

2.4. ЛАБОРАТОРИЯ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Заведующий д. т. н. М.И. Низовцев

тел. (383) 316-53-36

Основные направления деятельности

- Экспериментально-теоретические исследования и их практическая реализация в области теплообменного оборудования и строительной теплофизики
- Исследование процессов интенсификации тепло- и массообмена в пористых телах и многофазных потоках
- Развитие научных подходов при решении инженерных задач энерго- и ресурсосбережения
- Разработка приборов и измерительных средств для теплофизических экспериментов

Результаты научно-исследовательских работ 2016 г.

Проект: Ш.18.2.4: **ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛО- И МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ, СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖКХ И НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ** (Гос. рег. 01201350442, ГЗ 0322-2014-0004)

Задание: Проведение расчетно-экспериментальных исследований, направленных на повышение эффективности работы рекуперативного воздушного теплообменника с ячеистой структурой

Разработана физико-математическая модель расчета воздушно-воздушного теплообменника с периодическим изменением направления воздушного потока с учетом испарения и конденсацию влаги на стенках каналов теплообменной матрицы регулярной структуры, а также возможность образования водяного тумана непосредственно в воздушных потоках. Модель является дальнейшим развитием ранее описанной модели расчета циклического воздушного регенератора без учета фазовых превращений. В результате расчетов показано, что учет фазовых превращений при определенных температурах и влажностях воздушных потоков может существенно повлиять как на температурную, так и на влажностную эффективность работы такого аппарата.

Эффективность регенерации теплообменными устройствами тепла или холода вентиляционного воздуха обычно характеризуют температурной эффективностью ε_s , а эффективность регенерации влаги – влажностной эффективностью ε_L . В общем случае эффективности «теплого» ε_s^+ , ε_L^+ и «холодного» ε_s^- , ε_L^- полупериодов работы регенератора с периодическим изменением направления

воздушного потока могут отличаться. При условии равенства расходов воздуха при смене направления потока можно записать:

$$\varepsilon_S^+ = \frac{t_{12} - t_{11}}{t_{21} - t_{11}}, \varepsilon_S^- = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}, \varepsilon_L^+ = \frac{(\omega_{12} + f_{12}) - \omega_{11}}{\omega_{21} - \omega_{11}}, \varepsilon_L^- = \frac{(\omega_{22} + f_{22}) - \omega_{21}}{\omega_{21} - \omega_{21}}.$$

Здесь t_{11} – температура наружного воздуха, t_{12} – температура воздуха, поступающего в помещение из теплообменника, t_{21} – температура внутреннего воздуха и t_{22} – температура воздуха, выходящего из теплообменника наружу. Здесь ω – среднее по сечению потока влагосодержание, а f – массовая доля частиц тумана в единице массы сухого воздуха.

Результаты расчетов влияния влажности внутреннего воздуха на температурную эффективность регенератора при температуре внутреннего воздуха 25°C, наружного воздуха 1°C и относительной влажности наружного воздуха 80% приведены на рис. 1.

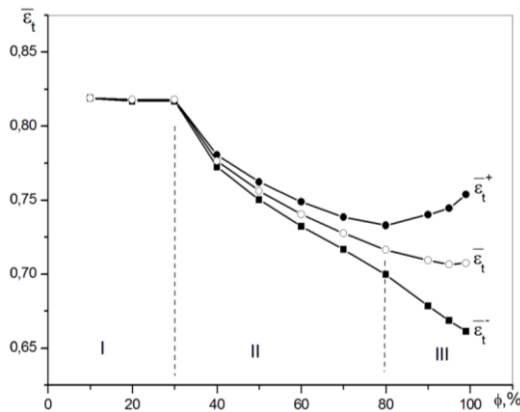


Рис. 1. Средняя температурная эффективность при влажности внутреннего воздуха: I – низкой; II – средней, III – высокой.

