

Раздел 5. Теоретические и прикладные аспекты высшего профессионального образования
ских университетах, требует серьезного реформирования как за счет пересмотра объема изучаемых дисциплин, так и путем введения новых, направленных на активное формирование культурного облика современного бакалавра или инженера, хорошо ориентирующегося в современных рыночных условиях, понимая, что наиболее действенным эквивалентом экономических отношений являются деньги, действенность которых, однако, ограничена материальными объектами и не может распространяться на духовно-нравственную сферу, в которой главным компонентом являются этические нормы, позволяющие осознать всю меру ответственности индивида перед обществом за все то, что является объектом его деятельности.

Рассуждая о чувстве ответственности человека как духовного существа, великий русский философ И.А. Ильин писал: «В глубине его души как бы строится храм, а в храме этом утверждается алтарь и престол с неугасающим светильником, в том смысле, что этот храм есть его собственная обитель, и престол этот есть его собственная святыня, и светильник этот есть его собственное горение. Не только «в нем есть пламя», но он сам в полноте своего духовного бытия есть это пламя и это пламя есть Главное, от которого он не может отказаться, которым он дорожит превыше всего своего прочего и которому он не может изменить. И, чувствуя это, удостоверено, он начинает постигать, что значит, чтить самого себя» (Пушкин А.С.) и что такое есть чувство собственного достоинства.

Вот где скрывается последний и безусловный корень «духовной ответственности», без которой человеку недостойно жить на земле и невозможно создавать духовную культуру».

Эти слова, сказанные великим философом и публицистом Ильиным И.А. в начале прошлого века, не потеряли актуальности и в наше время, подтверждая тем самым важность морально-этических ценностей, которыми в полной мере должен обладать представитель интеллектуального слоя общества, на которого возлагается главная ответственность за будущее нашего государства.

Компьютерные модели лабораторных работ для системы дистанционного обучения по дисциплине «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы»

к.т.н. проф. Беленков Ю.А., к.т.н. проф. Лепешкин А.В., к.т.н. доц. Суздальцев В.Е.,

к.т.н. проф. Фатеев И.В.

МГТУ «МАМИ»

(495) 223-05-23, доб. 1444

Аннотация. В статье предлагается методика разработки виртуальных лабораторных работ для общетехнических дисциплин, использовавшаяся при создании лабораторного комплекса по дисциплине «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы». Подобные лабораторные комплексы необходимы для дальнейшего развития системы дистанционного образования в России.

Ключевые слова: дистанционное образование, общетехнические дисциплины, лабораторные работы

Система дистанционного образования, получившая достаточно широкое распространение в мировой практике, имеет особое значение для России с её огромной территорией, с отдаленными, а порой и малодоступными районами.

Надо отметить, что в настоящее время в России дистанционное обучение в основном ведется только по гуманитарным и ряду естественных дисциплин, в которых основными видами занятий являются лекционный и семинарский курсы. Обусловлено это тем, что при достаточно надежно работающей связи и отработанным информационным технологиям проводить лекции и семинарские занятия ведущим преподавателям столичных вузов достаточно просто, в том числе и в диалоговом режиме по интернету.

Гораздо сложнее обстоит дело с преподаванием технических дисциплин.

Каждая техническая дисциплина, как правило, включает в себя помимо лекционных и семинарских занятий еще и лабораторные работы. При этом лабораторные работы являются очень важным видом занятий в системе инженерного образования, так как дает возможность студентам ознакомиться с методами проведения экспериментальных исследований, обработки полученных данных, с правилами использования различных приборов и методами измерения технических параметров. Поэтому вопрос о создании компьютерных вариантов лабораторных работ, обеспечивающих возможность проведения лабораторного практикума в системе дистанционного образования, является весьма актуальным и важным.

