

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова  
Кафедра Химической и биохимической инженерии



**Тема: Расчет и дизайн предприятия по производству биоразлагаемого полимера на основе ацетата целлюлозы мощностью 4,8 т/год.**

Научный руководитель: Искаков Р.М.  
Выполнили: Уралов Санжар  
Айдаралиев Азизбек

Алматы 2022



*Цель исследования.* Расчет и дизайн предприятия по производству биоразлагаемого полимера на основе ацетата целлюлозы мощностью 4,8 т/год.

*Задачи исследования:*

1. Построение оптимальной химико-технологической системы производства с заданной мощностью.
2. Расчет и выбор химических процессов и аппаратов для данного производства.
3. Расчет финансово-экономического обоснования производства для достижения рентабельности.

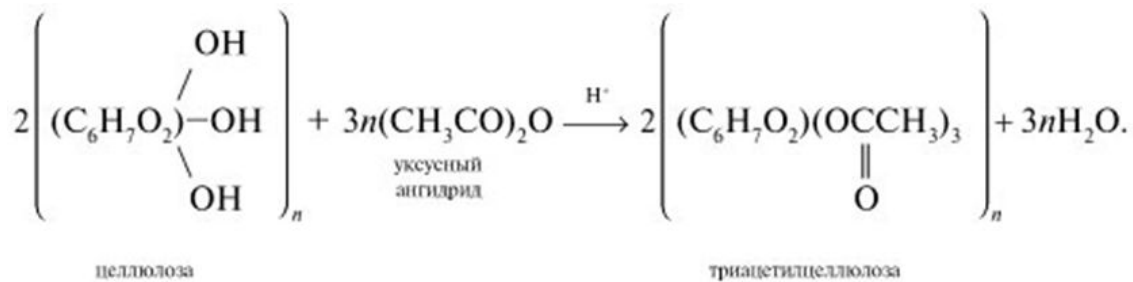
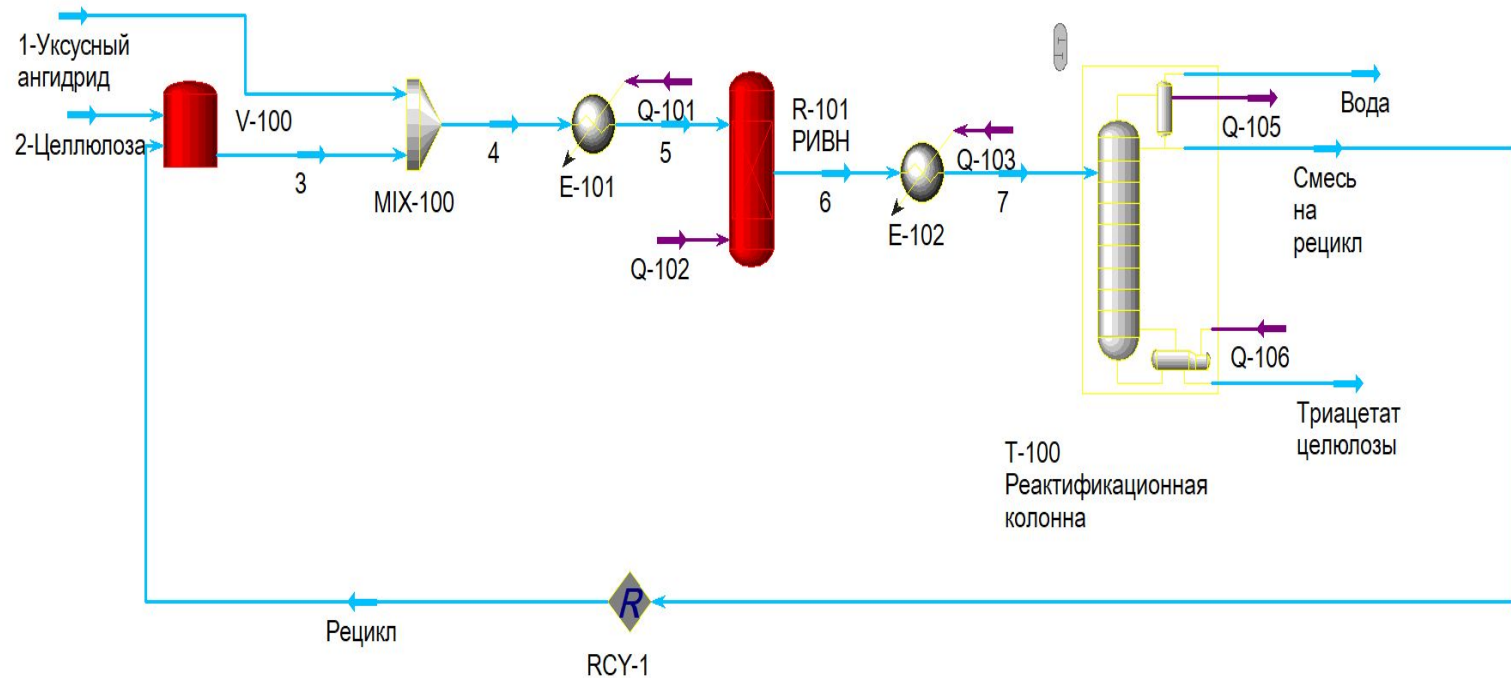
### Актуальность получения ацетатного волокна

