

**Краснокутский Игорь Дмитриевич,**

кандидат технических наук, доцент кафедры теории корабля и гидромеханики  
ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет имени  
Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород

[ngtu\\_pool@mail.ru](mailto:ngtu_pool@mail.ru)

**Рабинович Михаил Ефимович,**

кандидат технических наук, доцент кафедры теории корабля и гидромеханики  
ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет» имени  
Р. Е. Алексеева», г. Нижний Новгород

[ngtu\\_pool@mail.ru](mailto:ngtu_pool@mail.ru)

## Комбинированный стенд для лабораторных работ по гидравлике

**Аннотация.** В статье обосновывается необходимость и эффективность компактного универсального стенда для проведения физического эксперимента студентами при изучении гидравлики и гидромеханики. Описывается конструкция стенда и особенности его применения в учебном процессе.

**Ключевые слова:** жидкость, скорость, расход, напор, потери напора, истечение, насадок, насос.

Изучение студентами Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева (НГТУ) курсов «Гидромеханика», «Аэрогидромеханика», «Механика жидкости и газа», «Гидравлика», «Гидромашины и гидропривод» предполагает выполнение большого ряда лабораторных работ, в том числе по следующим темам: гидростатика, уравнение Бернулли, потери напора, истечение через отверстия и насадки, центробежные насосы, насосная установка и другие. Во время строительства 5-го корпуса Горьковского политехнического института (ныне НГТУ) в помещениях 5122 и 5123 по проекту института «ГИПРОВУЗ» была оборудована лаборатория гидравлики, в которой для каждой из перечисленных тем использовался отдельный стенд. Стенды занимали площадь 90 м<sup>2</sup>. Помещения 5022, 5122, 5222, расположенные одно под другим на смежных этажах, каждое площадью 17 м<sup>2</sup>, использовались только под насосную станцию с расходным и напорными баками. Острый дефицит площади в учебных лабораториях НГТУ потребовал перехода на более компактное и функциональное лабораторное оборудование. Главными требованиями к лабораторным установкам являются: наглядность изучаемого процесса, безопасность студентов и лаборантов, выполнение измерений необходимых параметров процесса с допустимой погрешностью, надёжность, долговечность и приемлемая стоимость.

Для решения этой задачи в 1980 году был разработан комбинированный гидравлический стенд и изготовлен в количестве семи комплектов для лабораторий гидравлики кораблестроительного факультета, физико-технического факультета и автозаводского филиала. Прошедшие годы показали правильность принятого решения и высокую эффективность комбинированного гидравлического стенда. В то же время, интенсивная работа на протяжении четверти века привела к полному физическому износу оборудования. К началу 2009 года в НГТУ работоспособность сохраняли только три стенда (по одному на упомянутых факультетах). Появилась острая необходимость в обновлении лабораторной базы. Решение этой задачи облегчалось наличием в розничной торговле широкого ассортимента насосов, трубопроводов, гидравлической арматуры и измерительных приборов. Поэтому проект нового комбинированного гидравлического стенда

был выполнен на основе современных гидравлических машин, аппаратов и арматуры. Монтаж оборудования выполнен на влагостойких ламинированных панелях. Себестоимость описываемого стенда на 2012 год составляет 150 тысяч рублей. Методика проведения лабораторных работ на комбинированном стенде [1] нареканий не вызывает и остаётся без изменения на новом стенде.

Общий вид комбинированного гидравлического стенда приведен на рис. 1, а принципиальная гидравлическая схема – на рис. 2.