Очевидно, что главной задачей разработчиков виртуальных лабораторных работ является обеспечение в них так называемого «эффекта присутствия». То есть у студента, выполняющего лабораторные работы на компьютере, должно сохраняться впечатление выполнения их на реальных лабораторных установках. Только в этом случае задачи лабораторного практикума в процессе обучения будут реализованы.

Исходя из этого, виртуальные лабораторные работы должны быть:

- максимально наглядными – все особенности изучаемых процессов явно видны;
- простыми в управлении – действия по управлению очевидны, а их результаты предсказуемы;
- оснащены математическими моделями изучаемых процессов высокой точности и быстрой реакции.

Данная статья посвящена вопросу создания компьютерного варианта лабораторных работ по общетехнической дисциплине «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы» для машиностроительных специальностей.

Согласно государственному образовательному стандарту и типовой программе данная дисциплина включает в себя разделы:

- а) гидравлика** – в нем по учебному плану предусмотрено как минимум шесть лабораторных работ, знакомящих студентов с основными законами течения жидкости в закрытых руслах и методами определения таких параметров как скорость жидкости, давление, расход, коэффициенты потерь и т.п.;
- б) гидромашины** – в нем по учебному плану предусмотрено не менее двух лабораторных работ, в которых на примере определения рабочих характеристик гидромашин двух типов (динамических и объемных), студенты знакомятся с существующей методикой испытаний гидромашин; с методами расчета их энергетических характеристик по данным экспериментальных исследований; с методами измерения основных технических параметров, определяющих режим работы гидромашин; а также с используемыми для этой цели приборами и устройствами;
- в) гидравлические приводы** – в нем по учебному плану предусмотрено как минимум две лабораторные работы, при выполнении которых студенты знакомятся с различными способами регулирования скорости движения выходных звеньев гидроприводов и по данным экспериментальных исследований проводят сравнительный анализ этих способов регулирования по скоростным, нагрузочным и энергетическим характеристикам.

При этом следует отметить, что раздел «Гидравлика» отличается от двух других разделов как по принципам построения лабораторных работ, так и по методам определения основных параметров, характеризующих изучаемые процессы [1, 2]. Поэтому в статье для примера рассматривается одна из лабораторных работ по разделу «Гидравлика» и одна по разделу «Гидроприводы».

Компьютерный вариант лабораторной работы по изучению режимов течения жидкости в круглых трубах

Для обеспечения «эффекта присутствия» схема лабораторной установки (рисунок 1) максимально приближена к реальной. Поэтому манипуляции студента при выполнении вир-

Раздел 5. Теоретические и прикладные аспекты высшего профессионального образования

туальной лабораторной работы аналогичны тем, которые он делает на реальной лабораторной установке. Они заключаются в следующем.

