

Разработка инновационного прибора для контроля качества семян

Битюцкая Анастасия Сергеевна

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске
Студент

Мальшикин Василий Викторович

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске
Ассистент кафедры «Опτικο-электронные системы»

Аннотация

Методы люминесцентного анализа находят применение в различных областях науки, техники, сельского хозяйства и др. при изучении структуры и свойств различных материалов. Среди известных методов люминесцентного анализа фотолюминесцентные методы занимают одно из ведущих мест. Реализация методов требует применения специальных приборов. Настоящая работа посвящена разработке прибора для решения задач оценки качества семян растений различных сельскохозяйственных культур

Ключевые слова: люминесцентный анализатор, светофильтр, френелевские потери

Development of innovative seed quality control device

Bityutskaya Anastasia Sergeevna

Branch of Federal state budgetary educational institution of higher education «National research University «MPEI» in Smolensk
student

Malyshkin Vasily Viktorovich

Branch of Federal state budgetary educational institution of higher education «National research University «MPEI» in Smolensk
Assistant of the Department «Optoelectronic systems»

Abstract

Methods of luminescent analysis are used in various fields of science, technology, agriculture, etc. in the study of the structure and properties of different materials. Among the known methods of luminescent analysis photoluminescent methods occupy one of the leading places. The implementation of the methods requires the

use of special devices. This work is devoted to the development of the device for solving the problems of assessing the quality of plant seeds of different crops

Keywords: fluorescent analyzer, filter, freelisa loss

1. НАУЧНОЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

В процессе выполнения данного проекта были изучены разработанные установки и портативные приборы для анализа люминесцентных характеристик объектов. Они позволяют с высокой чувствительностью идентифицировать неизвестные чистые вещества и могут использоваться для экспресс-анализа исследуемых объектов. Источником ультрафиолетового излучения в рассмотренных приборах в основном являются лазеры. Портативные приборы снабжены электронными компонентами для регистрации и обработки излучения люминесценции. Однако все эти приборы довольно дороги из-за входящих в них лазеров, сканирующих устройств и спектрометров, что при этом и утяжеляет их конструкцию. Исходя из анализа полученных данных возможно дальнейшее проектирование люминесцентного анализатора.

1.1. Разработка структурной и функциональной схем прибора

Для разработки структурной и функциональной схемы прибора было решено произвести первичный энергетический расчет, который позволит определить наиболее рациональный метод разделения излучения источника (ИИ) и излучения люминесценции. Возможны четыре метода:

- использование двух скрещенных светофильтров;
- использование одного длинноволнового отрезающего светофильтра;
- использование оптического модулятора;
- использование двух скрещенных между собой поляризаторов.

Каждый из этих методов имеет как достоинства, так и недостатки.

Для устранения засветки приёмника оптического излучения (ПОИ) ультрафиолетовым излучением можно применить систему скрещенных светофильтров, образованную коротковолновым и длинноволновым отрезающими светофильтрами. При использовании такого метода помимо френелевских потерь на отражение, будет отрезаться спектр чувствительности приемника оптического излучения, вследствие чего приемником будет восприниматься лишь часть излучаемой семенами люминесценции, что крайне нежелательно ввиду слабого сигнала люминесценции.

Так при использовании всего одного длинноволнового отрезающего светофильтра френелевские потери будут меньше и спектр чувствительности приемника оптического излучения будет целым. Но при этом снизится поток люминесценции за счёт возбуждения более коротковолновым излучением, спектр которого не совпадает с максимумом возбуждения.

Оптический модулятор изменит параметры излучения в соответствии с

изменениями передаваемого сигнала, но при этом люминесцентное излучение будет немодулированным. Применение двух скрещенных между собой поляризаторов также несет в себе большие френелевские потери.

Таким образом, произведем выбор между использованием двух скрещенных светофильтров и одного длинноволнового отрезающего светофильтра с помощью первичного энергетического расчёта.

Найдем фототок и поток люминесценции по следующим формулам:

- для метода с использованием двух скрещенных светофильтров:

$$I = \Phi \cdot \tau_{\lambda} \cdot S_{\lambda} (1 - \rho)^2, \quad (1)$$

$$\Phi = \int_{\lambda} \varphi_{\lambda} S_{\lambda} \tau_{\lambda} (1 - \rho)^2 d\lambda. \quad (2)$$

- для метода с одним длинноволновым отрезающим светофильтром:

$$I = \Phi \cdot S_{\lambda}; \quad (3)$$

$$\Phi = \int_{\lambda} \varphi_{\lambda} S_{\lambda} d\lambda. \quad (4)$$

где Φ – поток люминесценции;

τ_{λ} – коэффициент пропускания отрезающего коротковолнового светофильтра;

S_{λ} – чувствительность приёмника оптического излучения;

$(1 - \rho)^2 \approx 0,92$ – френелевские потери на отражение.

