значительные зоны полной проводимости.

Отношение разности первоначальных и конечных геометрических размеров обжимного соединения в течение заданного времени, при заданной температуре и заданном времени восстановления к его первоначальной толщине определяет его остаточную деформацию. Исходя из оценки влияний этого фактора предпочтительной технологией стабилизации надёжности контакта является формирование упругой деформации кабеля в результате пластических деформаций обжатого на него наконечника.

**Устойчивость к климатическим воздействиям, химическая стойкость.** На протяжении всего времени работы проводные линии подвергаются влиянию большого ряда воздействий окружающей среды, в том числе колебаниям температуры, влаги и т. п. Одним из наиболее существенных факторов, влияющих на надёжность работы систем электрического обеспечения атомной электростанции, является динамика электрохимических свойств материалов токонесущих частей.

Например, при вступлении соединяемых металлов в молекулярную связь, проникновение между ними воздуха или промышленных газов должно устраняться. Однако на соприкасающихся поверхностях обжим вызывает пластическую деформацию. В результате в площади контакта образуются разрывы, и внешняя среда, проникая в пространство между деформированными поверхностями жил и наконечника, вызывает коррозию, дополнительно сокращая эту площадь.

В настоящее время неизвестно строгое описание механизма влияния физико-химических процессов в элементах рассматриваемой системы на надёжность прилегания жил кабеля. Поэтому для описания устойчивости контактов к химическим и климатическим воздействиям наиболее часто используются статистические методы.

Анализ влияния внешней среды на формы участков проводимости, их размеры и расстояния между ними, при неравномерности их расположения, показал, что для обеспечения надёжности контакта расположения материалов жил и наконечника в электрохимическом потенциальном ряду рационально использование критерия минимума разницы их потенциалов. Важным решением в реализации такого подхода является оптимизация сочетания электрохимических свойств материала провода и характеристик внешней среды.

**Методология оценки надёжности неразъёмного соединения.** Разнообразие природы факторов, влияющих на пропускную способность каналов связи в информационной системе «многожильный кабель – наконечник», определило вид статистической зависимости (1), позволяющей оценить участие этих факторов в формировании информационного потенциала рассматриваемой конструкции:

$$\eta = f(L, P, S), \quad (1)$$

где:  $\eta$  – пропускная способность неразъёмного соединения как канала связи в системе «многожильный кабель – наконечник»;  $L$  – множество целей использования электрических цепей в атомной электростанции, в которые входит неразъёмное соединение ( $L$  характеризуется фиксированными значениями напряжения и силы тока, обеспечивающими достижение каждой из целей использования данного контакта);  $P$  – множество функций неразъёмного соединения ( $P$  характеризуется длительностями подачи сигнала и частотами смены величин напряжения и тока, определяющими выполнение каждой из функций, входящих в это множество);  $S$  – множество условий работы неразъёмного соединения ( $S$  характеризуется параметрами внешней среды, определяющими внешние воздействия на данное неразъёмное соединение).

Особенностью величины  $\eta$  является зависимость её значений от воздействия факторов, определяемых множеством  $S$ . Будем полагать, что срок службы рассматриваемой конструкции неразъёмного соединения определяется календарной продолжительностью работы контакта до первого сбоя или первого отказа.

В терминах данной работы расчётный срок службы неразъёмного соединения должен определяться временем до предельного состояния величины  $\eta$ . Изменение величины  $\eta$  представим как непрерывную функцию времени. При штатной работе контакта срок его службы определяется скоростью

износа  $U$ , т. е. скоростью протекания процесса потери работоспособности и предельно допустимым значением параметра  $\eta$ , определяющим величину  $U_{\max}$  (рис. 1, а).

В то же время возможны внезапные отказы, причина которых не связана с постепенным изменением пропускной способности каналов связи. Они обусловлены сочетанием неблагоприятных факторов, например, поломкой вследствие ударов, выходом из строя элементов электроники и т. д. При этих отказах параметры неразъёмного соединения меняются скачкообразно, и его эксплуатация приостанавливается.

