

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета прикладной биотехнологии и  
инженерии

В.Г. Коротков

(подпись, расшифровка подписи)

30" августа 2016 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

### ДИСЦИПЛИНЫ

*«Б.1.В.ДВ.6.2 Тепло- и массообменные процессы химической технологии»*

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

*18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*

(код и наименование направления подготовки)

*Машины и аппараты химических производств*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

*Программа академического бакалавриата*

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Заочная*

**Рабочая программа дисциплины «Б.1.В.ДВ.6.2 Тепло- и массообменные процессы химической технологии» /сост.**

**С.Ю. Соловых - Оренбург: ОГУ, 2016**

Рабочая программа предназначена студентам заочной формы обучения по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

© Соловых С.Ю., 2016  
© ОГУ, 2016

## Содержание

|   |   |
|---|---|
| 1 Цели и задачи освоения дисциплины .....   | 4 |
| 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы .....  | 4 |
| 3 Требования к результатам обучения по дисциплине .....   | 5 |
| 4 Структура и содержание дисциплины .....   | 6 |
| 4.1 Структура дисциплины .....  | 6 |
| 4.2 Содержание разделов дисциплины .....  | 7 |
| 4.3 Практические занятия (семинары) .....   | 7 |
| 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....  | 8 |
| 5.1 Основная литература .....   | 8 |
| 5.2 Дополнительная литература .....   | 8 |
| 5.3 Периодические издания .....   | 8 |
| 5.4 Интернет-ресурсы .....  | 8 |
| 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий ..... | 9 |
| 6 Материально-техническое обеспечение дисциплины .....  | 9 |
| Лист согласования рабочей программы дисциплины .....  |   |
| Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины .....   |   |
| Приложения:   |   |
| Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине .....  |   |
| Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....  |   |

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель (цели)** освоения дисциплины:

На базе современных достижений науки в сфере тепло- и массообмена овладеть методами расчета процессов химической технологии, и, в том числе, с использованием современных программных средств.

**Задачи:**

изучить законы термодинамики и тепломассообмена и способы их применения при практических расчетах, выявить основные способы энергосбережения, рациональные способы эксплуатации машин и технологического оборудования химических технологий, знать методики теплового и массообменного расчетов технологических аппаратов химических производств.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.В.ОД.8 Ремонт и монтаж химического и нефтехимического оборудования*

Требования к входным результатам обучения, необходимым для освоения дисциплины

| Предварительные результаты обучения, которые должны быть сформированы у обучающегося до начала изучения дисциплины  | Компетенции   |
|---|---|
| <p><b>Знать:</b><br/>назначение стандартных программных средств</p> <p><b>Уметь:</b><br/>проводить оценку современных достижений науки с использованием информационных технологий</p> <p><b>Владеть:</b><br/>Способностью работать в научном (трудовом) коллективе в условиях динамичной организации труда</p>  | ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности |
| <p><b>Знать:</b><br/>способы представления результатов исследования</p> <p><b>Уметь:</b><br/>работать в компьютерной среде для получения научно-технической информации</p> <p><b>Владеть:</b><br/>видами систематизации результатов исследований</p>  | ПК-13 готовностью изучать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований   |
| <p><b>Знать:</b><br/>основные стадии проектирования технологического процесса с использованием современных программных средств на основе компьютерных технологий.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>эффективно использовать компьютерные технологии для снижения затрат на проектно-конструкторскую работу.</p> <p><b>Владеть:</b><br/>современными пакетами прикладных программ в области</p> | ПК-14 способностью применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе   |

|  |   |
|--|---|
| Предварительные результаты обучения, которые должны быть сформированы у обучающегося до начала изучения дисциплины проектирования оборудования и сооружений.   | Компетенции   |
| <p><b>Знать:</b><br/>назначение стандартных программных средств</p> <p><b>Уметь:</b><br/>проводить оценку современных достижений науки с использованием информационных технологий</p> <p><b>Владеть:</b><br/>Способностью работать в научном (трудовом) коллективе в условиях динамичной организации труда</p> | ПК-17 способностью участвовать в проектировании отдельных стадий технологических процессов с использованием современных информационных технологий |