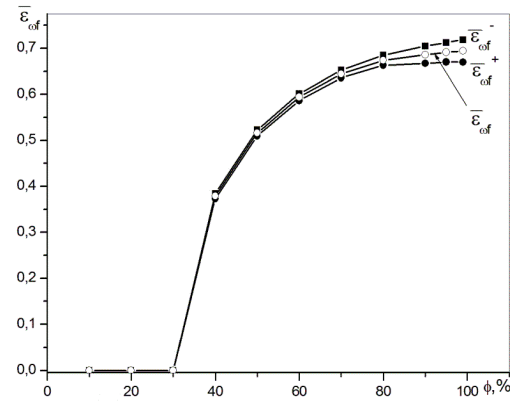


Рис. 2. Зависимость средней влажностной эффективности от влажности внутреннего воздуха

На рисунке представлены средние температурные эффективности за “теплый” $\bar{\varepsilon}_S^+$ и “холодный” $\bar{\varepsilon}_S^-$ полупериоды, а также в целом за период, $\bar{\varepsilon}_S = (\bar{\varepsilon}_S^+ + \bar{\varepsilon}_S^-) / 2$. В изменении температурной средней эффективности можно выделить три характерных диапазона относительной влажности.

Для первого диапазона «низкой» относительной влажности внутреннего воздуха от 0% до 30% в расчетах получено постоянство средней температурной эффективности, и $\bar{\varepsilon}_S = \bar{\varepsilon}_S^+ = \bar{\varepsilon}_S^-$. Такое постоянство средней эффективности связано с отсутствием в данном диапазоне влажности внутреннего воздуха фазовых превращений в теплообменной матрице при обоих направлениях воздушного потока.

Второй диапазон – эта область «умеренных» влажностей внутреннего воздуха от 30% до 80%. Для него характерны процессы конденсации и испарения влаги в теплообменной матрице, которые приводили к снижению средней температурной эффективности в «теплом» и в «холодном» полупериодах работы регенератора. Так, во время «холодного» полупериода образование конденсата уменьшало охлаждение воздушного потока и снижало явную эффективность. Во

время «теплого» полупериода происходило испарение конденсата, которое сопровождалось дополнительным охлаждением стенок каналов и воздушного потока. В результате это приводило к уменьшению нагрева воздуха и снижению явной эффективности. Во время «холодного» полупериода часть конденсата образовывалась в потоке в виде тумана и уносилось из канала, поэтому на «холодном» полупериоде происходило более значительное снижение явной эффективности, чем на «теплом». В диапазоне «умеренных» влажностей внутреннего воздуха, накопления влаги в теплообменной матрице за весь период работы регенератора не происходило. Вся влага, сконденсировавшаяся за «холодный» полуцикл в каналах теплообменной матрицы, испарялась в воздушный поток за «теплый» полуцикл.

Третий диапазон – область высокой относительной влажности внутреннего воздуха (80% и более). Особенность данного диапазона заключается в том, что в среднем за период конденсация преобладает над испарением и происходит постепенное накопление влаги на стенках канала. Это приводит к тому, что за период стенка канала дополнительно нагревается, что способствует росту $\bar{\varepsilon}_S^+$.

Другая причина роста $\bar{\varepsilon}_S^+$ заключается в конденсации влаги в потоке в виде тумана на «теплом» полуцикле при высокой влажности внутреннего воздуха.

На рис.2 приведены расчетные зависимости средней влажностной эффективности от влажности внутреннего воздуха. В диапазоне низкой влажности внутреннего воздуха < 30% фазовых превращений внутри теплообменной матрицы не происходило, и $\bar{\varepsilon}_L^+ = \bar{\varepsilon}_L^- = \bar{\varepsilon}_L = 0$. При дальнейшем увеличении влажности внутреннего воздуха наблюдался рост влажностной эффективности, причем с увеличением влажности внутреннего воздуха рост замедлялся. Следует отметить, что увеличение $\bar{\varepsilon}_L^-$ уже при «средних» влажностях внутреннего воздуха более заметное, чем $\bar{\varepsilon}_L^+$, что связано с образованием водяного тумана в потоке во время «холодного» полуцикла. При «высокой» влажности внутреннего воздуха разница становится еще более существенной, так как процессы конденсации при «холодном» полуцикле начинали преобладать над процессами испарения при «теплом», и происходило накопление влаги на стенках каналов теплообменной матрицы. Обращает на себя внимание достаточно высокая влажностная эффективность рассматриваемого регенератора с периодическим изменением направления воздушного потока при влажностях внутреннего воздуха комфортных для нахождения людей. Так, согласно расчетам влажностная эффективность регенератора составляла 0,6 при влажности внутреннего воздуха 60%.