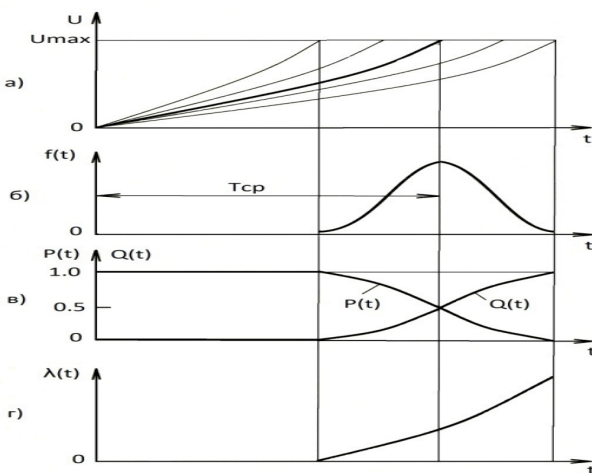


Рис. 1. Характеристики надёжности при постепенных отказах

Поскольку разброс параметров неразъёмного соединения порождает изменение износа в виде случайных процессов. В этом случае, средний срок службы  $T_{\text{ср}}$  является случайной величиной с законом распределения  $f(t)$  и средним значением  $T_{\text{ср}}$  (рис. 1, б):

$$T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} t f(t) dt.$$

На рис. 1, в представлены вероятность безотказной работы  $P(t)$  и вероятность отказа  $Q(t)$ . Вычислительный эксперимент показал, что при фиксированном среднем сроке службы  $T_{\text{ср}}$ , для симметричной плотности  $f(t)$  кривые  $P(t)$  и  $Q(t)$  пересекаются на уровне вероятности 0,5.

В этом случае вероятность безотказной работы может быть представлена как:

$$P(t) = 1 - F(t) = 1 - Q(t),$$

где:  $F(t)$  – функция распределения срока службы, и

$$Q(t) = F(t) = \int_0^t f(t) dt,$$

то 
$$P(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_0^{\infty} f(t) dt.$$

Практически вероятность безотказной работы, как это следует из рис. 1, при малых значениях сроков службы ( $t \ll T_{\text{ср}}$ ) близка к единице, при  $t = T_{\text{ср}}$  равна 0,5, а при  $t \gg T_{\text{ср}}$  равна нулю, так как обычно время использования средств управления функциональными блоками атомной электростанции не превышает средний срок их службы.

Вероятность отказа имеет противоположный характер, поскольку она дополняет  $P(t)$  до единицы. На рис. 1, в представлена интенсивность отказов, для которой справедлива формула  $\lambda(t) = f(t)/P(t)$ .

Особенностью использования выражения (1) является то, что при нарушении взаимодействия любой пары электропроводных жил токовый сигнал может проходить через другие жилы в токопроводящем элементе кабеля. Следовательно, задачу оценки надёжности взаимодействия кабеля с колпаком можно рассматривать как оценку предельных значений показателей безотказности авторезервированной системы, где резервирование осуществляется в процессе функционирования без дополнительных внешних воздействий.

Важным фактором повышения надёжности рассматриваемого соединения могло бы стать увеличение числа жил в кабеле. Это объясняется возрастанием вероятности наличия в резерве жилы с исправным контактом, который обеспечит безотказное функционирование всего кабеля при обрыве части жил. Однако размер наконечника строго регламентирован требованиями к конструктивному исполнению электрических цепей. Следовательно, увеличение количества жил предполагает необходимость уменьшения их диаметра.

Рассмотренные свойства многожильного кабеля  $\{z_j, j=1, 2, 3\}$  показывают, что уменьшение диаметра жил обуславливает появление дополнительных искажений в информационной передаче и уменьшение пропускной способности канала связи в целом. Значит, в соответствии с выражением (1) для каждой цели, функции и/или условия использования токопроводящих жил существует граница допуска информационного потенциала кабеля, взаимодействующего с наконечником.