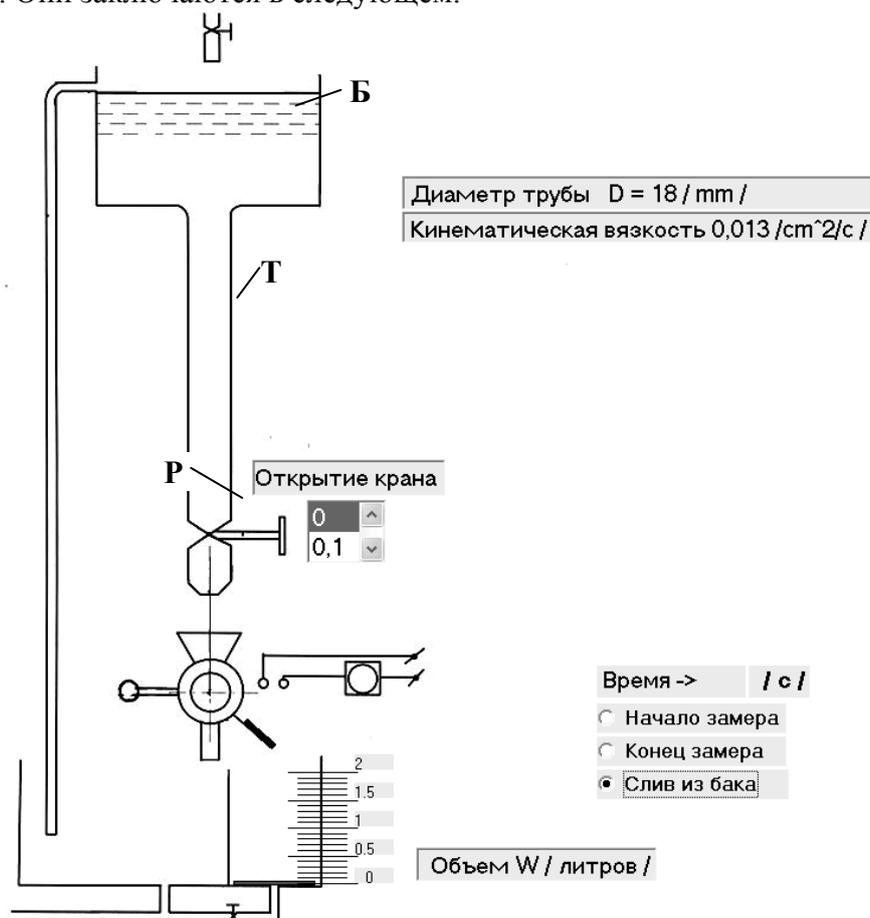


Рисунок 1 – Экранное изображение схемы лабораторной установки в исходном состоянии

Управляя открытием крана P , студент изменяет величину расхода Q воды в трубе T и наблюдает за характером течения потока жидкости в ней. В предлагаемом варианте лабораторной работы для наглядности используется кинокадры испытаний (рисунок 2 *а, б, в*), полученные на реальной установке, где в поток воды введен специальный компонент (алюминиевая пудра), позволяющий судить о характере движения частиц жидкости в потоке.

Зафиксировав визуально определенный характер движения (режим течения), студент для данного режима течения определяет расход Q . Для этого имеются (рисунок 1): специальный мерный бак, распределительный кран, который направляет поток жидкости либо на слив, либо в мерную секцию бака, и электрический секундомер.

При замере расхода студент, кликнув левой кнопкой компьютерной мыши на строке «Начало замера», вызывает поворот рукоятки распределительного крана, направляющего поток воды в мерную секцию, и одновременно включает электросекундомер. Для наглядности, начиная с этого момента, происходит постепенная «заливка» синим цветом объема мерного бака, имитируя заполнение его жидкостью, а стрелка секундомера начинает вращаться.

В любой момент студент может вернуть рукоятку распределительного крана в исходное положение, кликнув левой кнопкой компьютерной мыши на строке «Конец замера», после чего будет зафиксирован объем жидкости в мерной секции W (в литрах) и время заполнения этого объема t (в секундах).

После снятия полученных результатов необходимо, кликнув левой кнопкой компьютерной мыши на строке «Слив из бака», привести систему измерения расхода в исходное со-