Всё возрастающее давление на окружающую среду отходами различных синтетических полимеров и пластика, использование технологий их переработки, а самое главное – отсутствие культуры природы пользования – основы стимула внедрения производства биополимеров.

На сегодняшний день стоит обратить пристальное внимание на биополимеры. Необходимость развития биополимерной отрасли республики бесспорна. Перед страной и обществом неизбежно встанет вопрос широкого применения биополимеров, что подтверждается следующими факторами: решение нарастающих проблем с экологией, в частности, проблемы возрастающего пресса на природную среду увеличивающимися отходами синтетических, неразлагаемых полимеров. Поэтому построение оптимальной химико-технологической системы производства с заданной мощностью актуальна.



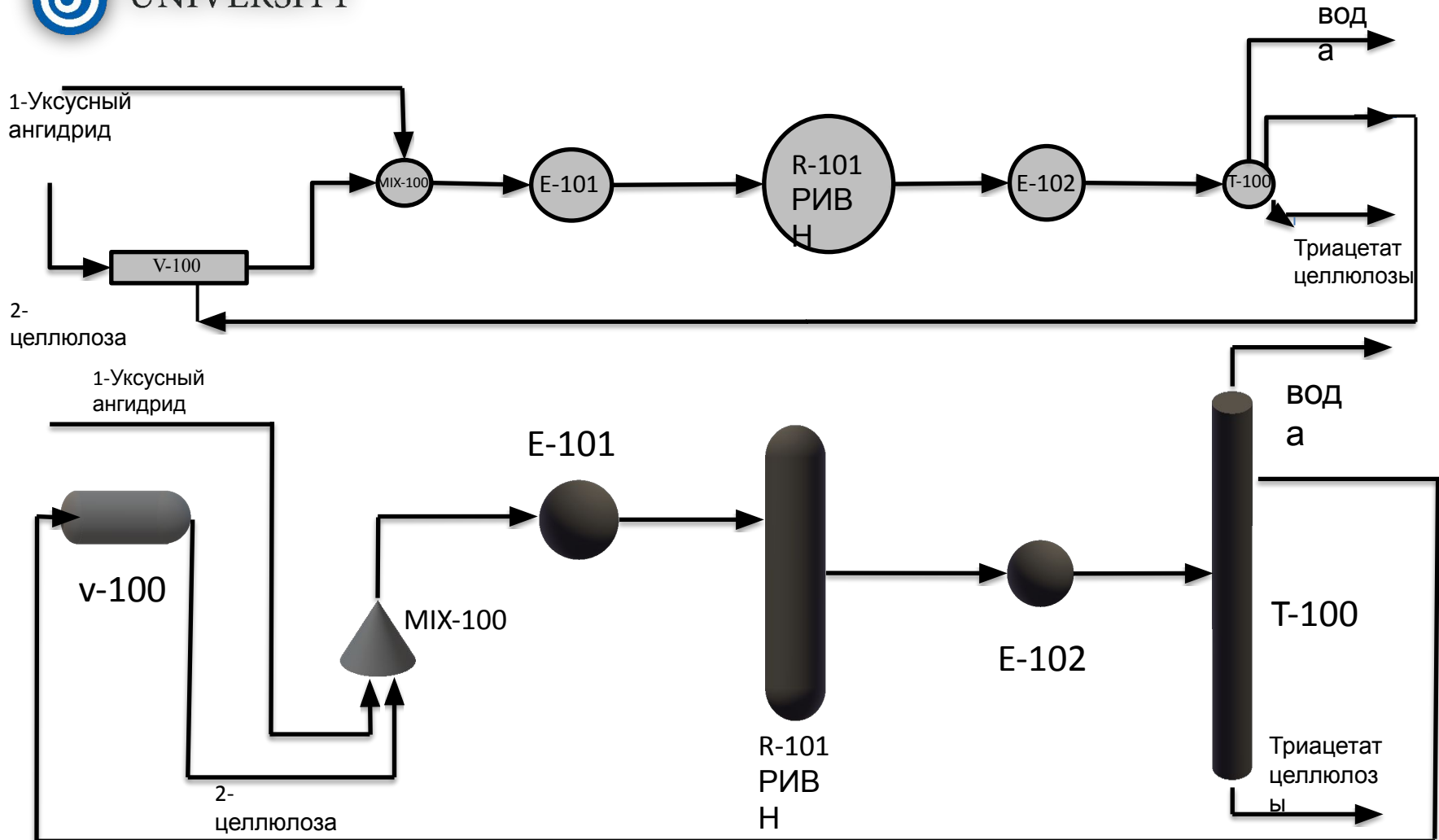
## Химико-технологическая система производства биополимера на основе ацетата целлюлозы