В результате энергетического расчёта получили, что поток люминесценции при использовании двух скрещенных параллельных светофильтров численно равен 468,4 о.е., интенсивность люминесценции – $7,5 \cdot 10^3$ о.е./м², а при использовании одного отрезающего длинноволновую часть светофильтра поток равен 468,5 о.е. (если источник излучения с максимумом 395 нм) и 464,6 о.е. (если источник излучения с максимумом спектральной характеристики в 390 нм), интенсивность люминесценции – $8,3 \cdot 10^3$ о.е./м² и $8,2 \cdot 10^3$ о.е./м², соответственно.

Таким образом, хоть и рассчитанные значения потока и интенсивности люминесценции при обоих методах разделения соотносимы между собой и различаются лишь в единицах и десятых долях, использование для разделения излучений одного отрезающего длинноволновую часть светофильтра является более рациональным, так как такой метод экономически выгоднее и проще в реализации конструкции.

Кроме того, спектральная характеристика источника излучения с максимумом в 390 нм сходится к $\lambda = 400$ нм, что делает более четким разделение возбуждающего потока источника излучения и потока люминесценции и также позволит использовать прибор для анализа люминесценции семян кукурузы, спектральные характеристики которой несколько отличаются от типовых.

На основе анализа известных технических решений построения анализаторов люминесценции предлагается следующая структурная схема (рисунок 1), согласно которой прибор состоит из оптического и электронного блоков, а также блока питания.

Его оптический блок содержит в себе:

- осветительную часть;
- фотоприёмное устройство.

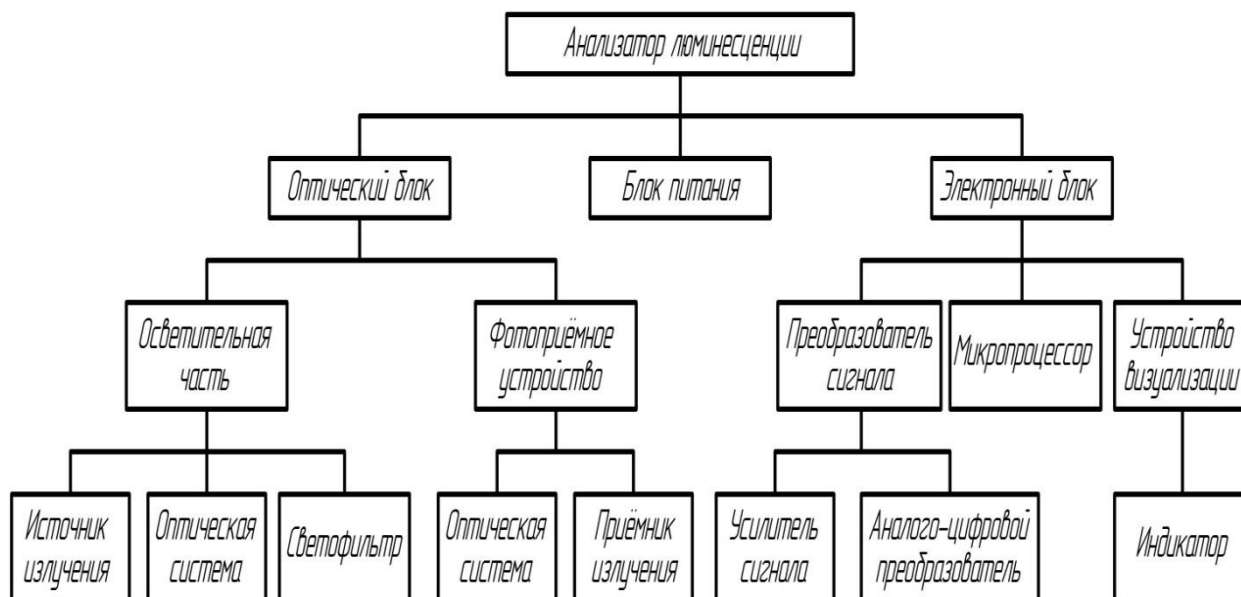


Рисунок 1 – Структурная схема анализатора люминесценции

В осветительную часть входят: источник УФ-излучения, выполняющий функцию возбуждения фотолюминесценции; оптическая система, направляющая (концентрирующая) поток излучения на рабочий участок поверхности; длинноволновый отрезающий светофильтр, обеспечивающий пропускание излучения от ИИ в заданном диапазоне.

Фотоприёмное устройство состоит из приемника излучения, регистрирующего поток фотолюминесценции исследуемых объектов и оптической системы, позволяющей собрать на приемнике максимальный поток люминесценции.

Электронный блок содержит в себе:

- преобразователь сигнала;
- микропроцессор;
- устройство визуализации.