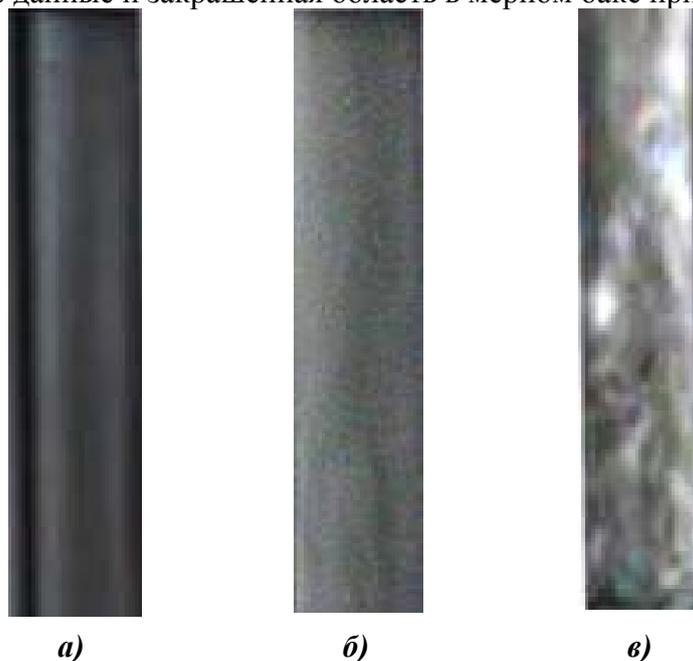


Рисунок 2 – Фрагменты экранных изображений, получающиеся при выполнении лабораторной работы: а) ламинарное течение, б) переходный режим, в) турбулентное течение

На основании данных измерения вычисляется значение расхода: $Q = W/t$.

После этого рассчитывается значение числа Рейнольдса по формуле:

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d \cdot \nu}$$

где: d – диаметр стеклянной трубы [м],

ν – кинематическая вязкость жидкости [m^2/c].

Результаты заносятся в протокол лабораторной работы.

Для реализации данного сценария проведения лабораторной работы была разработана программа в среде Visual Basic, обеспечивающая этот диалоговый режим. Эта программа по необходимости активирует блоки подпрограмм, реализующих то или иное действие. Основными из них являются:

- блок подпрограмм, обеспечивающих выбор кинокадров и их прокрутку в зависимости от величины открытия крана P . При этом автоматически контролируется значение числа Рейнольдса, на основании которого происходит выбор необходимых кинокадров;
- блок подпрограмм, реализующих описанный выше процесс измерения расхода.

Кроме этого в данной лабораторной работе имеется возможность разнообразить условия проведения опыта, изменяя величину диаметра d трубы T и значение коэффициента кинематической вязкости жидкости ν .

Компьютерный вариант лабораторной работы по снятию характеристик гидропривода с дроссельным регулированием скорости.

Так же, как и в рассмотренной выше лабораторной работе, схема лабораторной установки в рассматриваемом случае (рисунок 3) максимально приближена к реально используемой. Эта лабораторная установка представляет собой гидробак, на крышке которого смонтированы все элементы гидропривода вращательного типа, соединенные между собой трубопроводами.

На выходе насоса H подключен переливной клапан K , после чего в напорном трубопроводе последовательно включены регулируемый гидродроссель P и гидромотор $ГМ$. Такая

