

## Перепрограммируемые усилители-преобразователи сигналов термопар и термометров сопротивления

Белозёров Е.Н., Мосов А.В., Солодовников Д.В., ЗАО НПК «ЭТАЛОН»

Индивидуальная градуировка первичного преобразователя температуры - один из эффективных методов уменьшения погрешности измерения температуры с



использованием термопар и термометров сопротивления. В результате индивидуальной градуировки пользователь определяет действительную статическую характеристику (ДСХ) первичных преобразователей в виде степенных полиномов по ГОСТ Р 8.585-2001 (для термопар) и по ГОСТ Р 8.625-2006 (для термометров сопротивления).

Для преобразования индивидуальной ДСХ первичного преобразователя промышленность выпускает лабораторные приборы, которые имеют отличные метрологические характеристики (например, прецизионный измеритель-регулятор МИТ8.10). Но эти приборы не предназначены для работы в тяжёлых условиях эксплуатации корабельных энергетических установок (по температуре, вибрации, воздействия электромагнитного и других излучений).

По заданию министерства обороны для нужд военно-морского флота ЗАО НПК «Эталон» (г. Волгодонск) разработаны одноканальные перепрограммируемые усилители-преобразователи моделей ПНУ-ТП и ПНУ-ТС, которые предназначены для преобразования индивидуальной ДСХ первичных преобразователей 100П, 50П, ХА(К) и ХК(L) в диапазоне температур от минус 50 до 900°C в токовый выходной сигнал от 4 до 20 мА и цифровой выходной сигнал по интерфейсу RS-485. Предел допускаемой основной погрешности по токовому выходу  $\pm 0,25\%$ , по цифровому выходу  $\pm(0,4 + 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot |t|)$ .

Усилители-преобразователи разработаны на отечественной элементной базе.

Усилители-преобразователи позволяют без демонтажа их с объекта оперативно (в течение 10 минут) изменять функцию преобразования для конкретной ДСХ первичного преобразователя.

В электрической схеме усилителей запоминаются кратковременные (до 1с) события - замыкания и обрывы входных цепей, резкие скачки входного сигнала с возможностью последующего считывания указанной информации через цифровой выходной сигнал. Количество запоминаемых событий не менее 200.

Разработана бездемонтажная методика поверки усилителей.

По окончании разработки проведены испытания на надёжность (16 приборов в течении 5000 часов) и межведомственные испытания, совмещённые с испытаниями в целях утверждения типа, по результатам которых получено свидетельство об утверждении типа средств измерения.

Самым наглядным примером проверки работоспособности усилителей служат результаты измерения погрешности выходных сигналов усилителей ПНУ-ТП и ПНУ-ТС с подключёнными первичными преобразователями, которые термостатированы в паровом термостате, а усилители расположены в камере тепла и холода.

Было испытано шесть усилителей, по три штуки каждой модели.

При подготовке к испытаниям была проведена градуировка кабельных термопар диаметром 3 мм с изолированным спаем с НСХ ХА(К) и ХК(L) на температурах 0, 100, 200 и 300°C. По результатам градуировки были рассчитаны коэффициенты аппроксимирующего полинома пятой степени для каждой термопары.

Усилители ПНУ-ТП были перепрограммированы по рассчитанным полиномам для градуированных термопар.

Усилители ПНУ-ТС были перепрограммированы по рассчитанным полиномам для эталонных термометров 3-го разряда ЭТС-100;.

Схема проведения измерений показана на рис. 1

Во время испытаний определялась температура в паровом термостате двумя группами приборов (для ПНУ-ТП):

- с помощью прецизионного измерителя-регулятора температуры МИТ-8.10 и эталонного термометра 3-го разряда ЭТС-100;

- с помощью усилителя ПНУ-ТП и отградуированной термопары.

