

Институт проблем прочности им. Г. С. Писаренко НАН Украины, Киев, Украина

РАСШИРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДИАПАЗОНА ИСПЫТАНИЙ НА УСТАНОВКЕ Vi-202B

Созданы компактные системы нагрева и охлаждения образца в диапазоне от минус 150 до плюс 400°C для испытательной сервогидравлической машины Vi-202B. Контрольные испытания продемонстрировали высокую точность регулирования и поддержания температуры.

Ключевые слова: сервогидравлическая машина, криокамера, термокамера, температура.

Самая современная машина для механических испытаний без возможности исследования свойств в широком диапазоне температур не привлекает исследователей. Таковая и сервогидравлическая осевая машина Vi-202B с максимальным усилием 25 kN, производства индийской фирмы BiSS (Bangalore Integrated System Solutions (P) Ltd, Индия) для статических и усталостных испытаний образцов из различных материалов при комнатной температуре (рис. 1).



Рис. 1. Испытательная машина Vi-202B.

Для исследования конструкционных материалов в экстремальных режимах была проведена модернизация Vi-202B с целью расширения ее технических возможностей, позволившая проводить испытания в широком диапазоне температур.

С использованием различного опыта [1–4] была разработана техническая документация и изготовлено дополнительное оборудование, позволяющее на машине Vi-202B с ограниченным испытательным пространством исследовать механические свойства образцов в диапазоне температур от -150 до $+400^{\circ}\text{C}$. Изготовлены блоки охлаждения и нагрева: криоблок – для испытаний на воздухе в диапазоне низких температур до температуры -150°C , и термоблок – для испытаний в диапазоне положительных температур до $+400^{\circ}\text{C}$.

Криоблок (рис. 2) состоит из цилиндрического стакана из нержавеющей стали, и узла охлаждения. Стакан закрыт съемной крышкой и заключен в теплоизолирующий кожух из плотного пенопласта. Криоблок устанавливается в силовую цепь испытательной машины через переходник 2 с уплотнительным кольцом 3 (рис. 3). Резьбовые концы переходника соединяются с тягой 4 и захватом образца 5.

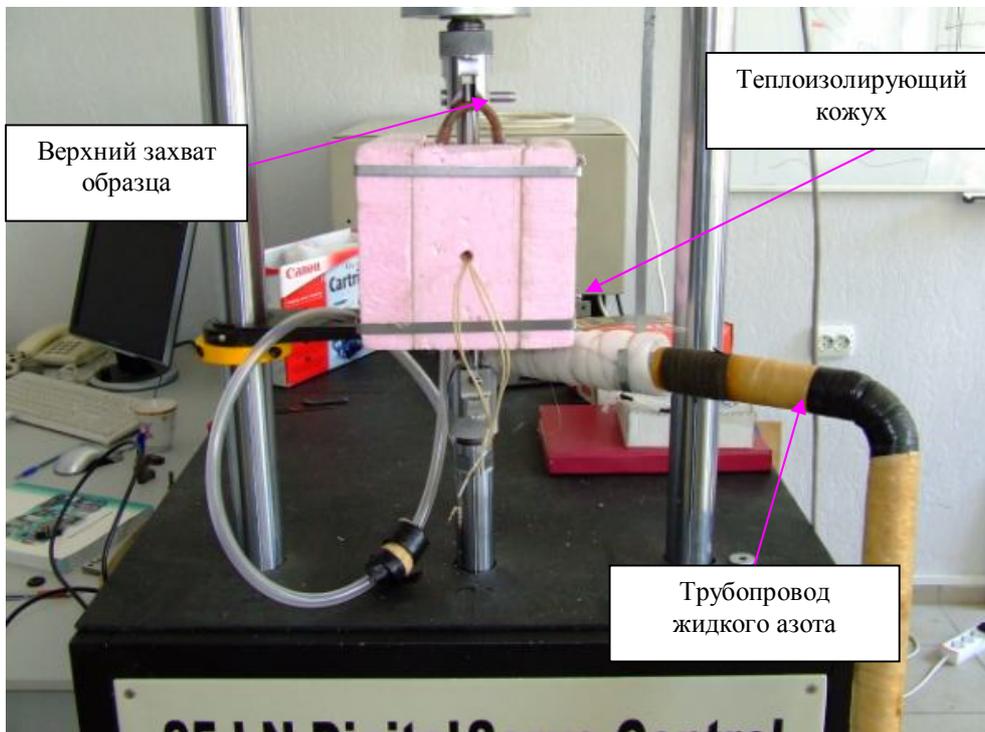


Рис. 2. Криоблок.