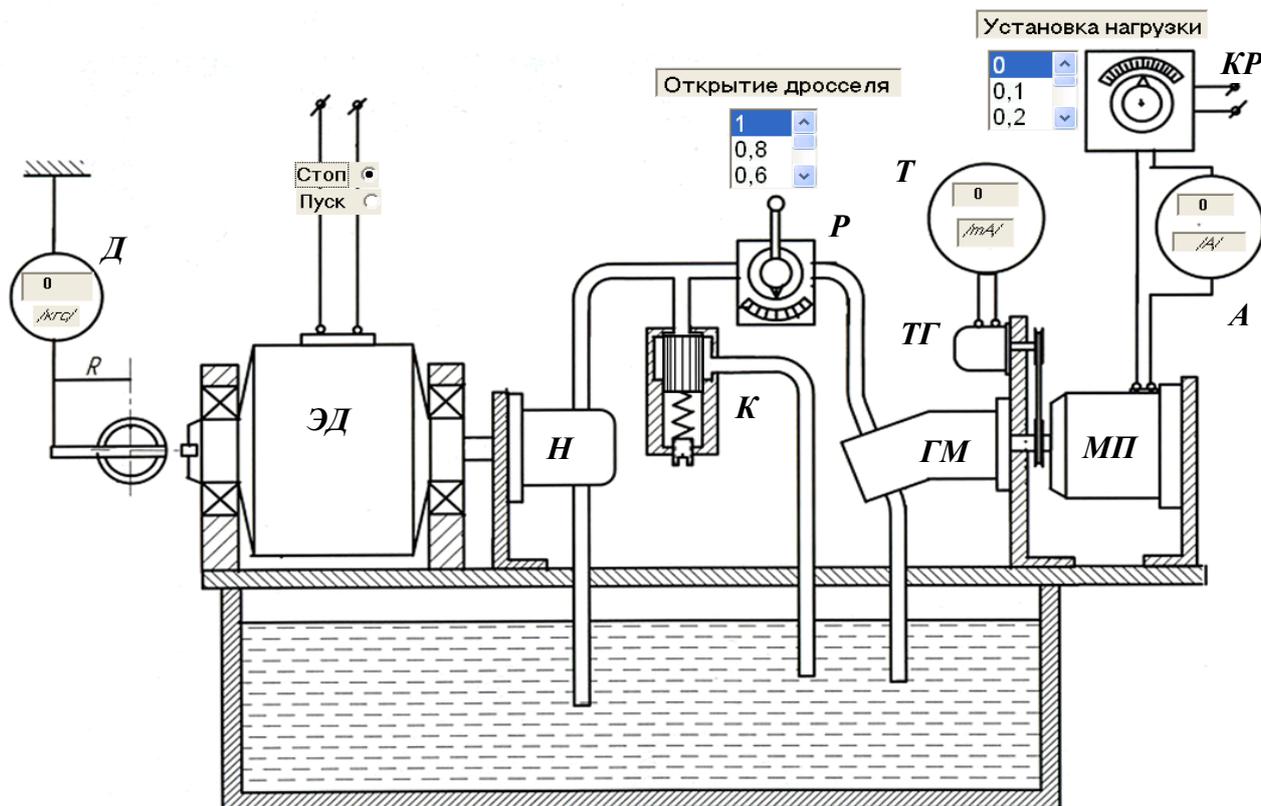


Рисунок 3 – Экранное изображение схемы лабораторной установки в исходном состоянии

Задача эксперимента заключается в том, чтобы по данным опыта построить три важнейшие характеристики регулируемого гидропривода: скоростную (регулируемую) характеристику $n_{ГМ} = f(e)$ при $M_H = \text{const}$, нагрузочную (механическую) характеристику $n_{ГМ} = f(M_H)$ при $e = \text{const}$ и энергетическую характеристику $\eta_{ГП} = f(M_H)$ при $e = \text{const}$.

Здесь: $n_{ГМ}$ – частота вращения выходного звена гидропривода; e – параметр регулирования регулируемого гидродросселя, определяющийся как отношение текущей площади его проходного сечения $S_{др}$ к максимальному значению $e = S_{др}/S_{др \text{ max}}$; M_H – момент нагрузки на выходном звене гидропривода; $\eta_{ГП}$ – КПД гидропривода.

При выполнении работы входными параметрами являются: e (поворот рукоятки управления площадью проходного сечения гидродросселя P) и M_H , который задается на контроллере KP , регулирующем ток в обмотке порошковой магнитной муфты $МП$, подключенной к валу гидромотора $ГМ$. Момент нагрузки M_H задается в виде относительной величины в долях от максимального значения, которая оговаривается перед выполнением работы.

Контролируемыми параметрами являются: ток в цепи тахогенератора $ТГ$, по величине которого определяем $n_{ГМ}$, и показания динамометра $Д$, использующиеся при определении момента на статоре электродвигателя $ЭД$, равного моменту на валу насоса $Н$.