Постреквизиты дисциплины: *Б.2.В.П.1 Преддипломная практика*

### 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

| Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций  | Формируемые компетенции   |
|--|---|
| <p><b>Знать:</b><br/>методы и средства познания, обучения, самоконтроля и интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития; научных основ организации труда</p> <p><b>Уметь:</b><br/>самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; организовывать свой труд на научной основе</p> <p><b>Владеть:</b><br/>навыками самостоятельной работы</p>  | ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию   |
| <p><b>Знать:</b><br/>социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности</p> <p><b>Уметь:</b><br/>достаточно для профессиональной деятельности работать с персональным компьютером</p> <p><b>Владеть:</b><br/>способностью на научной основе организовывать свой труд, оценивать с большой степенью самостоятельности результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы</p> | ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности |
| <p><b>Знать:</b><br/>способы реализации преемственности в научных исследованиях и производственной деятельности</p> <p><b>Уметь:</b><br/>проводить анализ и развернутую обработку полученных данных</p> <p><b>Владеть:</b><br/>современными технологиями получения информации о достижениях науки</p>  | ПК-13 готовностью изучать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований   |
| <p><b>Знать:</b><br/>методику обработки экспериментальных данных для исследования технологических процессов и природных сред.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>использовать методы обработки экспериментальных данных для их</p>   | ПК-14 способностью применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред,  |

|  |  |
|--|--|
| Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций  | Формируемые компетенции  |
| последующего анализа<br><b>Владеть:</b><br>навыками обработки данных для анализа технологических процессов оценки работы аппаратов химических производств.   | использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе                   |
| <b>Знать:</b><br>методы математического моделирования и теорию оптимизации технологических процессов.<br><b>Уметь:</b><br>применять на практике методы математического моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающие процессы процессов химических технологий на базе стандартных пакетов прикладных программ.<br><b>Владеть:</b><br>навыками математического моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов химических технологий на базе стандартных пакетов прикладных программ. | ПК-16 способностью моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности |

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

| Вид работы  | Трудоемкость, академических часов |              |
|---|-----------------------------------|--------------|
|   | 9 семестр                         | всего        |
| <b>Общая трудоёмкость</b>   | <b>144</b>                        | <b>144</b>   |
| <b>Контактная работа:</b>   | <b>14,5</b>                       | <b>14,5</b>  |
| Лекции (Л)  | 8                                 | 8            |
| Практические занятия (ПЗ)   | 6                                 | 6            |
| Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)   | 0,5                               | 0,5          |
| <b>Самостоятельная работа:</b>  | <b>129,5</b>                      | <b>129,5</b> |
| - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ);   | 40                                | 40           |
| - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); | 40                                | 40           |
| - подготовка к практическим занятиям;   | 49,5                              | 49,5         |
| <b>Вид итогового контроля</b>   | <b>диф. зач.</b>                  |              |

Разделы дисциплины, изучаемые в 9 семестре

| № раздела | Наименование разделов  | Количество часов |                   |    |                |
|-----------|--|------------------|-------------------|----|----------------|
|           |  | всего            | аудиторная работа |    | внеауд. работа |
|           |  |                  | Л                 | ПЗ |                |
| 1.        | Основные понятия о теплообменных процессах   | 20               | 2                 |    | 18             |
| 2.        | Теплопроводность. Излучение. Теплоотдача   | 52               | 2                 | 4  | 46             |
| 3.        | Общее понятие о массообменных процессах. .   | 20               | 2                 |    | 18             |
| 4.        | Молекулярная диффузия. Сорбционные процессы. Ректификация. Экстракция. Сушка. Растворение и кристаллизация | 52               | 2                 | 2  | 48             |
|           | Итого:   | 144              | 8                 | 6  | 130            |
|           | Всего:   | 144              | 8                 | 6  | 130            |

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### 1 Основные понятия о теплообменных процессах.

*Общее понятие теплопередачи. Основной закон теплопередачи. Коэффициент теплопередачи.*

### 2. Теплопроводность. Излучение. Теплоотдача

*Определение теплопроводности. Температурный градиент. Основной закон теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности.*

*Идеальные и реальные лучистые тела. Законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Степень черноты тела.*

*Конвективный теплообмен. Основной закон теплоотдачи. Связь коэффициента теплопередачи с коэффициентами теплоотдачи. Движущая сила теплообменных процессов. Критерии теплового подобия.*

*Теплоотдача при вынужденном и свободном продольном и поперечном движении жидкостей и газов относительно труб. Теплоотдача при конденсации и кипении жидкостей. Методика теплового расчета теплообменников. Типовые конструкции кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменников. Устройство конденсаторов и градирен.*

### 3. Общее понятие о массообменных процессах.

*Общая классификация массообменных процессов: сорбция, экстракция, ректификация, сушка, растворение и кристаллизация. Материальный баланс массообменных процессов. Основное уравнение массопередачи. Линия равновесия. Рабочая линия процесса.*

### 4. Молекулярная диффузия. Сорбционные процессы. Ректификация. Экстракция. Сушка. Растворение и кристаллизация.

*Первый закон Фика. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика). Движущая сила массообменных процессов. Число единиц переноса. Высота единиц переноса. Связь коэффициента массопередачи с коэффициентами массоотдачи. Критерии подобия в массообменных процессах.*

*Абсорбция – физическая сущность, область применения. Абсорбент и абсорбтив. Абсорберы. Гидродинамические режимы работы. Адсорбция – физические основы, виды, сущность. Адсорбент и адсорбтив. Уравнение материального баланса и расчет адсорбционной аппаратуры. Виды насадок, требования предъявляемые к ним. Типы тарелок. Особенности эксплуатации. Десорбция.*

*Ректификация: основы теории и законы перегонки. Фазовые диаграммы. Идеальные и реальные смеси. Фракционная перегонка. Материальный баланс процесса перегонки. Ректификация: экстрактивная, азеотропная, дефлегмация. Аппараты для проведения ректификации.*

*Экстракция – сущность, базовые понятия. Процессы экстракции в системе жидкость – жидкость. Равновесие в процессах экстракции. Схемы экстракции. Устройство экстракционных аппаратов.*

*Сушка – общая характеристика процессов. Влага – свободная и связанная. Кинетика сушки и скорость процесса. Способы и виды сушки, применяемые в химической промышленности. Материальный и тепловой баланс сушки. Виды сушилок.*

*Концентрация растворов. Растворимость. Растворители и растворенные вещества. Закон Дальтона. Закон Генри. Закон Рауля. Аппараты для проведения процессов растворения. Способы интенсификации растворения. Кристаллизация – основы теории и область применения. Полиморфизм. Кривые равновесия. Способы кристаллизации, оборудование.*

## 4.3 Практические занятия (семинары)

| № занятия | № раздела | Тема   | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1.        | 2         | Компьютерное моделирование процессов теплоотдачи | 2            |
| 2.        | 2         | Расчет теплообменника                            | 2            |
| 3.        | 4         | Расчет абсорбера                                 | 2            |
|           |           | Итого:   | 6            |

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. **Касаткин, А.Г.** Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. - 7-е изд. - М. : Гос. научно-техническое изд-во хим. лит., 1961. - 831 с. - ISBN 978-5-4458-5004-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=220605>
2. **Романков, П.Г.** Массообменные процессы химической технологии : учебное пособие / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. - СПб. : Химиздат, 2011. - 439 с. - ISBN 978-5-93808-194-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=99360> .
3. **Процессы и аппараты химической технологии**: общий курс : в 2-х кн. / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др. ; под ред. В.Г. Айнштейн. - 5-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 1759 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9963-2214-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=279374>

### 5.2 Дополнительная литература

1. **Дытнерский, Ю. И.** Процессы и аппараты химической технологии [Текст] : в 2 кн.: учеб. для вузов / Ю. И. Дытнерский. - М. : Химия, 2002 - ISBN 5-7245-1230-0.  
**Ч. 1** : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - 400 с.: ил. - ISBN 5-7245-1231-9.  
**Ч. 2** : Массообменные процессы и аппараты. - 368 с.
2. **Владимиров, А. И.** Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. И. Владимиров, В. А. Щелкунов, С. А. Круглов. - М. : Недра, 2002. - 227 с.
3. **Гухман, А. А.** Применение теории подобия к исследованию процессов тепло-массообмена [Текст] : процессы переноса в движущейся среде / А. А. Гухман. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1974. - 328 с
4. **Дьяконов, В.Г.** Основы теплопередачи : учебное пособие / В.Г. Дьяконов, О.А. Лонцаков ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2011. - 230 с. : ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1114-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258437> .
5. **Фролов, В.Ф.** Методы расчёта процессов и аппаратов химической технологии: (примеры и задачи) : учебное пособие / В.Ф. Фролов, П.Г. Романков, О.М. Флисюк. - СПб. : Химиздат, 2010. - 544 с. - ISBN 978-5-93808-182-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98345> .

### 5.3 Периодические издания

Журналы «Тепловые процессы в технике», «Теплоэнергетика».

### 5.4 Интернет-ресурсы

1. <http://biblioclub.ru/> - ЭБС «Университетская библиотека онлайн» — это электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной литературе по всем отраслям знаний ведущих российских издательств для учебных заведений. Каталог изданий систематически пополняется новой актуальной литературой.
2. <http://e.lanbook.com/> - это ресурс, включающий в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам.



3. <http://znanium.com/> - ЭБС Znanium.com - разработка Научно-издательского центра ИН-ФРА-М – это коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр., сгруппированных по тематическим и целевым признакам. В ЭБС реализована система поиска и отбора документов с удобной навигацией, созданием закладок, формированием виртуальных «книжных полок», сервисом страничного копирования, сбором и отображением статистики использования ЭБС, а также другими сервисами, способствующими успешной научной и учебной деятельности.