Реакция этерификации, ацетилирование целлюлозы уксусным ангидридом, в присутствии серной кислоты.



## Размещение оборудования в цеху



Местом расположения предприятия было выбрано Туркестанская область, основным продуктом получения целлюлозы является хлопок и лен, которое в основном выращивают в тех регионах, для малой транспортировки и расходов на доставку, также один из факторов менее дешевая заработная плата которая имеет свое значение в рентабельности предприятия.



## Выбор и оценка оборудования

Номер оборуд.	Название оборуд.	Треб кол-во	Основная харак. оборуд.	Миним Харак. Р мин	Стоимость (Loh report), USD	Выбранная марка	Каталожная харак. Р кат	Расчет. Стоимость SEPSI USD	Расчет. Стоимость по харак. USD
E-101	Теплообменник	1	Площадь поверх.	0,68 м <sup>2</sup>	200	Zurn Shell Tube	2 м <sup>2</sup>	400	500
E-102	Теплообменник	1	Площадь поверх.	0,85 м <sup>2</sup>	200	Zurn Shell Tube	2 м <sup>2</sup>	400	500
R-100	Реактор РИВН	1	Объём реактора	12 м <sup>3</sup>	1 000	Laizhou New Hongda Chemical Ma	15 м <sup>3</sup>	1 500	1 700
T-100	Реактиф. Колонна	1	Кол-во теорет. тарелок	12	5 000	Shandong Jinta Machinery Group	15	6 500	7 000
V-100	Резервуар	1	Объём резервуара	0,5 м <sup>3</sup>	50	Luqiang Energy Equipment Co., Ltd	2 м <sup>3</sup>	400	500
Итого		7			6 450			9 200	10 200



В расчет было принято 315 операционных дней в году, тогда производительность по ацетату целлюлозы составляет 4,8 т в год или 15,24 кг в день или 0,635 кг/час или 0,000176 кг/с.

### Расчет реактора.

Для проведения реакции ацетилирования целлюлозы выбран реактор вытеснения с неподвижным слоем (РИВН) в качестве катализатора применяли серную кислоту при средней скорости химической реакции при данной температуре  $5 \cdot 10^{-4}$  моль/м<sup>3</sup> с.

Объем реактора для такого типа процессов рассчитывается согласно объему уравнению материального баланса для частного случая РИВН:  $V = F_{A0} \int \frac{dX}{r_A}$ .

Примем 315 операционных дней в году, тогда производительность по ацетатного волокна составляет 4,8 т в год или 15,24 кг в день или 0,635 кг/час или 0,000176 кг/с.

Для расчета объема реактора переведем в мольный поток

$$F_A = \frac{V_B}{M_B} = 0,176 \text{ г/сек} / 288 \text{ г/моль} = 0,0006 \text{ моль/сек},$$

где  $M_B$  – молекулярная масса триацетата целлюлозы.