Задание: Экспериментальное и теоретическое исследование механизма интенсификации охлаждения импульсным многокомпонентным спреем при островковом пленочном течении на поверхности теплообменника

Определено влияние на теплоотдачу динамических параметров пленки жидкости при охлаждении плоского теплообменника с нанопокрывтием. Теплообменник устанавливался в вертикальное или горизонтальное положение относительно многоструйной импульсной капельной струи в широком импактном

потоке газа. Измерения проводились при варьировании удельных расходов охлаждающей жидкости и плотности нанопокрyтия. На рис. 3 приведена зависимость коэффициента теплоотдачи h от удельного расхода жидкости импульсного спрея g при разной плотности текстурированной подложки g_n , состоящей из одностенных углеродных нанотрубок TUBALL производства ООО «Плазмохимические технологии» г. Новосибирск.

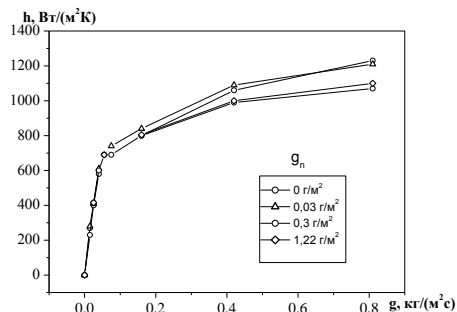


Рис.3. Зависимость коэффициента теплоотдачи от удельного расхода жидкости при длительности капельного импульса $\tau_{и} = 2$ мс и плотности нанопокрyтия

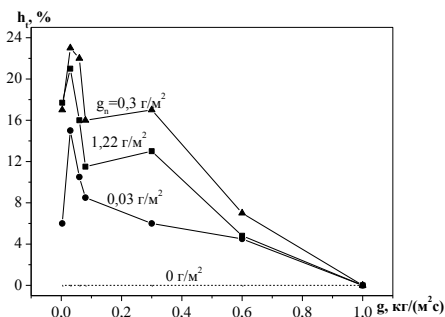


Рис.4. Влияние плотности покpытия на теплоотдачу

На рисунке 4 приведена зависимость относительного коэффициента теплоотдачи $h_1 = (h_1 - h_0)/h_0 \cdot 100$, (h_0 – коэффициент теплоотдачи без нанопокрyтия рабочей поверхности теплообменника, h_1 – с покpытием) от расхода капельного импульсного спрея при $\tau_{и} = 2$ мс и разной плотности нанопокрyтия. Анализ зависимости теплоотдачи от плотности нанопокрyтия показывает, что для режима с удельным расходом жидкости в диапазоне $0,01 - 0,4$ кг/м²с наблюдается максимальное влияние на эффективность теплоотдачи для всех плотностей покpытия.

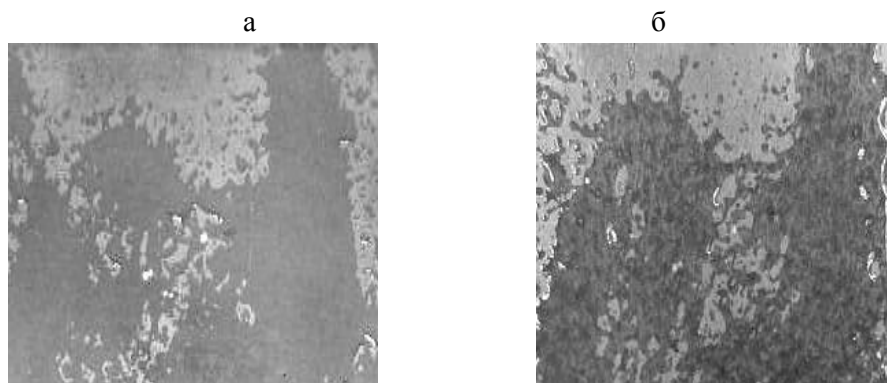


Рис. 5 Фотография смоченной поверхности теплообменника а- поверхность без покpытия, б – с нанопокpытием $g_n = 0.143$ г/м²