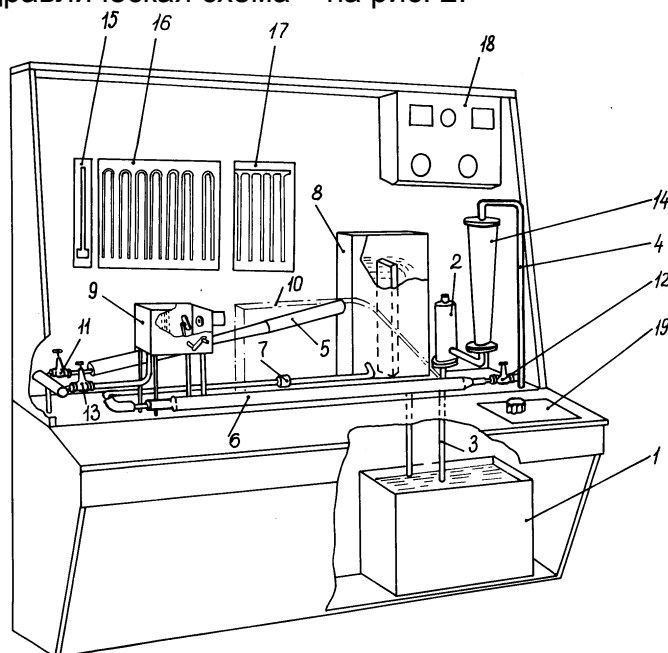


Рис. 1. Общий вид универсального гидравлического стенда

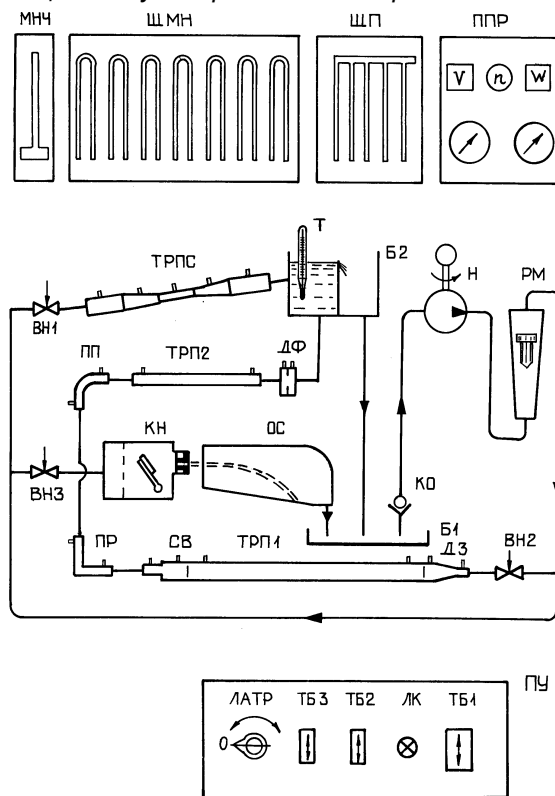


Рис.2 Принципиальная схема стенда

Стенд состоит из насосной станции, набора гидравлических моделей, регулирующих и измерительных устройств. Гидравлические модели, напорная камера и подпорный бак выполнены прозрачными из органического стекла. Насосная установка включает (здесь и далее буквами обозначены позиции на рис. 2, а цифрами – на рис. 1):

- расходно-приемный резервуар Б1 (1);
- центробежный электронасос Н (2);
- всасывающий трубопровод 3, снабженный обратным клапаном КО;
- напорный трубопровод 4 разветвленного типа, состоящий из трех ветвей.

Первая ветвь представляет собой трубу переменного сечения ТРПС (5). Вторая ветвь включает блок моделей гидравлических сопротивлений 6, состоящий из участков прямых труб ТРП1 и ТРП2, а также местных сопротивлений: диффузора ДЗ, внезапного сужения СВ, резкого ПР и плавного ПП поворотов. Сюда же включена диафрагма ДФ (7). Выходные сечения этих двух ветвей соединены с подпорным баком Б2 (8), разделенным водосливной перегородкой на два отсека: рабочий и сливной. Жидкость из рабочего отсека используется для заполнения центробежного насоса. Для этого предусмотрен трубопровод с вентилем, соединяющий рабочий отсек с всасывающим трубопроводом выше обратного клапана. В дне сливного отсека имеется отверстие с патрубком, обеспечивающим слив жидкости в расходно-приемный резервуар. В качестве рабочей жидкости используется кипяченая вода с добавкой красителя, придающего ей светло-зелёный цвет.

Третья ветвь напорного трубопровода соединена с напорной камерой КН (9). Камера имеет резьбовое выходное отверстие для крепления сменных моделей насадков и отверстий и поворотный клапан для перекрытия выходного отверстия. Перед выходным отверстием установлено ограждение струи ОС (10) с патрубком для слива воды в расходно-приемный резервуар.

В начале каждой ветви напорного трубопровода имеются вентили ВН1 (11), ВН2 (12) и ВН3 (13) для регулирования расхода. Измерение величины расхода выполняется ротаметром РМ (14), включенным в напорный трубопровод. В подпорном баке Б2 (8) установлен термометр Т для определения температуры воды.