Исходный мольный поток целлюлозы  $F_{A0}$  после реакции делится на мольный поток полученного  $F_B$  и мольный поток непрореагировавшей целлюлозы  $F_A$

$$F_{A0} = F_B + F_A = F_B + F_{A0}(1 - X) \text{ или } F_B = F_{A0} X, \text{ находим}$$

$$F_{A0} = \frac{F_B}{X} = 0,0006 \text{ моль/сек} / 0,7 = 0,000857 \text{ моль/с}$$

$$\text{Объем реактора } V = F_{A0} \int \frac{dX}{r_A} = F_{A0} \frac{X}{r_{Acp}} = 0,000857 \text{ моль/сек} \times 0,7 / 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/м}^3 \text{ сек} = 12 \text{ м}^3$$

### Расчет стоимости исходных материалов.

Среднемировые расценки на целлюлозу – 0,04 \$/кг и уксусный ангидрид – 1 \$/кг.

Расход целлюлозы без рецикла  $F_t = 0,75 \times 4,8 \times 162 / 288 = 2,025$  тонн в год.

Полный расход целлюлозы  $F_t' = 4,8 \times 162 / 288 = 2,7$  тонн в год.

Целлюлоза поступающий с рециклом  $F_t' - F_t = 2,7 - 2,025 = 0,675$  тонн в год.

Расход уксусного ангидрида  $F_h = 4,8 \times 102 / 288 = 1,7$  тонн в год.

CRM = 2700 кг/год  $\times$  0,04 \$/кг + 1700 кг/год  $\times$  1 \$/кг = 1808 \$/год.



### **Расчет затрат на заработную плату операторов производства.**

Количество используемых единиц основного оборудования – 7

$$NOL = (6,29 + 0,23 N) \frac{1}{2} = (6,29 + 0,23 \times 7) \frac{1}{2} = 2,8$$

Требуемое количество смен - 2

Итого количество операторов по всем сменам –  $2 \times 2,8 = 5,6$  чел

Примем 6 чел. по 3 на каждую.

Установим среднюю зарплату для операторов 450 \$/мес.

Тогда COL = 6 чел. x 400 \$/мес x 12 мес/год = 28 800 \$/год.

### **Расчет производственных затрат.**

Ранее рассчитанные капитальные затраты составили

$$CTM = 20\,400 \$$$

Таким образом производственные затраты составляют

$$COM = (CRM + CWT + CUT + 1,06 COL + 0,1322 CTM) / 0,98 =$$

$$(1808 \$/\text{год} + 350 \$/\text{год} + 7031,36 \$/\text{год} + 1,06 \times 28\,800 \$/\text{год} + 0,1322 \times 20\,400 \$) / 0,98 = 43\,150 \$/\text{год}.$$

Себестоимость производства:  $CN = COM / FB = 43\,150 \$/\text{год} / 4,8 \text{ т/год} = 9\,000 \$/\text{т}$  или  $9 \$/\text{кг}$ .

### **Расчет стоимости утилизации отходов.**

Непрореагировавший целлюлоза направляется на рецикл.

Холодная вода как вспомогательный агент используется в дальнейшем как пар.

Пар используется в дальнейшем как вода.

Выбросы: учитывая, что входе реакции образуется вода, которую можно использовать в теплообменных процессах, уксусную кислоту в качестве реагента и в качестве катализатора выбросы практически ничтожны, а диацетаты и триацетаты целлюлозы наши главные продукты.