При увеличении расхода жидкости ($> 0,9$ кг/м²с) влияние плотности нанопокрyтия на теплоотдачу уменьшается и приближается к теплоотдаче

поверхности без покрытия. Получено, что при плотности покрытия $g_n = 0,3 \text{ г/м}^2$ наблюдался максимальный рост теплоотдачи на 23% относительно медной поверхности без покрытия. При больших и меньших плотностях покрытия теплоотдача снижалась. Анализ видеоматериала о характере течения жидкой пленки без покрытия и с нанопокрывтием показал, что шероховатая поверхность создавала условия для формирования более тонкой пленки, которая покрывала большую поверхность и препятствовала образованию капель и ручейков. На рис. 5 приведены фотографии пленочных образований на поверхности без покрытия и с покрытием нанотрубками плотностью $g_n = 0,143 \text{ г/м}^2$, при которой наблюдался максимальный рост теплоотдачи. Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы в инженерных приложениях и для верификации численных кодов.

Задание: Создание макета прибора для определения эффективного значения влияния вязкости нефти на расходные характеристики, основанного на применении канала специальной формы при транспортировке нефти по нефтепроводу. Проведение испытаний.

Результатом выполнения работ стало испытание макетного образца комплексного прибора «Кварта–Н-В-В-50» для определения расхода смеси нефти с водой и газом в потоке с применением измерительного канала щелевой формы. Для определения зависимости действующего значения вязкости и скорости звука в суспензии, был модернизирован водоглицериновый стенд (рис.1). Были разработаны дозатор воздуха (ба) и специальный участок для оптического наблюдения за составом смеси (бб). Выполненные испытания на модернизированном стенде показали, что разработанный комплекс в составе ультразвукового измерителя средней скорости потока УЗИС, щелевого расходомера «Кварта-Н-50», диэлектрического влагомера «Кварта ВН» и быстродействующего датчика температуры потока позволяет определить действующее значение вязкости и расходы трех компонент суспензии.

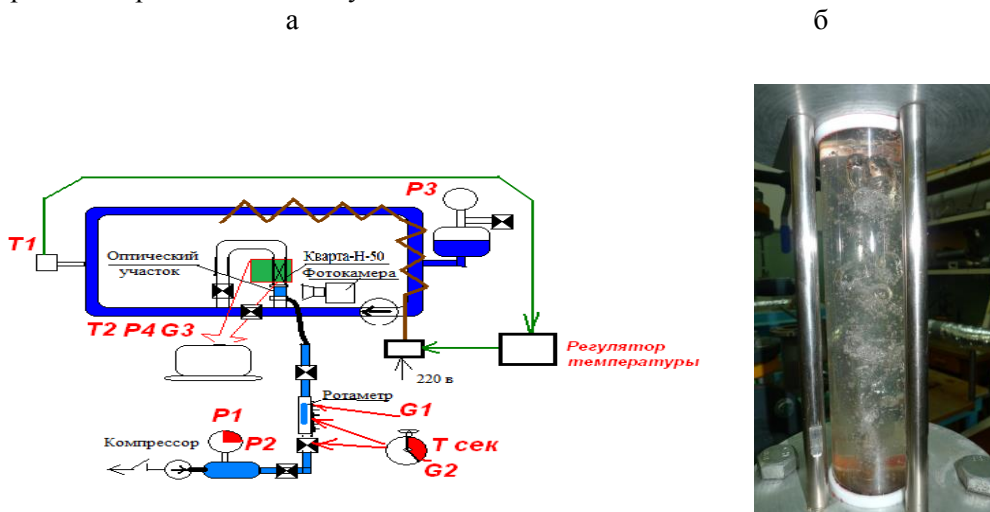


Рис. 6. Многофазный гидродинамический стенд
 $G1, G2, G3$ – расход газа, жидкости и смеси; $T1, T2$ – температура смеси;
 $P1, P2, P3, P4$ – давление в газовой магистрали и в контуре.