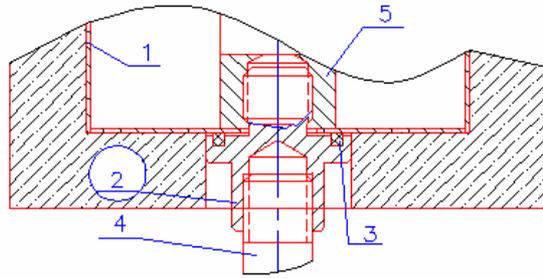


Рис. 3. Фрагмент криоблока.

В качестве испарителя жидкого азота внутрь стакана помещена медная трубка U-образной формы, с отверстиями в стенке. К испарителю подводится трубопровод, соединенный с сосудом Дьюара, и используемый для подачи жидкого азота.

Термоблок (рис. 4) представляет собой корпус в виде куба из нержавеющей стали, облицованной с внутренней стороны термостойкой керамикой ШПГТ- 450 Северского комбината. Внутри корпуса, симметрично относительно продольной оси, установлены четыре нагревателя номинальной мощностью 300 вт каждый. Термоблок сделан разъемным, и раскрывается по диагонали. Установка нагревательных элементов показана на рис. 5.

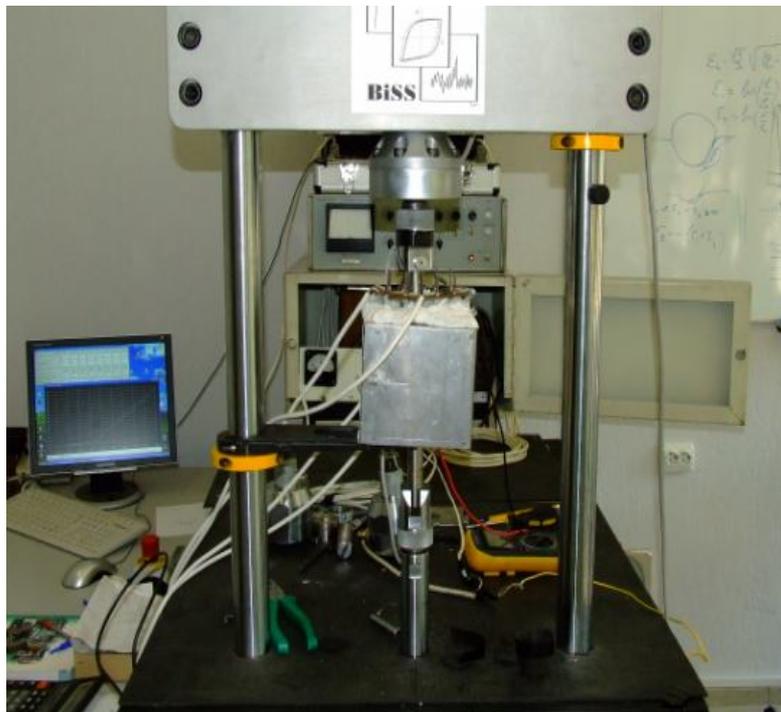


Рис. 4. Термоблок.



Рис. 5. Нагревательные элементы.

Для управления режимами нагрева и охлаждения был разработан блок управления, состоящий из двух отдельных систем для режимов охлаждения и нагрева в диапазоне низких или высоких температур соответственно.

Блок-схема системы управления режимами охлаждения и нагрева представлена на рис. 6.

Система управления криоблоком построена на базе стандартного прибора автоматической подачи хладагента 1734 АПХ-1. Прибор 1734 АПХ-1 смонтирован в корпусе, который соединен с трубкой для забора и подачи жидкого азота. Трубка подачи азота вместе с нагревателем и терморезистором защищена чехлом из нержавеющей стали и монтируется при работе непосредственно на сосуде Дьюара.

Прибор автоматической подачи хладагента 1734 АПХ-1 запитан напряжением 24 В переменного тока, которое подается с понижающего трансформатора Тр-2. Четыре нагревателя системы нагрева питаются от сети переменного тока через понижающий трансформатор Тр-1 мощностью 2,2 кВт, расположенный в блоке питания системы управления. Трансформатор Тр-1 обеспечивает также развязку термоблока по питанию от опасного напряжения сети переменного тока.