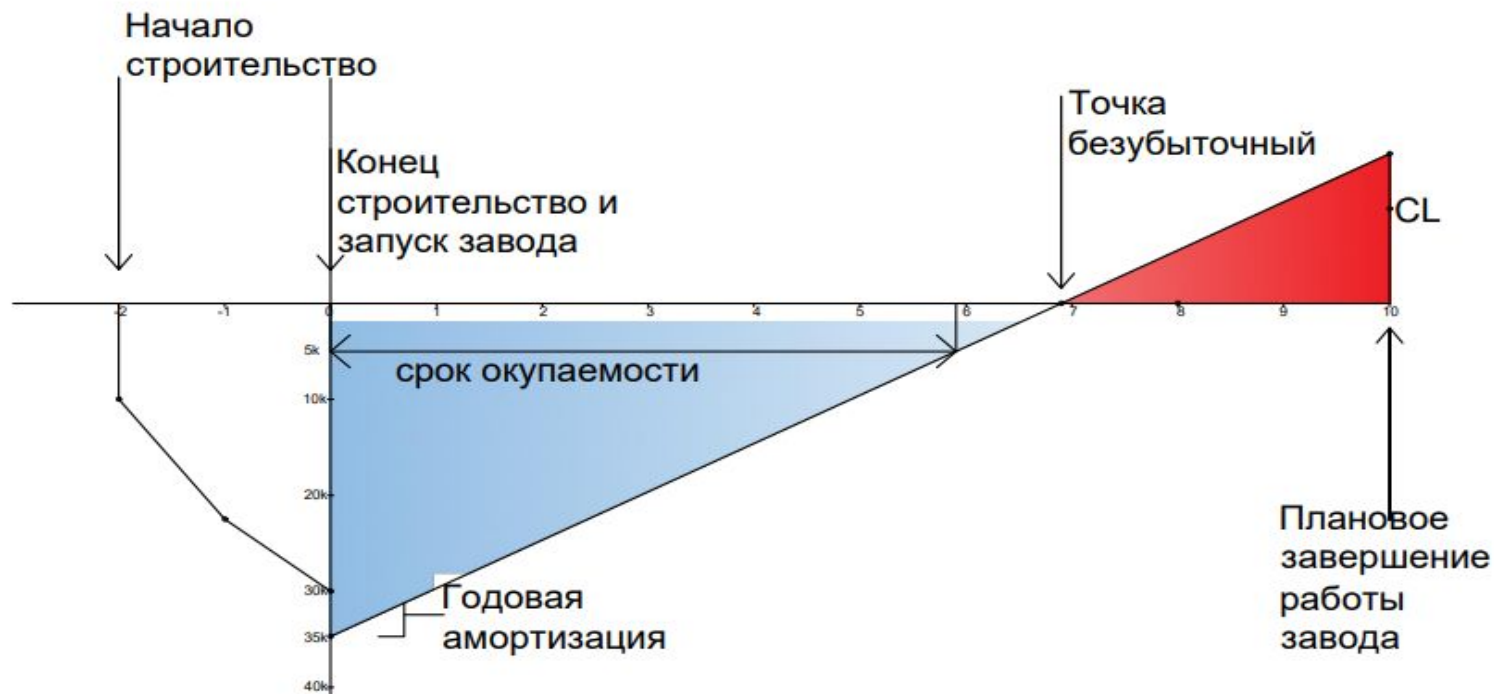
Сумма налога на выбросы:  $0,1 \text{ тонн/год} \times 500 \text{ МРП} \times 2917 \text{ тенге} / 1000 = 145\,850 \text{ тенге/год} = 350 \$/\text{год}$ ,

где 1 МРП (2021) = 2.917 тенге

$$CWT = 350 \$/\text{год}.$$



# График амортизации







### Расчет денежного потока.

Срок окупаемости (Payback Period или PBP) – 6 лет.

Точка безубыточности (Break-even) – 7 лет.

$$CCR = (10\,000 + 2190,4 + 3605/10 - 7) / (10\,000 + 20\,400 + 3\,605/7) = 5\,265/4\,857 = 1,08$$

проект рентабельный.

Рыночная стоимость ацетатного волокна составляет 15 \$/кг.

Тогда доход от продаж составит 4 800 кг/год x 15 \$/кг = 72 000 \$/год.

Год	Денежный поток \$	Приведённая стоимость, тыс \$
0	- 24 005/(1+0,09) <sup>0</sup>	-24 005
1	(72 000–3 430)/(1+0,09) <sup>1</sup>	62 908
2	(72 000–3 430)/(1+0,09) <sup>2</sup>	57 714
3	(72 000–3 430)/(1+0,09) <sup>3</sup>	52 950
4	(72 000–3 430)/(1+0,09) <sup>4</sup>	48 600
5	(72 000–3 430)/(1+0,09) <sup>5</sup>	44 560
6	(72 000–3 430)/(1+0,09) <sup>6</sup>	40 880
7	(72 000–3 430)/(1+0,09) <sup>7</sup>	37 500
8	(72 000–3 430)/(1+0,09) <sup>8</sup>	34 410
9	(72 000–3 430)/(1+0,09) <sup>9</sup>	31 570
10	(72 000–3 430)/(1+0,09) <sup>10</sup>	28 965
<b>ИТОГО NPV</b>		<b>416 052</b>