Оптические наблюдения и измерение прозрачности потока показали, что для устойчивой работы создаваемого комплекса необходимым условием является специальные требования по однородности потока. На рис.7 приведён график зависимости скорости звука от концентрации воздуха для режимов течения таб. 1 и фотографии потока при данных режимах.

Таблица 1.

№ режима	Расход газа, м ³ /час	Расход смеси, м ³ /час	Давление, кПа,	Прозрачность, Kg	Скорость звука, м/с
1	0,04	0,08	22150,42	158,31	1486,89
2	0,12	0,24	19920,84	113,13	1485,4
3	0,22	0,44	17855,54	79,82	1485,01

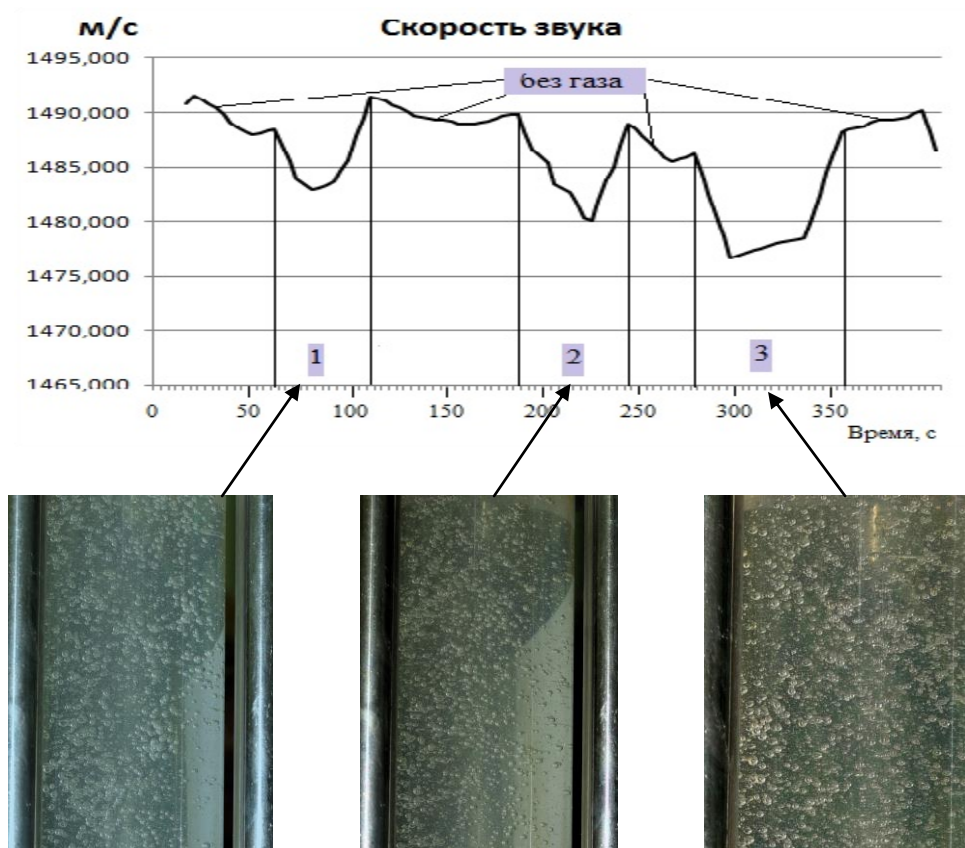


Рис. 7. Скорость звука для трех режимов течения в измерительном канале

Стендовые испытания созданного макетного образца комплекса позволили провести исследования влияния газового фактора на действующее значение вязкости смеси и на расходные характеристики. Полученные опытные данные позволяют приступить к разработке нового алгоритма, который будет опреде-

лять содержание газа в смеси (влага-газ-нефть). Физически обоснован и исследован новый метод определения действующего значения вязкости водо-газо-нефтяного потока. Предложен новый метод определения расходных характеристик водо-газо-нефтяного потока, основанный на использовании статистически осредненных параметров зондируемой ультразвуком среды в специальном щелевом измерительном канале, исследованы зависимости, которые позволяют разработать алгоритм для создания многофазного расходомера для технологических задач на скважине.