При работе прибора 1734 АПХ-1 вокруг нагревателя на трубке забора и подачи азота образуются пары хладагента, которые поднимаются вверх и скапливаются над поверхностью жидкого азота. Создается избыточное давление над поверхностью жидкого азота, которое вытесняет его из объема сосуда Дьюара по подающей трубке, затем по трубопроводу в охлаждаемый объем криоблока.

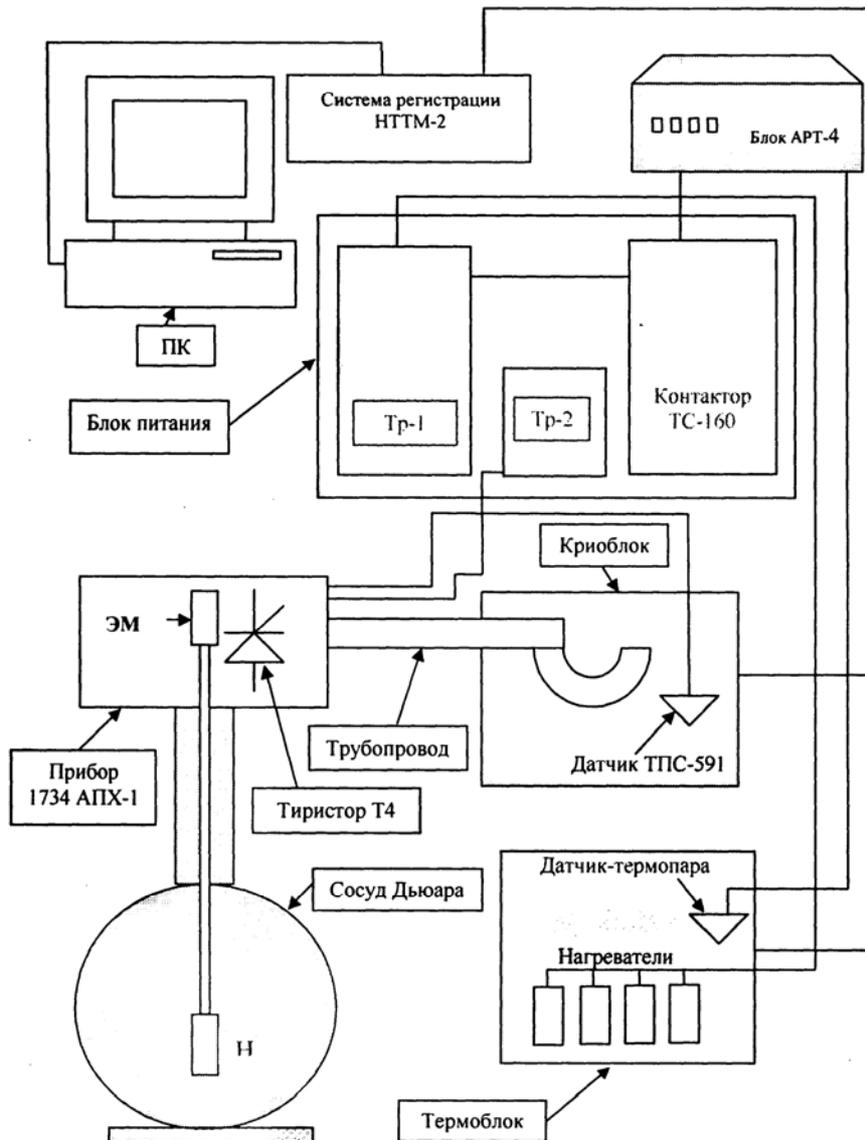


Рис. 6. Блок-схема системы управления нагревом и охлаждением.

Для автоматического поддержания заданной температуры в рабочем объеме криоблока установлен платиновый термометр сопротивления ТПС-591, включенный в одно из плеч измерительного моста прибора 1734 АПХ-1. В зависимости от температуры в рабочем объеме платиновый термометр изменяет свое сопротивление, и сигнал разбаланса моста, усиленный электронным усилителем, поступает на управляющий электрод тиристора Т4, который управляет током нагревателя и катушкой электромагнитного клапана. Тиристор открыт до тех пор, пока не будет достигнута заданная

температура в рабочем объеме блока. При достижении заданной температуры, тиристор закрывается и отключает нагреватель в сосуде Дьюара. Одновременно открывается электромагнитный клапан ЭМ, и пары азота сбрасываются в атмосферу. При повышении температуры в рабочем объеме цикл повторяется.