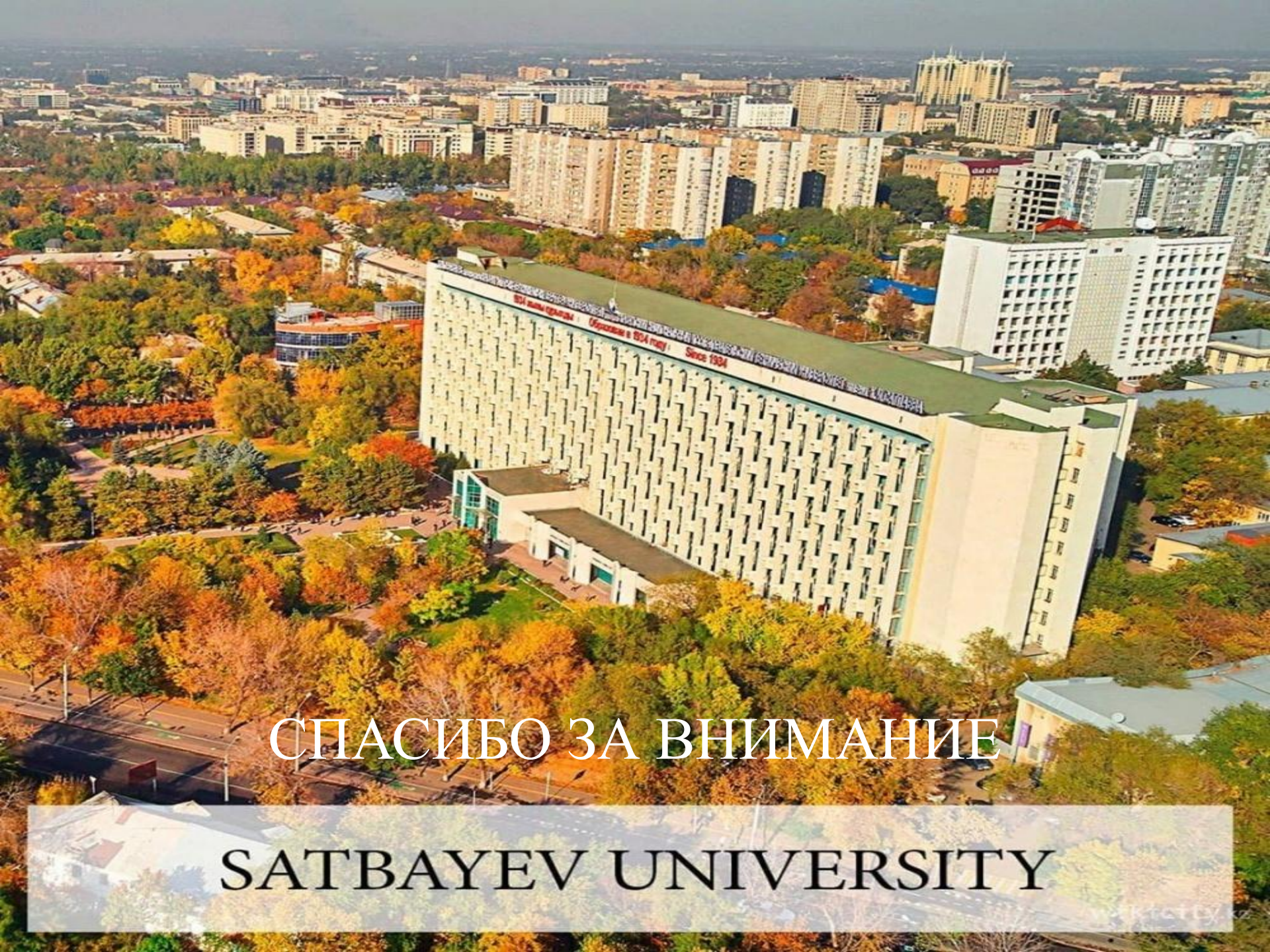
Поскольку NPV больше нуля или **416 052 \$**, то было бы лучше инвестировать в проект, и корпорации должны вкладывать средства в этот проект, если нет альтернативы с более высоким NPV.



## Вывод:

1. Разработана ХТС производства ацетатного волокна производительностью 4,8 тонн/год.
2. Предложено было использовать получение ацетата целлюлозы с применением в качестве катализатора серную кислоту с уксусной кислотой которая образуется в ходе синтеза.
3. Разработано технико-экономическое обоснование производства биополимера на основе целлюлозы с уксусным ангидридом.
4. Капитальные затраты составили 20 400 долларов при сроке окупаемости 6 лет.
5. Производственные затраты с производительностью 4,8 тонн/год составили 43 150 долларов в год при рентабельности возврата инвестиций 3 430 долларов в год.





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

SATBAYEV UNIVERSITY