Во время испытаний определялась температура в паровом термостате двумя группами приборов (для ПНУ-ТС):

- с помощью прецизионного измерителя-регулятора температуры МИТ-8.10 и эталонного термометра 3-го разряда ЭТС-100;

- с помощью усилителя ПНУ-ТС и другого эталонного термометра 3-го разряда ЭТС-100.

Во время испытаний усилители ПНУ-ТП и ПНУ-ТС находились в камере тепла и холода при температурах минус 10, плюс 25 и плюс 55°C. Процесс измерения проводился через 2 часа после установления температуры в камере тепла и холода.

Погрешность измерения определялась как разница между показаниями МИТ8.10 и испытываемыми ПНУ.

Погрешность МИТ8.10 и эталонных термометров сопротивления в результатах измерений не учитывалась

Результаты определения погрешности выходных сигналов усилителей в виде графиков показаны на рисунках 2 и 3, погрешности токового и цифрового сигналов усилителей не превышают заданных пределов (указаны границы)

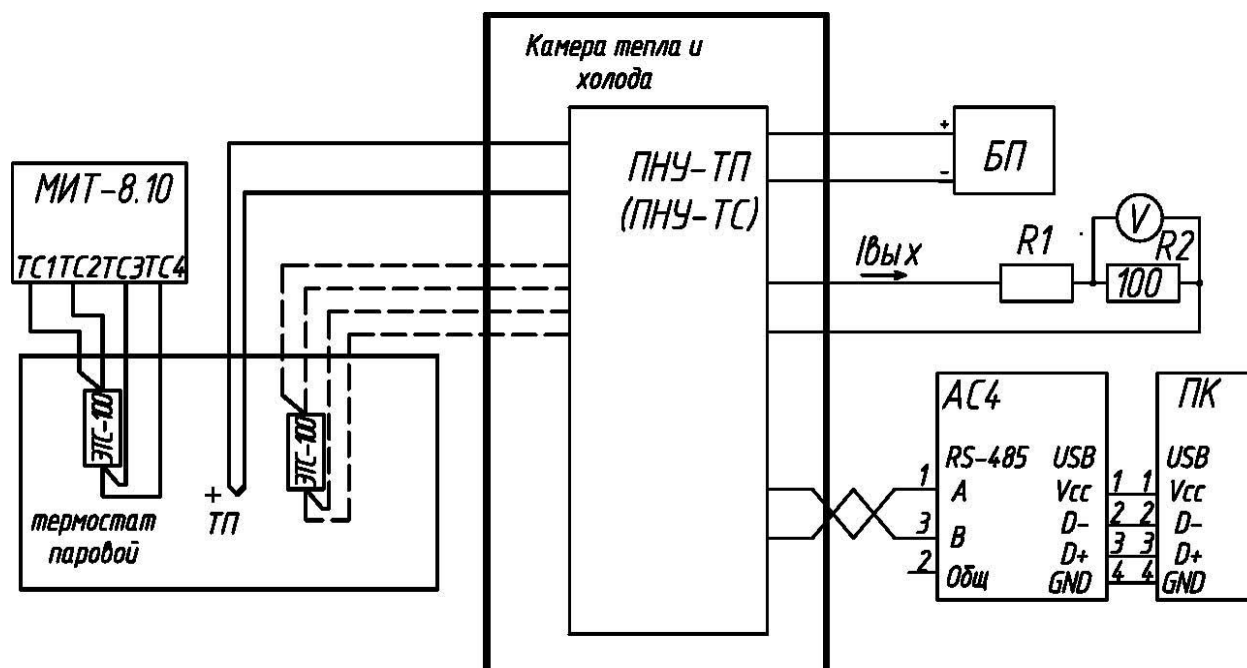


Рис. 1 Проверка дополнительной погрешностей выходных сигналов ПНУ-ТП и ПНУ-ТС при изменении температуры окружающей среды