В качестве характеристики запаса устойчивости неразъёмного соединения, определяемого его наработкой до отказа, в данном случае предлагается рассматривать разницу между значениями пропускной способности как канала связи, определённого в ТУ на систему электрообеспечения, и фактическим значением, рассчитанными с помощью выражения (1). Такая характеристика запаса устойчивости может рассматриваться как условие, определяющее методологию формирования мониторинга состояния контактов в системе электрообеспечения.

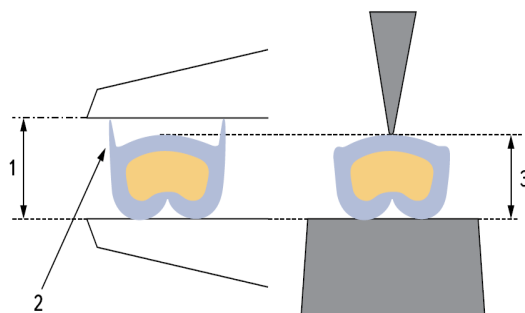
Теоретическое обобщение полученных практических результатов позволяет сформулировать условие функциональной надёжности технологии обжима при отсутствии помех в её реализации: *Если функциональная надёжность реализации технологии обжима не меньше функциональной надёжности работы системы электрообеспечения, то при отсутствии внешних помех пару многожильный кабель – контактный наконечник всегда можно построить так, что её работа будет удовлетворять требованиям ТУ на систему электрообеспечения без дополнительных устройств и адаптеров.*

Использование данного условия определило рекомендации по организации технологического обеспечения производства рассматриваемых контактных пар:

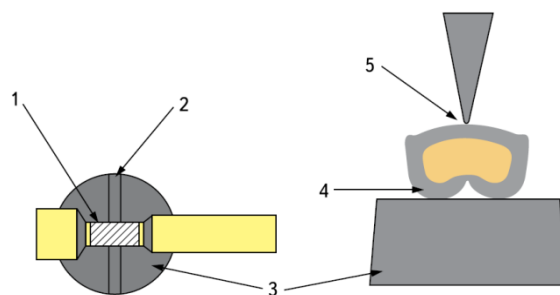
1. Требуется контроль соответствия высоты и ширины обжима, а также высоты выплеска контактного наконечника пределам, определённым техническими требованиями производителя. При этом инструмент для измерения высоты обжима должен иметь плоскую лопасть с одной стороны и точечный контакт – с другой (рис. 2). Наличие избыточного заусенца на наконечниках может явиться признаком изношенности обжимных пяток инструмента.

2. Контактный наконечник должен позиционироваться так, чтобы закрученная сторона обжима была перпендикулярна и расположена плоско относительно грани лопасти пятки микрометра (рис. 3). Если контактный наконечник наклонён, то измерение может быть некорректным.

3. Верхний точечный контакт (игла/измерительный наконечник микрометра) должен располагаться в центре области обжима для измерения самой высокой части обжима. Если верхний контакт находится не в центре обжима, то измерение высоты обжима может быть неправильным. Наконечник должен находиться под правильным углом к пятке (в горизонтальной плоскости).



**Рис. 2. Определение высоты опрессовки контакта: 1 – некорректное измерение высоты (использование штангенциркуля); 2 – заусенец; 3 – корректное (истинное) измерение высоты (использование микрометра высоты обжима)**



**Рис. 3. Позиционирование контактного наконечника: 1 – область обжима; 2 – грань лопасти пятки микрометра; 3 – пятка микрометра; 4 – закрученная сторона обжима, лежащая ровно на пятке микрометра; 5 – измерительный наконечник микрометра, позиционированный в центре области обжима**

Упругая деформация вызывает обратимое изменение объёма токопроводящих элементов. Например, при всестороннем сжатии, равном  $100 \text{ кгс/мм}^2$ , для стали обратимое изменение объёма составляет 0,6%, для меди – 1,3%. Требуется контроль того, чтобы смещение материала контактов в новые положения равновесия не приводило к нарушению его сплошности.