Перечень проектов, выполняемых сотрудниками лаборатории

Проект РФФИ: **Тепломассообмен с фазовыми превращениями на поверхностях пористых сред и перфорированных материалов** (15-08-0068, рук. Низовцев М.И.)

Проект РФФИ: **Теоретико-экспериментальные исследования тепло- и влагопереноса в новых конструкциях наружных стен из древесины и монолитного полистиролбетона и системах фасадного утепления зданий** (16-48-700367, рук. Цветков Н. А)

Проект РФФИ: **Тепломассоперенос в отрывных и вихревых потоках с фазовыми превращениями** (14-19-00402, рук. Терехов В.И.)

Международные связи

Выполняются работы по международному контракту с фирмами «Air Products» (США) и «БАСФ» (Германия).

Связи с вузовской наукой

Совместно с Алтайским государственным техническим университетом создана кафедра в ИТ СО РАН и проблемная лаборатория в АлтГТУ. Низовцев М.И. – заведующий кафедрой теплофизических, химических и экологических проблем в энергетике, технологии и тепловых двигателях.

Назаров А.Д. – заведующий кафедрой естественно-научных дисциплин Высшего колледжа информатики Новосибирского государственного университета.

Публикации

Монографии – 1

Центральные журналы – 7

Международные журналы – 3

Труды международных конференций – 8

Доклады на конференциях и совещаниях

Международных – 14

в т.ч. секц. – 13

стенд. – 1

Всероссийских – 12

в т.ч. приг. – 2
секц. – 10

Подготовка научных кадров высшей квалификации

Работа в научных и диссертационных советах

Низовцев М.И. – член Ученого совета ИТ СО РАН, член специализированного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций Д 003.053.01 в ИТ СО РАН;

Серов А.Ф. – член межведомственного диссертационного совета Д.01.05.306 при Государственном университете им. К. Тынытстанова Республики Казахстан.

Подготовка отзывов официальных оппонентов на диссертационные работы

Серов А.Ф. – отзыв на работу Сенькова Д.В., «Разработка структуры и алгоритмов управления силовыми преобразователями для электрофизических установок», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Подготовка отзывов на авторефераты диссертационных работ

Низовцев М.И. – отзывы:

- на автореферат диссертации Байкина Алексея Николаевича «Динамика трещины гидроразрыва пласта в неоднородной пороупруговой среде», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

- на автореферат диссертации Степанова Анатолия Анатольевича «Методы динамического контроля температуры и температурозависимых величин при исследовании объектов в условиях Крайнего Севера», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.11.01 – Приборы и методы измерений по видам измерений (тепловые и оптические величины)

- на автореферат диссертации Велькина Владимира Ивановича «Методология определения параметров энергокомплексов на основе возобновляемых источников энергии для электро- и теплоснабжения автономных объектов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.08 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

Серов А.Ф. – отзыв на автореферат диссертации Цыганковой А.В. «Совершенствование стабилизации температурного режима регулируемой трубопроводной системы теплоснабжения зданий», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.14.04 – промышленная энергетика.

Участие в совместных с вузами научно-образовательных проектах, научных исследованиях и экспериментальных разработках, а также иных совместных мероприятиях

Участие в работе «III Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Молодежь, наука, технологии, новые идеи и перспективы», Томск, ТГАСУ, ноябрь 2016

Научно-педагогическая деятельность

Проф. Серов А.Ф., НГТУ, лекции и семинары, «Разработка, планирование и обработка результатов эксперимента», «Компьютерные технологии в науке и образовании».

Проф. Сеначин П.К., АлГТУ им. И.И. Ползунова, каф. двигателей внутреннего сгорания, «Двигатели внутреннего сгорания», лекции.

Научно-исследовательская работа со студентами и аспирантами

Студентов НГУ – 1
Студентов НГТУ – 2
Аспирант ИТ – 2

Кадровый состав

Всего сотрудников – 20
из них научных сотрудников – 7
в т. ч. докторов наук – 4
кандидатов наук – 3

Информационно-вычислительные ресурсы

Персональные ЭВМ:

Pentium – 12

Компьютеры подключены к локальной сети Института