ПНУ-ТП (ПНУ-ТС) – проверяемый усилитель ПНУ-ТП (ПНУ-ТС), БП24 - блок питания GPC-3030D, V - вольтметр цифровой В7-73, AC4- адаптер сети, ПК – персональный компьютер, R1- магазин сопротивлений P4831 (400 Ом), R2 - образцовая мера сопротивления МС3007, 100 Ом, ТП – градуированная кабельная термопара с НСХ ХА(К) или ХК(Л), диаметр кабеля 3 мм, термостат паровой модели ТП-1М, МИТ-8.10 – прецизионный измеритель-регулятор температуры, ЭТС-100 – эталонные термометры 3-го разряда, камера тепла и холода – камера БСК-70/100-150КТХ

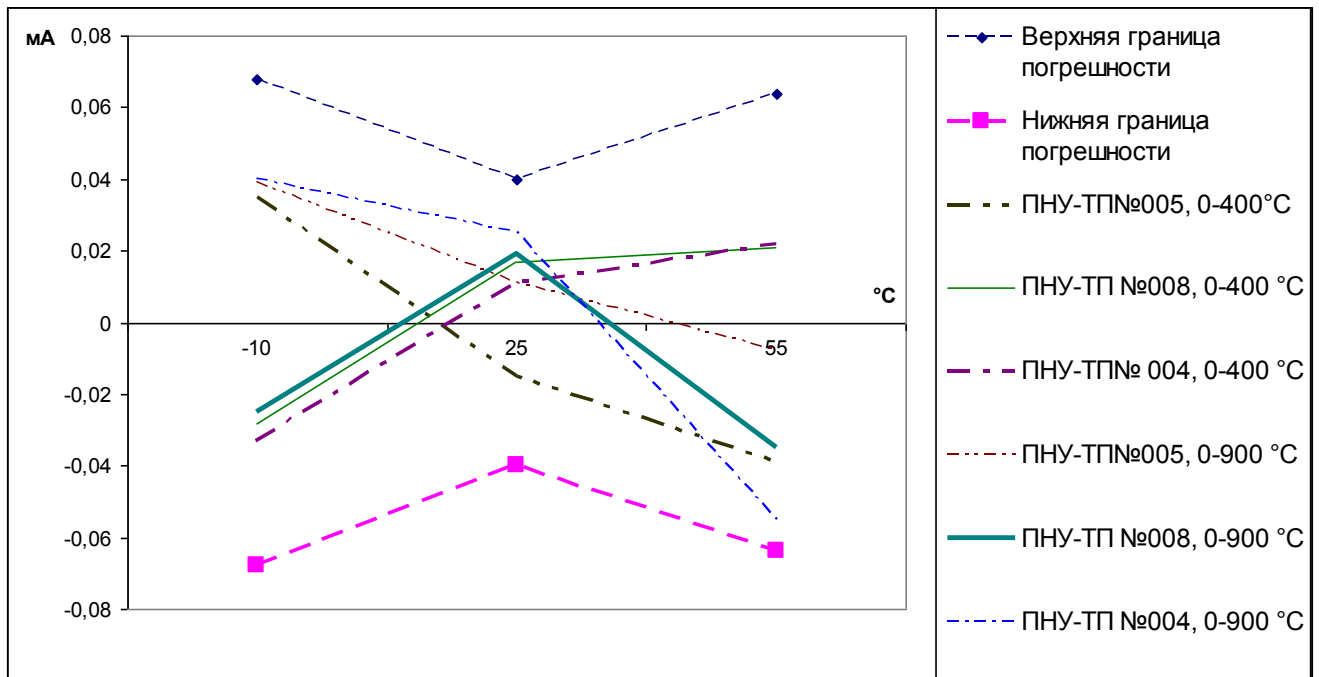


Рис. 2а Зависимости погрешности измерения токового выходного сигнала усилителей ПНУ-ТП от температуры окружающей среды в диапазоне от -10 до +55°C.