На задней вертикальной стенке стенда расположены измерительные приборы: манометр МНЧ (15) для измерения давления в напорной камере; щит дифференциальных манометров ЩМН (16), соединенных со штуцерами моделей гидравлических сопротивлений и диафрагмы; щит ЩП (17) пьезометров, соединенных со штуцерами трубы переменного сечения; панель приборов ППР (18) с расположенными на ней вольтметром и ваттметром электронасоса, вакуумметром и манометром для измерения давления на входе и выходе насоса.

На передней панели стенда находится пульт управления стендом ПУ (19), имеющий тумблер ТБ1 включения электропитания с контрольной лампой ЛК и рукоятка линейного автотрансформатора (ЛАТР) для регулирования скорости вращения электронасоса. Электрическая схема стенда, питающаяся от бытовой сети переменного тока (напряжение 220 вольт, частота 50 герц, контур заземления), содержит автомат защиты сети и устройство защитного отключения. Фотография стенда приведена на рис. 3.

Комбинированный лабораторный стенд работает следующим образом. Тумблером ТБ1 включаются общее электропитание, освещение стенда и питание электронасоса. Вращением рукоятки ЛАТР устанавливается рабочий режим насоса. С помощью одного из вентиля ВН1, ВН2, ВН3 включается в работу та или иная ветвь напорного трубопровода, по ротаметру РМ устанавливается расход воды, соответ-



Рис.3. Фотография универсального стенда

ствующий заданному режиму опытов, и производятся необходимые измерения по приборам. При этом насос обеспечивает установившуюся циркуляцию воды по замкнутому контуру (стационарное движение жидкости), включающему расходно–приемный резервуар Б1, всасывающий трубопровод, одну из ветвей напорного трубопровода с объектами испытаний. Прошедшая по контуру вода возвращается в тот же резервуар Б1.

На стенде выполняются следующие лабораторные работы:

- экспериментальная иллюстрация уравнения Бернулли;
- определение коэффициента гидравлического трения и коэффициентов местных потерь напора;
- экспериментальное получение градуировочной кривой расходомера;
- исследование истечения жидкости через отверстие и насадки;
- экспериментальное построение характеристик центробежного насоса и насосной установки.

Студент допускается к выполнению лабораторной работы при условии предварительной проработки устройства и принципа действия экспериментальной установки, теоретических основ и порядка выполнения работы. Проверка готовности студента к работе осуществляется путем программированного контроля.

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать общие для лаборатории гидромеханики правила техники безопасности. К работе на стенде допускаются студенты, получившие инструктаж по технике безопасности у руководителя занятиями с соответствующим оформлением его в журнале. Работа на стенде производится только с разрешения и под наблюдением преподавателя или лаборанта.

Лабораторная работа выполняется одним студентом или группой студентов (желательно не более пяти человек) под руководством преподавателя или лаборанта. Отчет по каждой работе оформляется на специальном типографском бланке, на котором предусмотрены место для схемы экспериментальной установки, таблица для записи измеряемых параметров и поле для графиков. Отчёт с полученными опытными данными и результатами их обработки оформляет каждый студент и использует при защите лабораторной работы.

Опыт создания и эксплуатации универсального гидравлического стенда в НГТУ позволяет рекомендовать его для использования в учебном процессе технических высших учебных заведений при изучении перечисленных выше дисциплин.

## Ссылки на источники

1. Рабинович М. Е. Лабораторный практикум по гидромеханике: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ, 2002. – 96 с.
2. Савинов В. Н. Гидравлика: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ, 2009. – 89 с.

### **Krasnokutsky Igor,**

*candidate of Technical Sciences, assistant professors of the Nizhny Novgorod state technical university of a name of R.E.Alekseev, N. Novgorod*  
[ngtu\\_pool@mail.ru](mailto:ngtu_pool@mail.ru)

### **Rabinovich Mikhail,**

*candidate of Technical Sciences, assistant professors of the Nizhny Novgorod state technical university of a name of R.E.Alekseev, N. Novgorod*  
[ngtu\\_pool@mail.ru](mailto:ngtu_pool@mail.ru)

## **The combined stand for laboratory works on hydraulics**

**Abstract.** Need and efficiency of the compact universal stand for carrying out physical experiment by students locates at hydraulics and hydromechanics studying. The design of the stand and feature of its application in educational process is described.

**Keywords:** liquid, speed, a volume expense, a pressure, pressure losses, Bernulli's equation, the expiration from openings and nozzles, the pump.