Учитывая коэффициенты передачи измерительных приборов и коэффициенты полезного действия гидромашин (потери в трубопроводах пренебрегаем), каноническое уравнение, определяющее скорость движения выходного звена такого гидропривода

$$n_{ГМ} = \frac{\mu \cdot S_{др}}{W_{ГМ}} \cdot \sqrt{p_H - \frac{2 \cdot \pi \cdot M_H}{W_{ГМ}}},$$

преобразуется в уравнение, заложенное в программу компьютера:

$$I_{\text{ТГ}} \cdot K_{\text{ТГ}} = I_{\text{ТГ max}} \cdot e \cdot (1 - K_{\text{ГМ}} \cdot I_{\text{М}} \cdot K_{\text{М}}) \cdot \sqrt{(p_{\text{Н}} - K_{\text{П}} \cdot e) - \frac{2 \cdot \pi}{W_{\text{ГМ}}} \cdot (I_{\text{М}} \cdot K_{\text{М}} + M_{\text{Т}})}.$$

В этом уравнении: $I_{\text{ТГ}}$ – ток в цепи тахогенератора (показание микроамперметра T) [А];
 $K_{\text{ТГ}}$ – коэффициент передачи тахогенератора [Па^{0,5}];

$p_{\text{Н}}$ – максимальное давление на выходе насоса [Па];

$K_{\text{П}}$ – коэффициент, учитывающий жесткость пружины переливного клапана [Па];

$W_{\text{ГМ}}$ – рабочий объем гидромотора [м³];

$K_{\text{ГМ}}$ – коэффициент утечек в гидромоторе [(Н·м)⁻¹];

$I_{\text{М}}$ – ток в цепи порошковой магнитной муфты [А];

$K_{\text{М}}$ – коэффициент передачи магнитной муфты [Н·м/А];

$M_{\text{Т}}$ – момент трения в гидромоторе [Н·м].

Важным параметром, позволяющим определить кпд гидропривода во всем диапазоне нагрузок, является показание динамометра F . В лабораторной работе величина F определяется из выражения:

$$F = \frac{(p_{\text{Н}} - K_{\text{р}} \cdot I_{\text{ТГ}}) \cdot W_{\text{Н}}}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \eta_{\text{М}}},$$

где: R – плечо приложения силы F [м];

$W_{\text{Н}}$ – рабочий объем насоса [м³];

$\eta_{\text{М}}$ – механический кпд насоса, принимаемый постоянным по паспортным данным;

$K_{\text{р}}$ – коэффициент, учитывающий жесткость пружины переливного клапана, равный:

$$K_{\text{р}} = \frac{\Delta p}{I_{\text{ТГ max}}} \text{ [Па/А]},$$

здесь: Δp – максимальный разброс давления на выходе насоса, обусловленный жесткостью пружины переливного клапана.

Важным преимуществом предлагаемого компьютерного варианта лабораторной работы является то, что он позволяет продемонстрировать направление и интенсивность потоков жидкости в трубопроводах, соединяющих элементы гидропривода, а также показать перемещение запорно-регулирующих элементов агрегатов управления (рисунок 4 а, б). Такая возможность весьма полезна для понимания процессов, происходящих в гидроприводе при регулировании скорости его выходного звена.