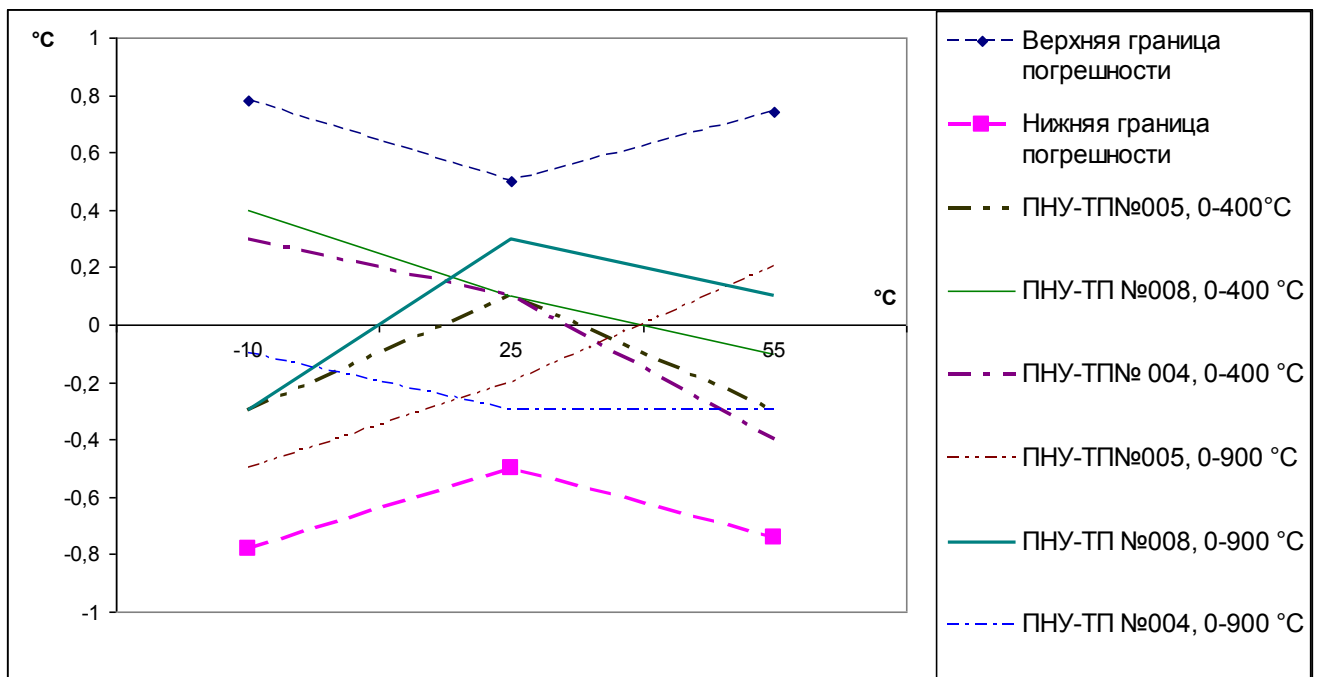


Рис. 2б Зависимости погрешности измерения цифрового выходного сигнала усилителей ПНУ-ТП от температуры окружающей среды в диапазоне от -10 до +55°C