По результатам полученных экспериментальных значений построен сравнительный график (рис. 4). На нём видно, что разброс значений усилия отрыва клеммы от провода значительно меньше в случае правильного применения инструмента, т. е. что обжим получается практически во всех случаях одинаковым.

Полученная статистика разброса значений усилий отрыва клеммы от провода определяет необхо-

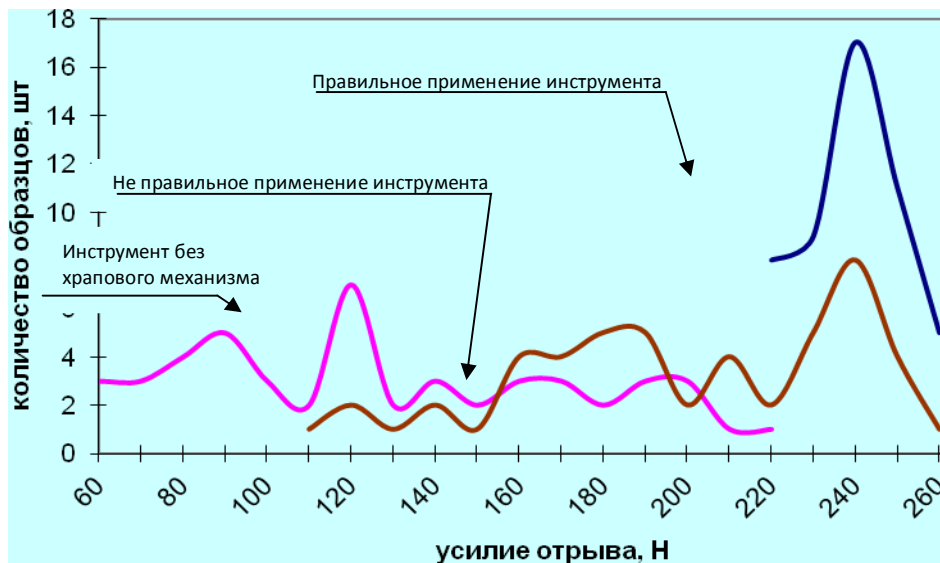


Рис. 4. Сравнительный график обжима тремя разными инструментами

димось формирование специальных требований к корректности использования инструментов.

В целом обеспечение надёжности работы систем электрообеспечения функциональных блоков атомной электростанции во многом зависит от конкретности выбора технологического оборудования.

Переход от характеристики параметров рассматриваемой системы к характеристике выполнения её функций позволил перейти от методологии оценки структурной надёжности неразъёмного соединения к оценке динамики отказов его функционирования. В нашем случае срок службы оценивался через процент износа кабеля, т. е. как процесс потери возможности информационной передачи, характеризуемой достижением предельно допустимого значения информационного потенциала, определяющего работоспособность соединения «многожильный кабель – наконечник» как авторезервированной системы.

**Выводы.** Обобщение особенностей обеспечения надёжности работы системы, включающей в себя неразъёмные соединения в электрооборудовании атомной электростанции, выявило необходимость постановки проблемы создания методологии, оценки функциональной надёжности этой конструкции как сложной системы, т. е. характеризуемой не параметрами, а результатами выполнения функций её элементов.

Поступила в редакцию 18.04.2016

Анализ взаимодействия электрического кабеля, имеющего токопроводящий элемент в виде большого количества обжатых и опрессованных жил, с механически соединённым кабельным наконечником показал возможность оценки вероятности получения ожидаемого результата работы рассматриваемой конструкции при слабоформализуемых характеристиках её элементов. Введение показателя надёжности передачи информации (как инварианта оценки безотказности выполнения функций системы) позволило рассмотреть условия электрической и механической стабильности при взаимодействии функционирования неразъёмного соединения многожильного кабеля с наконечником.