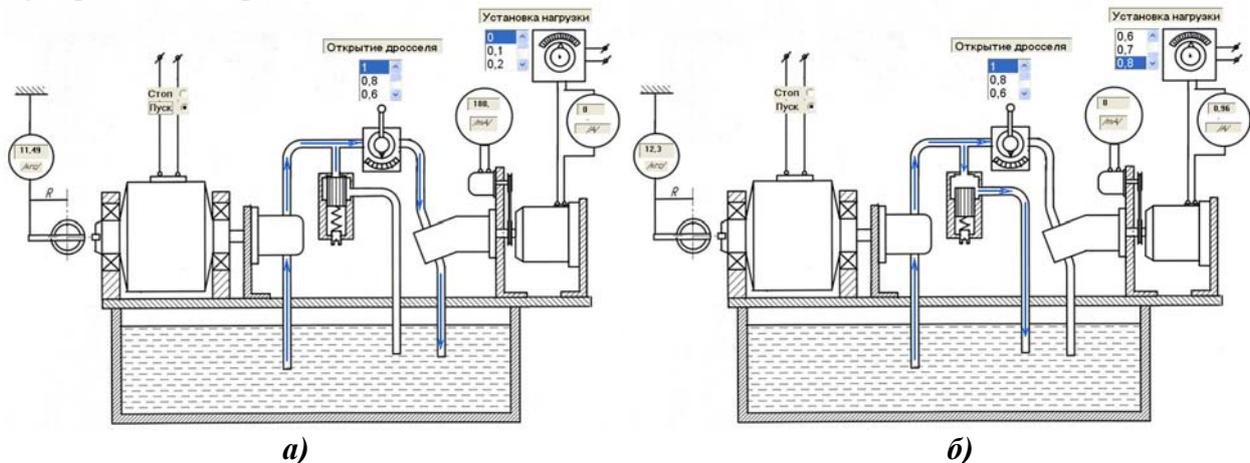


Рисунок 4 – Экранные изображения, получающиеся при выполнении предлагаемой лабораторной работы: а) при максимальной частоте вращения вала гидромотора, б) при нулевой частоте вращения вала гидромотора

Кроме этого в отличие от учебных фильмов или ряда известных компьютерных учебных программ, в которых демонстрируются различные опыты и студент является при этом пассивным наблюдателем, в предлагаемой виртуальной лабораторной работе он становится активным исполнителем эксперимента. С помощью компьютерной мыши он задает необходимые параметры в любом сочетании величин и в любой последовательности, наблюдает, как реально при этом движется жидкость в гидросистеме, фиксирует при этом показания приборов, соответствующие реальным, на основании этих показаний проводит расчеты и строит соответствующие графики.

Экспериментальные данные и расчетные характеристики заносятся в соответствующий протокол, который является формой отчетности о выполнении лабораторной работы.

Для реализации данного сценария проведения лабораторной работы была разработана программа в среде Visual Basic, обеспечивающая соответствующий диалоговый режим. Эта программа по необходимости активирует блоки подпрограмм, реализующих то или иное действие. Основными из них являются:

- подпрограмма, обеспечивающая контроль в диалоговом режиме за правильностью включения установки;
- блок подпрограмм, реализующих работу приборов, контролирующих параметры, снимаемые во время проведения опыта;
- блок подпрограмм, реализующих визуализацию потоков жидкости в трубопроводах;
- блок подпрограмм, реализующих визуализацию работы переливного клапана.

Кроме этого в данной лабораторной работе имеется возможность разнообразить условия проведения опыта, изменяя величины: усилия предварительного поджатия пружины переливного клапана и ее жесткость, коэффициента передачи тахогенератора, максимального значения давления на выходе насоса, рабочего объема гидромотора и т.д.

Заключение

Таким образом, на основании приведенных примеров можно сделать вывод о том, что разработанный программный комплекс, реализующий виртуальные лабораторные работы по дисциплине «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы» для машиностроительных специальностей, удовлетворяет отмеченным выше требованиям, а значит, может быть рекомендован для использования в системе дистанционного образования.

Данная публикация подготовлена на основании материалов, полученных при выполнении научных исследований по договору № 2010/249 на тему «Концепция дистанционной формы обучения по общетехническим дисциплинам», проводимых на средства РГНФ в рамках программы «Поддержка приоритетных фундаментальных гуманитарных исследований» на 2010-2012 годы.

Литература

1. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Пхакадзе С.Д., Зыков В.А. Гидравлика и гидромашины. Лабораторные работы по курсу «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы». Рекомендовано Министерством общего и профессионального образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений машиностроительных специальностей. М., МАМИ, 1998, с. 48.
2. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Пхакадзе С.Д., Зыков В.А. Объемные гидроприводы. Лабораторные работы по курсу «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы». Рекомендовано Министерством общего и профессионального образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений машиностроительных специальностей. М., МАМИ, 1998, с. 24.