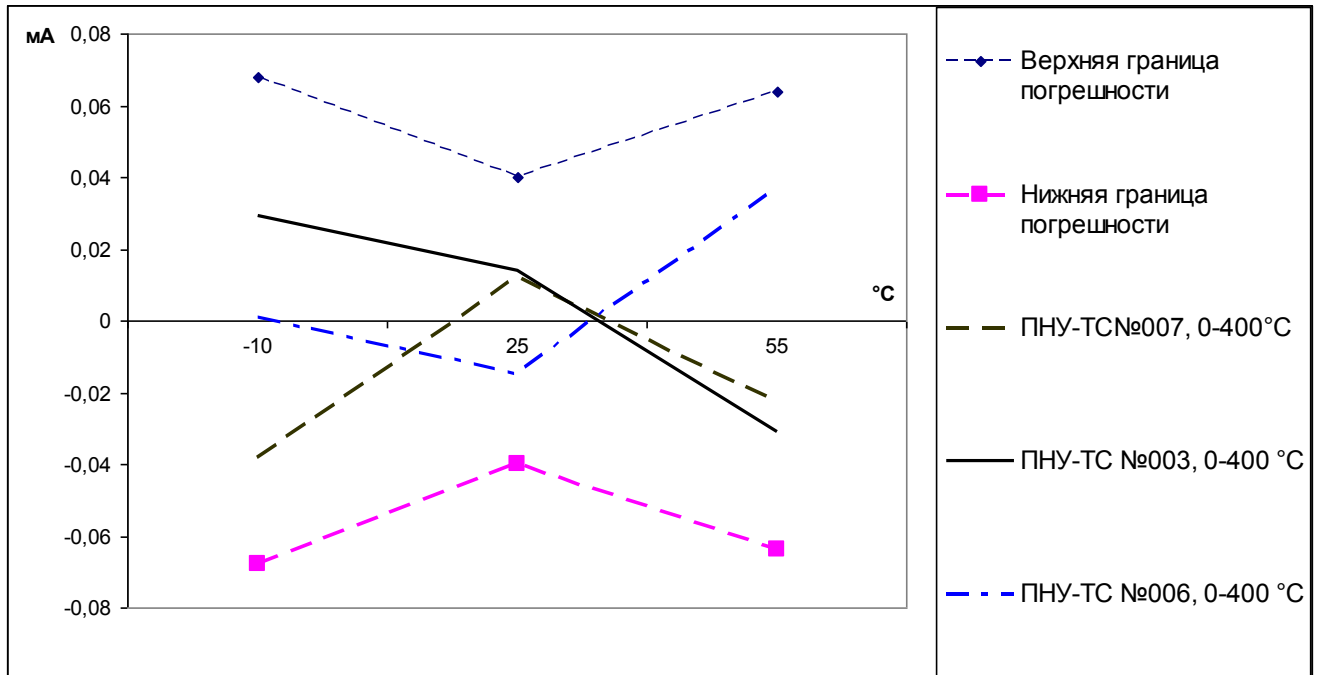


Рис. 3а Зависимости погрешности измерения токового выходного сигнала усилителей ПНУ-ТС от температуры окружающей среды в диапазоне от -10 до +55°C