#### Литература

1. Юркевич Е. В. Введение в теорию информационных систем / Е. В. Юркевич. – М. : ИД «Технологии», 2007.
2. Седакин Н. М. Об одном физическом принципе теории надёжности // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1966. – № 3. – С. 80 – 87.
3. Технический отчёт ISO/IEC TR 19760. Первое издание 2003-11-15. Проектирование систем – Руководство по применению ISO/IEC 15288 (Процессы жизненного цикла).
4. Харкевич А. А. О ценности информации // Проблемы кибернетики. – 1961. – Вып. 4.

Олег Николаевич Лаврухин, заместитель начальника цеха,  
т. (916) 562-41-03, e-mail: oleg-lavr@efndex.ru.

**Владимир Яковлевич Геча**, заместитель генерального директора,  
д-р техн. наук, т. (495) 365-26-69, e-mail: vniiem@vniiem.ru.  
**Руслан Николаевич Барбул**, заместитель генерального директора,  
т.(495) 366-12-01, e-mail: vniiem@vniiem.ru.  
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»).

**Евгений Владимирович Юркевич**, д-р техн. наук,  
зав. лабораторией, т. (916) 318-86-77, e-mail: yurkevitch.evgenij@yandex.ru.  
(Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).

## PERMANENT JOINT RELIABILITY MECHANISMS of the NUCLEAR POWER PLANT ELECTRIC EQUIPMENT

O.N. Lavrukhin, V.Ia. Gecha, E.V. Iurkevich, R.N. Barbul

*Permanent joint reliability mechanisms of the nuclear power plant electric equipment are revised in the article. Informational approach is suggested that allows considering the impact of dissimilar factors on the permanent joint of the multicore cable with the terminal clamp. Due to the fact that the operation of that structure itself is not dangerous but the off-nominal result of its implementation is considered to be a hazardous event, the revised joint is represented in a form of a system, related to security. Cable breakdown is revised as a potential failure event as well as the distortion of the transmitted data in the form of mismatch between the current signal parameters transferred to the cable and the parameters of that signal on the terminal clamp. Various factors are being revised which determine the gradual failures in the "cable – terminal" system. It is demonstrated that the permanent joints of the cable cores may be referred to the automatic backup instruments, providing contacts reliability during the disturbances from external factors.*

**Key words:** Informational system, reliability of the permanent joint, current signal stability parameters, conductance area, reliability of the automatic backup system, external factors influence.

### List of References

1. Iurkevich E. V. Introduction to the information systems theory / Iurkevich E. V. – М. : Publishing house 'Технологии', 2007.
2. Sediakin N. M. Regarding the physical principle of the reliability theory // Izvestiya of USSR Academy of Science. Engineering cybernetics. – 1966. – № 3. – P. 80 – 87.
3. Technical report ISO/IEC TR 19760. First edition 2003-11-15. System designing – Applications guide ISO/IEC 15288 (Life cycle processes).
4. Kharkevich A. A. Regarding the information value // Cybernetics issues. – 1961. – Issue 4.

**Oleg Nikolayevich Lavrukhin**, Deputy Shop Foreman,  
tel. (916) 562-41-03, e-mail: oleg-lavr@efindex.ru.

**Vladimir Iakovlevich Gecha**, Deputy Director General,  
Doctor of Technical Sciences, tel. (495) 365-26-69, e-mail: vniiem@vniiem.ru.

**Ruslan Nikolayevich Barbul**, Deputy Director General,  
tel. (495) 366-12-01, e-mail: vniiem@vniiem.ru.  
(JC 'VNIEM Corporation').

**Evgenii Vladimirovich Iurkevich**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.),  
Head of Laboratory, tel. (916) 318-86-77, e-mail: yurkevitch.evgenij@yandex.ru.  
(V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences).