

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

---

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра: «Машины и оборудование пищевой промышленности – основы механики»

# РЕФЕРАТИВНАЯ РАБОТА

по предмету «Прикладная механика»

НА ТЕМУ **РАСЧЁТ ЖЁСТКОСТИ МЕТОДОМ SMS**

Подготовил Алимова Мадина

Группа 42-11р

Принял ст. преп. Лямин А.В.

Ташкент – 2012

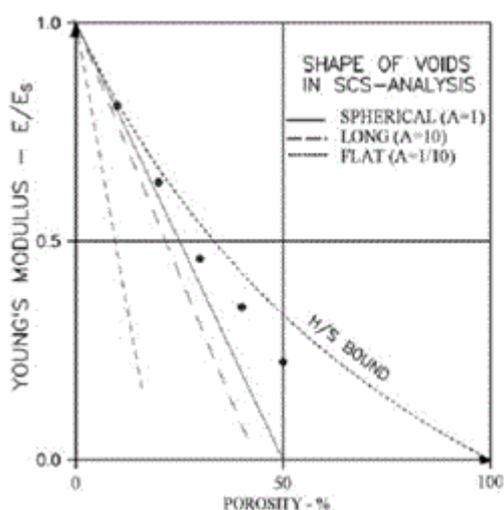
## Расчет жесткости методом SCS

Функции напряжения,  $f_k$  и  $f_g$ , определенный в (3.9), могут использоваться, чтобы оценить напряжение фазы P вообще, если свойства фазы S не заменены сложными свойствами (еще известный). Этот метод обобщения разведенного напряжения приостановки, чтобы примениться при любой концентрации фазы P является основанием так называемого SCS ограничения (Схема самостоятельной последовательности), которое может быть сделано для поведения композиционных материалов.

Числовой SCS-анализ развит в Приложении C в конце этой книги. Это основано на (3.6) с усилиями фазы P, введенными в цифровой форме решительными SCS-оценками.

Соединения рассматривают со смесями эллипсоидальных частиц произвольных форм.

Результаты применения SCS-анализа жесткости пористых материалов с пустотами различных форм представлены в Рис. 3.3.



(3.11)

(3.12)

Рис. 3.3 SCS. Жесткость пористых материалов предсказана SCS. Поры являются эллипсоидальными из различных форм (формат изображения A - длина пустоты относительно ее диаметра). Экспериментальные данные от тестов на пористом керамическомрм Аллюминии.

Закрытые аналитические SCS-решения для различных аспектов механического / физического поведения соединений с частицами специальной формы были ранее представлены в литературе: Сферические частицы рассмотрели Landauer, Vottcher, и Vudiansky в чрезвычайно тонкие диски рассмотрел Bruggeman в , и чрезвычайно длинные волокна рассмотрел Ван Бик в .

Очевидно, SCS-решение точно при низких концентрациях фазы P (разведенные приостановки). В Рис. 3.3 эта особенность наблюдается, замечая, что SCS для сферической системы поры совпадает с H/S, связанным при низких концентрациях, (впоследствии показано в этой книге, что жесткость пористых соединений CSAP очень хорошо предсказана с верхним H/S).

Приблизительная природа оценок жесткости SCS при более высоких концентрациях фазы P должна быть подчеркнута. Вообще SCS-анализ работает над самоопределенными конфигурациями, реальные формы которых могут, в настоящее время, только быть

предположены на. Это продемонстрировано в Приложении С (как обозначено в Рис. 3.3, что любое отклонение от сферических пор вызовет ниже предсказания жесткости SCS чем предсказание, полученное со сферическими порами. Таким образом, экспериментальные данные в Рис. 3.3 не могут быть лучше описаны SCS чем, предполагая, что поры - сферические пустоты.

Замечания: очевидно, что успех SCS-метода, чтобы предсказать жесткость соединений практически зависит от того, насколько геометрия практически напоминает самоопределенную геометрию, сделанную SCS-анализом. Очевидно, у реальной системы поры пористого алюминия, который рассматривают в Рис. 3.3, есть геометрия, которая не соглашается с SCS-геометрией в более высокой пористости. Таким образом, SCS методы не может вообще использоваться в качестве "инструмента" в исследовании в области поведения композиционных материалов против сложной геометрии. Это заявление применяется также для измененных SCS-методов, где "новые частицы" определены как оригинальные, окруженные некоторой матрицей.

Барабанная сушилка для сушки сахарного песка

## ВВЕДЕНИЕ

Тепловая сушка, или просто сушка, представляет собой процесс удаления влаги из твердых влажных материалов путем ее испарения и отвода образующихся паров. Сушка является наиболее распространенным способом удаления влаги из твердых и пастообразных материалов. Типовой сушильный аппарат может быть использован для сушки различных продуктов, сходных по своим структурно-механическим свойствам, но различающихся химическим составом, содержанием влаги, ее связью с материалом, допустимой температурой нагрева и временем сушки. Поэтому выбор сушильного аппарата в каждом конкретном случае определяется расчетом.

Барабанные конвективные сушилки находят широкое применение в промышленности для сушки кусковых, кристаллических, зернистых, порошкообразных материалов, как правило, в крупнотоннажных производствах, что обусловлено экономичностью, большой производительностью одного аппарата, высокой надежностью в эксплуатации.

Одним из основных требований, предъявляемых к сушилкам, является обеспечение полного сохранения, а в необходимых случаях и улучшения качества продукта в соответствии с его назначением. В связи с этим, конструкция сушилки должна, прежде всего, обеспечивать равномерный нагрев и сушку материала при надёжном контроле температуры и влажности его в процессе сушки. При этом должны быть исключены потери вещества, связанные с его уносом с отработавшим агентом сушки.

Реализацию этих мероприятий можно осуществить за счёт новых конструктивных решений, автоматизированных методов расчёта, перспективных материалов повышенной прочности, новых экономических профилей проката и т.п.

В данном проекте ставится задача расчета оптимальной конструкции барабанной конвективной сушилки для сушки сахарного песка, позволяющей эффективно решать проблему ее комплексной переработки.

# 1 КОНСТРУКЦИЯ БАРАБАННОЙ СУШИЛКИ

## 1.1 Назначение барабанной сушилки

Проектируемая барабанная конвективная сушилка предназначена для сушки сахарного песка с влажностью

$$w_p = 0.5\%$$

до конечной влажности

$$w_k = 0.06\%$$

## 1.2 Описание конструкции барабанной сушилки

Основной элемент барабанной сушилки (рисунок 2) - сушильная камера - представляет собой наклонный цилиндрический сварной вращающийся барабан 1, на корпус которого надеты два бандаж 10 и зубчатый венец 7.

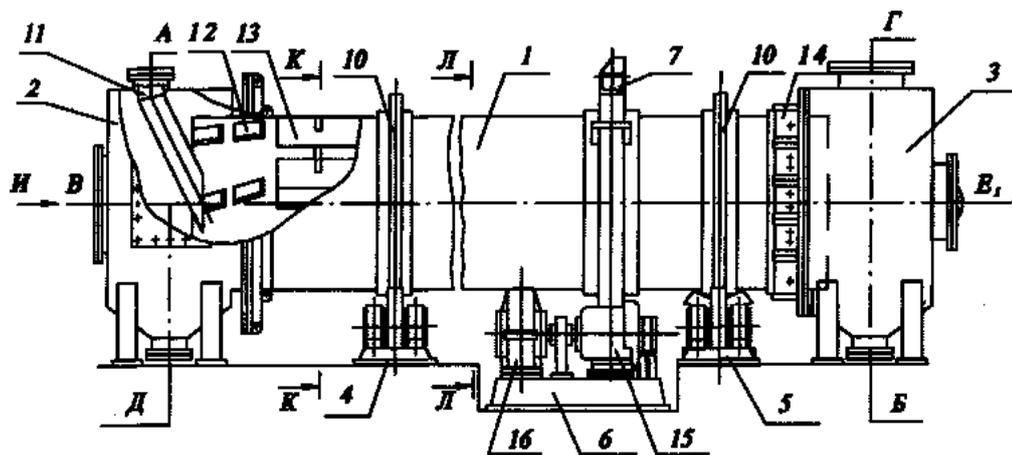
Бандажами барабан опирается на свободно вращающиеся ролики, установленные на рамках опорной 4 и опорно-упорной станций 5. Два упорных ролика на раме опорно-упорной станции ограничивают осевое смещение барабана. Барабан вращается вокруг своей оси со скоростью 0,5...8 об/мин. Вращение барабану передаётся от электродвигателя 15 через редуктор 16, смонтированных на общей раме (приводная станция 6), и зубчатую передачу. Зубчатая передача закрыта кожухом 9.

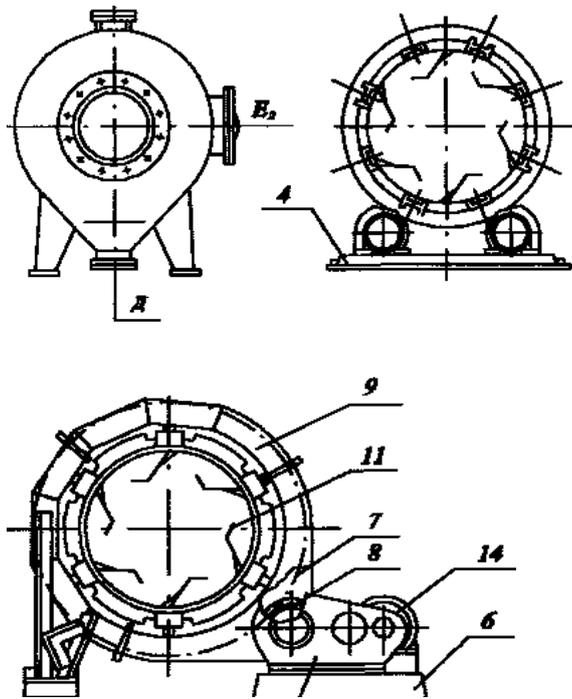
По обоим концам барабана устанавливаются камеры, необходимые для загрузки 2 и выгрузки материала 3, а также для подвода и отвода сушильного агента. Сочленение вращающегося барабана с загрузочной и разгрузочной камерами осуществляется через ленточные уплотнения 14, которые предотвращают большие подсосы воздуха извне и уменьшают расход энергии на вентилятор. У одного из концов вращающегося барабана устанавливается питающее устройство, а у другого - разгрузочное устройство для ввода и вывода из аппарата обрабатываемого твёрдого вещества.

Внутри корпуса со стороны загрузочной камеры на длине, равной 800мм, размещается распределительная, насадка 12 в виде шести винтовых лопастей, за которой на всём протяжении барабана располагается основная насадка 13. Насадки способствуют равномерному распределению и перемешиванию высушиваемого материала по сечению

барабана, а также его тесный контакт с сушильным агентом при пересыпании. Форма основной насадки соответствует свойствам высушиваемого материала. Для хорошо сыпучих материалов с частицами средним размером менее 2 мм, к которым, в частности, относится и сахарный песок, в качестве основной насадки применяют подъемно-лопастную насадку, исходя из свойств высушиваемого материала.

У разгрузочного конца барабана имеется подпорное устройство, назначение которого состоит в поддержании определенной степени заполнения барабаном материала.





1-корпус; 2-загрузочная камера; 3-разгрузочная камера; 4-опорная станция; 5-опорно-упорная станция; 6-приводная станция; 7-венцовая шестерня; 8-подвенцовая шестерня; 9-защитный кожух; 10-бандаж; 11-течка; 12-распределительная насадка; 13-подъёмно-лопастная насадка; 14-ленточное уплотнение; 15-электродвигатель; 16-редуктор.

Рисунок 2 - Барабанная сушилка

Рассмотрим конструкцию основных элементов барабана подробнее.

Бандажи.

Бандажи служат для передачи давления от веса всех вращающихся частей аппарата на опорные ролики. Бандаж представляет собой кольца прямоугольного сечения. В проектируемой барабанной сушилке применяется свободное крепление бандажей из-за возможного значительного теплового расширения барабана. Кроме того, свободно надетые бандаж являются наиболее экономичными. При этом бандаж надеваются на башмаки, повернутые головками в разные стороны для предупреждения аксиального смещения бандажей. Бандаж надевается не непосредственно на кожух, а между ними прокладываются подкладка и от одной до трёх прокладок толщиной 10... 20 мм каждая, которые образуют кольцо жёсткости, не допускающее смятие кожуха в местах опоры. Подбором толщины регулирующих подкладок достигается совмещение центров барабана и бандаж. Башмаки крепятся к барабану сваркой.

## Опорные ролики.

Ролики опорных станций принимают на себя нагрузку от веса всех вращающихся частей. Ролики закрепляются на валу, лежащем в двух подшипниках. Подшипники роликов делаются скользящими перпендикулярно к оси сушилки и соответственно устанавливаются на салазках. Причина этого в следующем. При двух бандажах последние должны опираться в четырёх точках, что не всегда легко осуществить без регулировки положения подшипников. Кроме того, износ роликов или возможная осадка фундамента под одним из бандажей может привести к частичной разгрузке одних роликов за счёт других. Наличие скользящих подшипников даёт возможность компенсировать все указанные недостатки. Подшипники каждого ролика устанавливаются на одной общей раме, сваренной из фасонных профилей, покрытой стальными листами. Прорези в последних для болтов подвижных подшипников делаются продолговатыми. Кроме того, подвижные подшипники упираются в упорные болты.

## Венцовые шестерни.

Передача вращающего момента от мотора через редуктор к барабану осуществляется с помощью цилиндрической зубчатой передачи. Вращение передаётся от малой шестерни, сидящей на выходном валу редуктора, к основной, так называемой венцовой шестерне, смонтированной на барабане. Она представляет собой весьма ответственную деталь, работающую при высоких напряжениях. Венцовая шестерня отливается из двух половин, соединяемых призонными болтами. В виду отсутствия опасности появления больших температурных напряжений венцовая шестерня крепится жёстко к корпусу барабанной сушилки. Центрирование венца производится с помощью регулирующих подкладок, помещённых между шестерней и башмаками.

Башмаки крепятся к барабану болтами (что несколько облегчает смену венца) с простыми головками, размещёнными с внутренней стороны барабана.

## 1.3 Выбор конструкционных материалов

Среда внутри барабанной сушилки представляет собой паро-воздушную смесь. Процесс протекает при температуре 60-120 °С при атмосферном давлении. Тогда в соответствии с [3] выбираем материал для барабана сушилки и конструктивных элементов, которые непосредственно контактируют со средой при температуре не выше 300°С,-сталь СтЗспЗ ГОСТ 380-94.

Сталь СтЗспЗ - это углеродистая сталь обыкновенного качества. Сталь в заданной среде при рабочих параметрах химически и коррозионно-стойка, обладает хорошей свариваемостью, хорошими прочностными и пластическими характеристиками в рабочих условиях, допускает холодную и горячую механическую обработку, весьма распространена в пищевой промышленности, и, значит, не является дефицитной.

Бандажи изготавливают из качественных углеродистых сталей для того, чтобы обеспечить долговечность, так как смена бандажей барабанов чрезвычайно трудна. По [3] выбираем сталь 35Л ГОСТ 977-86 применяемую для изготовления деталей, к которым предъявляются требования повышенной прочности и высокого сопротивления износу, работающих под действием средних статических и динамических нагрузках. Отливки подвергаются термообработке: улучшение (нормализация при температуре 860...880 °С и отпуск при температуре 600...630 °С [3]). Сталь флокенонечувствительная и не склонна к отпускной хрупкости [3].

Венцовая шестерня представляет собой весьма ответственную деталь, работающую при высоких напряжениях. Поэтому венцовые шестерни отливаются из стали и зубья их фрезеруются. По [3] выбираем сталь 45Л ГОСТ 977-86 применяемую для изготовления деталей, к которым предъявляются требования повышенной прочности и высокого сопротивления износу, работающих под действием средних статических и динамических нагрузок. Сталь флокенонечувствительная и не склонна к отпускной хрупкости [3]. Твёрдость рабочих поверхностей зубьев венцовой шестерни  $H_{НВ2}=235...262$  НВ, подвенцовой шестерни  $H_{НВ1}=269...302$  НВ [7]. Для обеспечения требуемой твёрдости рабочих поверхностей зубьев колёса и шестерни назначается термообработка-улучшение (нормализация при температуре 860...880 °С и отпуск при температуре 600...630 °С [3]). Применение шестерён с твёрдостью  $H_{НВ}<350$  НВ позволяет производить чистовое нарезание зубьев после термообработки. При этом можно получать высокую точность без применения дорогих отделочных операций (шлифование, притирка и т.п.). Колёса этой группы хорошо прирабатываются и не подвержены хрупкому разрушению при динамических нагрузках. Технологические преимущества материала при  $H_{НВ}<350$  НВ обеспечили ему широкое применение в передачах с большими колёсами, термическая обработка которых затруднена [3].

Ролики изготавливаются из материала менее прочного, чем бандаж. Ролики лишь в ответственных случаях делаются стальными, обычно же отливаются из чугуна и потом обтачивают. Применение более мягкого материала и большее число оборотов ролика

приводят к ускоренному износу и меньшей долговечности роликов по сравнению с бандажами. Такое нарушение принципа равнопрочности делается сознательно. Дело в том, что смена бандажа или даже его проточка чрезвычайно трудоёмки и требуют длительных остановок вращающихся барабанных аппаратов, не говоря уже о том, что бандажи стоят дорого. Выгоднее сохранить бандаж и обеспечить его долговечность. Смена же изношенных роликов гораздо более проста, да и сами ролики намного дешевле бандажей. В соответствии с рекомендациями принимаем чугун СЧ 20 ГОСТ 1412-85.

Валы представляют собой детали к несущей способности и долговечности цапф предъявляются повышенные требования, поэтому в качестве материала вала и осей принимаем средне-углеродистую низколегированную сталь с улучшением 40Х ГОСТ 4543-71 [3]. Твёрдость рабочих поверхностей вала  $H_{HV}=212..248$  НВ. Для обеспечения требуемой твёрдости рабочих поверхностей вала назначается термообработка, закалка при температуре 840...860 °С в масле и высокий отпуск при температуре 550..600 °С с охлаждением на воздухе [3]).

В качестве материала крепёжных деталей в виде болтов, шпилек, гаек и других деталей, предназначенных для закрепления аппарата на опорах, различных узлов и деталей, принимаем конструкционную углеродистую сталь - сталь 35 ГОСТ 1050-74.

В качестве материала ленточного уплотнения места сопряжения сушильного барабана с камерами загрузки и выгрузки принимаем резину листовую техническую по ГОСТ 7338-77

#### 2.4. Расчет барабана на жесткость

Для проверки корпуса барабанной сушилки на жесткость определим относительный прогиб:

$$\varepsilon = \frac{Y_{\text{млг}}}{D_{\text{ср}}} ; (3.87)$$

Где  $Y_{\text{млг}}$  - суммарный прогиб от действующих нагрузок.

Определяем суммарный прогиб от действующих нагрузок:

$$Y_{\max} = \frac{D^3}{8EI_x} (0,04q_1 + 0,002q_2) \quad ; (3.88)$$

Где  $E = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Па}$  - модуль упругости материала барабана [8];

$I_x$  - момент инерции единичного кольца барабана;

$q_1$  - линейная нагрузка от массы обрабатываемой селитры;

$q_2$  - линейная нагрузка от массы барабана.

Момент инерции единичного кольца барабана:

$$I_x = \frac{1 \cdot s^4}{12} \quad ; (3.89)$$

$$I_x = \frac{1 \cdot (15 \cdot 10^{-3})^4}{12} = 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

Линейная нагрузка от массы обрабатываемой селитры:

$$q_1 = \frac{g \cdot m_m}{L} \quad ; (3.90)$$

$$q_1 = \frac{9,81 \cdot 2142}{8} = 2627 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Линейная нагрузка от массы барабана:

$$q_2 = \frac{g \cdot m_k}{L} \quad ; (3.91)$$

$$q_2 = \frac{9,81 \cdot 2435}{8} = 2986 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Численное значение формул (3.87) и (3.88) составит:

$$Y_{\max} = \frac{1,3^3}{8 \cdot 1,76 \cdot 10^{11} \cdot 2,8 \cdot 10^{-7}} \cdot (0,04 \cdot 2627 + 0,002 \cdot 2986) = 0,47 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\varepsilon = \frac{0,47 \cdot 10^{-3}}{1,185} = 0,39 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{267}$$

Запишем условие жесткости:

$$\varepsilon \leq |\varepsilon|; \quad (3.93)$$

Где  $|\varepsilon|$  - допускаемый относительный прогиб,  $|\varepsilon| = 1/200$  [8].

Условие жесткости (3.87) выполняется:  $\frac{1}{267} < \frac{1}{200}$ . Барабан будет прогибаться в допустимых пределах.

*Министерство высшего и среднего специального  
образования Республики Узбекистан*

*Ташкентский Химико-Технологический институт*

*Кафедра: "Машины и аппараты пищевой  
промышленности-  
основы механики"*

*Самостоятельная работа*

*На тему: "Жесткость конструкций и  
конструктивных элементов, Методы расчета на  
жесткость"*

*Студентки 42-11 БТ*

*Алимовой Мадины*

*Ташкент 2012*

## ВЫВОДЫ

В процессе выполнения проекта разработана конструкция барабанной конвективной сушилки для сушки сахарного песка и проведены расчеты, подтверждающие работоспособность аппарата. В процессе выполнения прочностного расчета проведены расчеты барабана на жесткость. При расчете получили, что условия жесткости выполняются.

Таким образом, разработанная конструкция барабанной сушилки для сушки сахарного песка является оптимальной, и проведенные расчеты обеспечивают надежность работы аппарата.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Производство аммиачной селитры в агрегатах большой единичной мощности / М.Е. Иванов, В.М. Олевский, Н.И. Поляков и др. – М.: Химия, 1990. – 288с.: ил.
2. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для техникумов. 2-е изд. – М.: Химия, 1962. – 848 с.
3. А.С. Тимонин. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т.1. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2001. – 756с.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. Пособие для вузов Под ред. П.Г. Романкова. 10- изд. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
5. Примеры и задачи по курсу «Машины и аппараты химических производств» (технологические расчеты): Учеб. пособие/ В.М. Ульянов, А.А. Иванов, А.А. Сидягин, А.И. Пронин, В.А. Диков; Под ред. В.М. Ульянова; Нижегород. гос. техн. ун-т. Н.Новгород, 2003.356 с.
6. Остриков А.Н., Парфенопуло М.Г., Швецов А.А. Практикум по курсу « Технологическое оборудование» / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 1994. – 424с.
7. Чернавский С.А. Проектирование механических передач. М.: Машиностроение, 1984.
8. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов втузов / М.Ф. Михалев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 301 с., ил.
9. Лазинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ие, 1981. – 382 с., ил.

## План

1 Расчет жесткости методом SCS

## 2 КОНСТРУКЦИЯ БАРАБАННОЙ СУШИЛКИ

2.1 Назначение барабанной сушилки

2.2 Описание конструкции барабанной сушилки

2.3 Выбор конструкционных материалов

2.4 Расчет барабана на жесткость

Министерство высшего и среднего специального образования  
Республики Узбекистан

Ташкентский Химико-Технологический институт

Кафедра: "Машины и аппараты пищевой промышленности-  
основы механики"

Личные данные

По курсу "Прикладная механика"

Номер варианта 3

Выполнила студентка Алимова Мадина

Факультет ТПШ Группа 42-11 БТ

Дата 25.12.12

Подпись студентки М. А

Принял ст. пред. Лямин Андрей Владимирович

Рейтинг студентки

Дата

Ташкент-2013