### **5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий**

- Программное средство LabWorksver1.2 – комплекс виртуальных лабораторных работ по гидравлике и теплообмену.

- Пакет MathCAD (фирма «РТС») — система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением, отличается лёгкостью использования и применения для коллективной работы.

## **6 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные и лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специализированных аудиториях кафедры МАХПП (ауд. 3116, 3118), оснащенных лабораторными стендами, моделями и реальными установками теплообменников, сушилок. Студенты имеют доступ в кафедральный компьютерный класс (ауд.3113), где установлен комплекс виртуальных лабораторных работ, имеется выход в библиотеку ОГУ и в Интернет.

### ***К рабочей программе прилагаются:***

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

**ЛИСТ  
согласования рабочей программы**

Направление подготовки: 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии  
код и наименование

Профиль: Машины и аппараты химических производств

Дисциплина: Б.1.В.ДВ.6.2 Тепло- и массообменные процессы химической технологии

Форма обучения: заочная  
(очная, очно-заочная, заочная)

Год набора 2016

РЕКОМЕНДОВАНА заседанием кафедры  
Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств  
наименование кафедры

протокол № 7 от "18" 02 2016г.

Ответственный исполнитель, заведующий кафедрой  
Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств  
наименование кафедры В.Ю. Полицук  
подпись расшифровка подписи

Исполнители:  
должность подпись С.Ю. Соловух  
расшифровка подписи

должность подпись расшифровка подписи

**СОГЛАСОВАНО:**

Председатель методической комиссии по направлению подготовки  
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии  
код наименование личная подпись расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки  
Н.Н. Грицай  
личная подпись расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета  
Т.М. Крахмалева  
личная подпись расшифровка подписи

Рабочая программа зарегистрирована в ОИОТ ЦИТ  
Начальник отдела информационных образовательных технологий ЦИТ  
Е.В. Дырдина  
личная подпись расшифровка подписи

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины «Б.1.В.ДВ.6.2 Тепло- и массообменные процессы химической технологии» направления подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии профиль Машины и аппараты химических производств на 2017 год набора**

Внесенные изменения на 2017 год набора



Коротков В.Г.

(подпись, расшифровка подписи)

28 февраля 2017 г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

**5.1 Основная литература**

**Акулич, П.В.** Расчеты сушильных и теплообменных установок / П.В. Акулич. - Минск : Белорусская наука, 2010. - 444 с. - ISBN 978-985-08-1192-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89349>

**5.2 Дополнительная литература**

**Методы решения задач тепломассопереноса:** Теплопроводность и диффузия в неподвижной среде : учебное пособие / В.И. Коновалов, А.Н. Пахомов, Н.Ц. Гатапова, А.Н. Колиух ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 81 с. : ил., табл., схем. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277809>.

**5.4 Интернет-ресурсы**

<https://rucont.ru/> - ЭБС «Руконт» - национальный цифровой ресурс. Национальный цифровой ресурс «РУКОНТ» - межотраслевая научная библиотека на базе информационной технологии «КОНТЕКСТУМ». Здесь размещен цифровой контент различного рода: книги, периодические издания и отдельные статьи, а также аудио-, видео-, мультимедиа, софт и многое другое. Ежедневно обновляющаяся электронная библиотека (база данных) позволяет пользователям быть в курсе актуальной научной информации. Постоянно ведется работа по расширению содержания и усовершенствованию функциональных возможностей Национального цифрового ресурса «РУКОНТ».

**5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий**

WPS Office — офисный пакет, созданный китайским разработчиком программного обеспечения Kingsoft как альтернатива MicrosoftOffice. Продукт имеет давнюю историю развития в Китае. «WPS Office» имеет официальные интерфейсы на многих языках, в том числе английском, французском, немецком, испанском, португальском, русском и польском. Версии для Android и Linux (alphaversion) полностью бесплатны и имеют интернациональный язык интерфейса (в Linux-версии перевод на русский язык осуществлён сообществом). Пакет состоит из текстового процессора KingsoftWriter, программы создания презентаций KingsoftPresentation и табличного процессора KingsoftSpreadsheets.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

Машины и аппараты химических и пищевых производств

наименование кафедры, дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой

28.02.17, протокол №7

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий отделом комплектования Научной библиотеки ОГУ

Н.Н. Грицай

личная подпись

расшифровка подписи

дата

Уполномоченный по качеству факультета

Т.М. Крахмалева

личная подпись

расшифровка подписи

дата