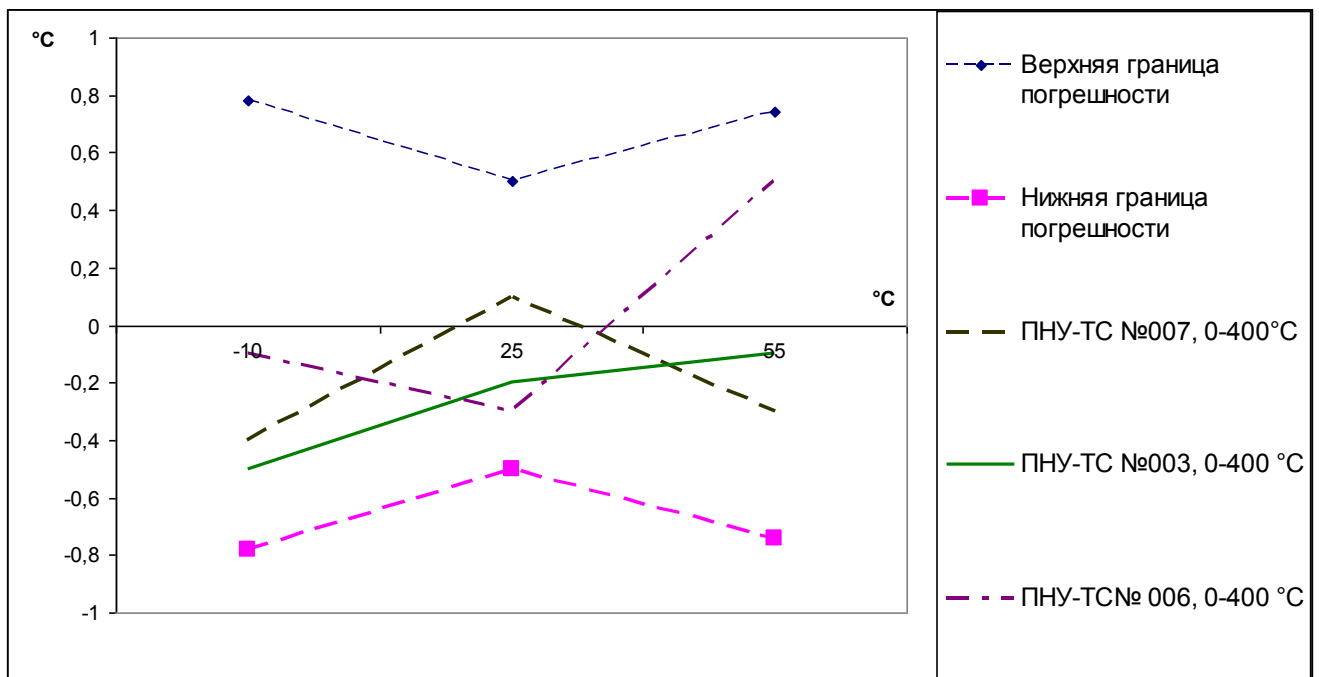


Рис. 3б Зависимости погрешности измерения цифрового выходного сигнала усилителей ПНУ-ТС от температуры окружающей среды в диапазоне от -10 до +55°C

По заданию министерства обороны для нужд военно-морского флота ЗАО НПК «Эталон» (г. Волгодонск) совместно с НПО Автоматики (г. Екатеринбург) разрабатывает одноканальные измерительные преобразователи ИП-ТП и ИП-ТС, четырёхканальные измерительные преобразователи ИП-4, термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом морские ТСПУ/1-8040-М, ТСМУ/1-8040-М, ТСПУ/1-8041-М.



Фото ИП-ТП, ИП-ТС, ИП-4, ТСПУ-8040-М



Преобразователи предназначены для преобразования стандартной НСХ первичных преобразователей 100П, 50П, 100М, ХА(К) и ХК(L) или индивидуальной ДСХ в диапазоне температур от минус 50 до 900°С в цифровой выходной сигнал по интерфейсу RS-485 и аналоговый выходной сигнал 4 ... 20 мА (или 0...10 В).

Термопреобразователи предназначены для измерения температуры в диапазоне температур от минус 50 до 500°С в цифровой выходной сигнал по интерфейсу RS-485 и аналоговый выходной сигнал 4 ... 20 мА (или 0...10 В). В процессе производства электронная схема термопреобразователей может быть настроена на стандартную НСХ 100П, 50П, 100М или индивидуальную ДСХ.

Предел допускаемой основной погрешности по всем выходным сигналам  $\pm 0,25\%$  (или  $\pm 0,5\%$  для приборов с верхним пределом измерения до 200°С).

Входные цепи, выходные цепи, цепи питания преобразователей ИП-ТП, ИП-ТС, ИП-4 и термопреобразователей ТСПУ/1-8040-М, ТСМУ/1-8040-М, ТСПУ/1-8041-М гальванически развязаны друг от друга.

Электронная схема преобразователей вновь разработанных приборов имеет значительно меньшие габариты и вес, чем ПНУ-ТП и ПНУ-ТС, что и позволило разработать термопреобразователи ТСПУ/1-8040-М, ТСМУ/1-8040-М, ТСПУ/1-8041-М, которые устанавливаются на объекте с помощью штуцера с резьбой М27х2..

Заключение: Разработанные ЗАО НПК «Эталон» перепрограммируемые приборы позволяют значительно уменьшить погрешность измерений температуры в энергетических судовых установках (при условии периодической градуировки первичных измерительных преобразователей и введении полученной ДСХ в приборы ПНУ-ТП, ПНУ-ТС, ИП-ТП, ИП-ТС и ИП-4)