Система управления термоблоком построена на базе регулятора температуры АТР-4 Опытного производства Института и предназначена для автоматического управления температурой объекта в соответствии с заданной программой. В процессе работы можно использовать встроенный программный задатчик или подключать внешнее программное устройство, которое будет определять зависимость изменения температуры объекта от времени.

Принцип работы системы терморегулирования основан на контроле уровня сигнала датчика-термопары, установленного в рабочем объеме блока и постоянном сравнении его с уровнем сигнала программного задатчика, который входит в состав узла контроля. Разница между напряжениями этих двух сигналов усиливается и преобразовывается в импульсы, которыми управляются тиристорные ключи, коммутирующие установленные в блоке нагреватели. Прибор АРТ-4 содержит внутренние фильтры и устройство компенсации синусоидальной помехи с частотой питающей сети, что позволяет получить устойчивую стабилизацию заданной температуры в течение длительного времени. Требуемая температура нагревания образца устанавливается ручными задатчиками.

Для регистрации температуры образцов в процессе охлаждения или нагрева была применена система НТТМ-2, ранее разработанная нами. Эта система позволяет регистрировать сигналы 8-ми датчиков температуры с частотой опроса 10 Гц. То есть каждый из восьми датчиков производит замер температуры с интервалом 800 миллисекунд. Графики зависимостей температуры от времени выводятся на экран монитора с параллельной записью данных в дисковый файл в реальном масштабе времени. В качестве датчиков использовались термопары типа К (хромель-алюмель).

Для проверки возможностей системы регулирования температуры были проведены тестовые испытания, при которых в рабочем объеме криоблока и термоблока были достигнуты температуры минус 180°C и плюс 450°C соответственно. Графики процессов охлаждения и нагрева приведены на рис.7 и рис.8 соответственно.

Анализ показал, что при переходе в режим термостатирования точность поддержания установленной температуры —100°C составляет $\pm 1,5^\circ\text{C}$, а при нагреве – температуры 400°C составляет $\pm 1^\circ\text{C}$.

Наблюдается классический переходной процесс в системе регулирования нагрева в термоблоке (рис. 8) при выходе на заданную точку (+400°C), что подтверждает устойчивость системы регулирования.

Все же, выбор такой простой в изготовлении схемы накладывает ограничения на продолжительность испытательного цикла из-за увеличивающегося окисления и обледенения поверхности образца. Устранить этот недостаток возможно путем создания вакуума в рабочем объеме криокамеры, а возникающие погрешности позволит устранить предложенный нами разделитель сред [6].

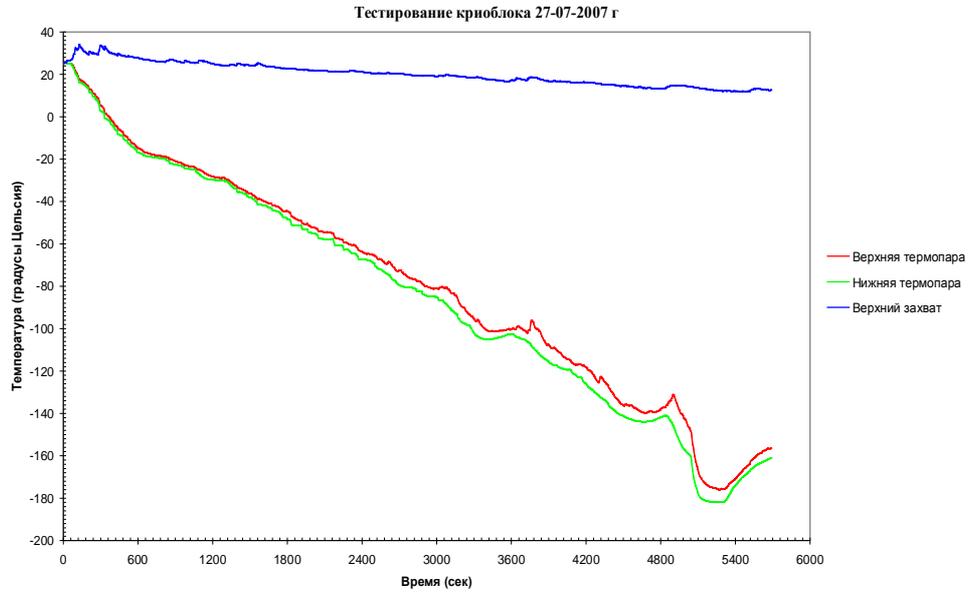


Рис. 7. График процесса охлаждения.

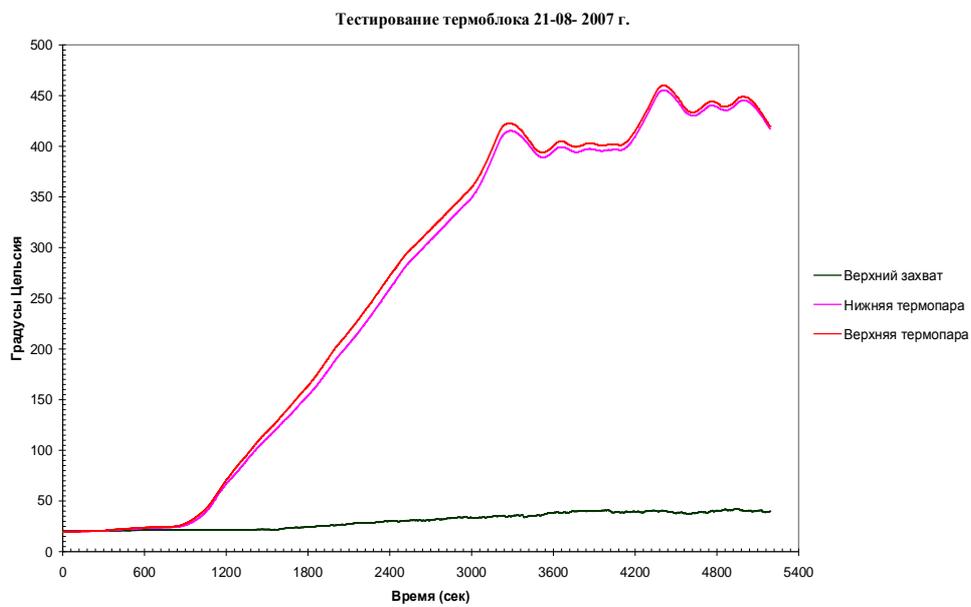


Рис. 8. График процесса нагрева.

Выводы. Созданы и протестированы надежные компактные системы нагрева и охлаждения образцов для механических испытаний на испытательной машине Vi-202B, с высокой точностью. Упомянутый разделитель сред позволит перенести испытания материалов в вакуум, что поднимет только уровень высоких температур до 1500°C с более высоким качеством и без потери точности измерения силовых параметров.

Summary

Compact systems for heating and cooling specimens in the temperature range from -150°C to 400°C have been created for use with a servo-hydraulic testing machine, model *Vi-202B*. The control tests have shown a high accuracy of temperature adjustment and keeping.

Keywords: servo-hydraulic machine, cryocamera, thermocamera, temperature.

Резюме

Створені компактні системи нагрівання і охолодження зразка в діапазоні від мінус 150 до плюс 400°C для випробувальної сервогідролічної машини Vi-202B. Контрольні випробування продемонстрували високу точність регулювання і підтримки температури.

Ключові слова: сервогідролічна машина, кріокамера, термокамера, температура.

1. *Новиков Н. В., Лебедев А. А., Ковальчук Б. И.* Механические испытания конструкционных материалов при низких температурах. – Киев: Наук. думка, 1974. – 192 с.
2. *Прочность* материалов и элементов конструкций в экстремальных условиях: В 2 т. / Под ред. Г. С. Писаренко. – Киев: Наук. думка, 1980. – Т. 1. – 535 с.
3. *Стрижало В. А.* Прочность материалов и конструкций при криогенных температурах. – Киев: Наук. думка, 1988. – 192 с.
4. *Богомолов А. В., Борисенко В. А.* Установка для испытания композиционных материалов на кручение при высоких температурах до 3300 К // Пробл. прочности. – 1992. – № 1. – С. 87 – 88.
5. *Кондряков Е. А., Жмака В. Н., Харченко В. В., Бабуцкий А. И, Романов С. В.* Система измерения деформаций и усилий при динамических испытаниях материалов // Пробл. прочности. – 2005. – № 3. – С. 140 – 145.
6. Патент України № 36579. Пристрій для відділення від атмосфери середовища у порожнині герметичної камери установки для механічних досліджень // Бюл. № 20.– Опубл. 27.10.2008 г.

Поступила 23.09.2009