Преобразователь сигнала состоит из усилителя сигнала люминесценции и аналого-цифрового преобразователя, позволяющего преобразовать входной аналоговый сигнал люминесценции в дискретный код. Далее полученный цифровой сигнал будет поступать на микропроцессор, выполняющий функцию обработки информации. Устройством визуализации цифровой информации служит индикатор, который отображает величину измеренной люминесценции.

Разрабатываемый анализатор люминесценции фактически является однокамерным и представляет собой устройство, заключённое в эллипсоидный корпус, на внутреннюю поверхность которого наносится зеркальное покрытие, а в фокальных плоскостях распложены все функциональные элементы. Функциональная схема прибора представлена на

рисунке 2.

Предложенная схема имеет ряд достоинств, в числе которых отсутствие оптических компонентов (линз, коллиматоров, плоских зеркал), вследствие чего отпадает необходимость в юстировке. Также достоинствами этой схемы является компактность, простота настройки и использования прибора. Такая схема обеспечивает увеличение коэффициента использования потока люминесценции и, следовательно, увеличивает чувствительность анализатора.

Исследуемые образцы биообъектов выравнивают на плоской поверхности так, чтобы образовался полуторный слой семян, и с помощью отверстия, расположенного в одном из фокусов эллипса, освещаются излучением, источниками которого являются светодиоды 3 и 9, расположенные во втором фокусе.

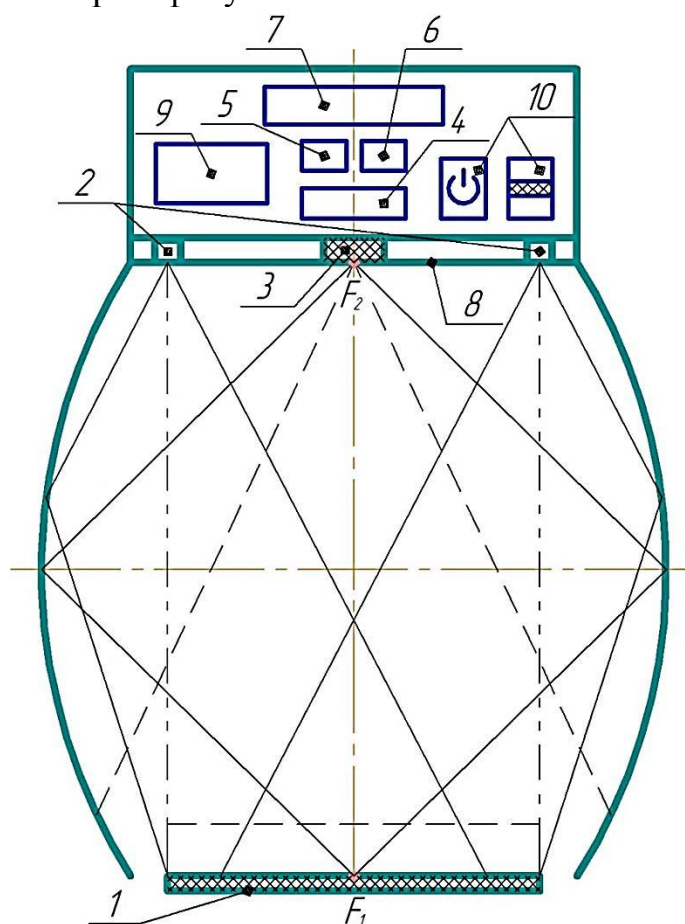


Рисунок 2 – Функциональная схема анализатора люминесценции:

- 1 – отверстие для семян с/х культур; 2 – источники излучения;
 3 – фотоприёмное устройство; 4 – усилитель аналогового сигнала, 5 – АЦП;
 6 – микропроцессор; 7 – устройство визуализации; 8 – светофильтр;
 9 – блок питания; 10 – система управления прибором

Разделение возбуждающего излучения и излучения люминесценции обеспечивается при помощи одного длинноволнового отрезающего светофильтра, обеспечивающего пропускание излучения от ИИ в заданном диапазоне.

Сигнал с фотоприёмника усиливается предварительным усилителем, далее преобразуется в АЦП и обрабатывается с помощью микропроцессора. Далее результат выводится на цифровой дисплей. Питание прибора осуществляется стандартной батареей типа «крона».

Для разрабатываемого прибора важно, чтобы в схемах включения ИИ и ПОИ было как можно меньше навесных элементов, так как прибор планируется использоваться для экспресс-анализа, следовательно, он должен быть, легким для переноски, компактным и простым в эксплуатации.

1.2. Надежность работы прибора

Надежность работы приборов люминесцентной диагностики посевного материала определяет эффективность их практического применения. В качестве показателей надежности выбраны среднее время безотказной работы и вероятность безотказной работы в течение годичной эксплуатации прибора. Расчет надежности был проведен по методическим рекомендациям аналогично в предположении того, что устройство работает в фазе постоянной интенсивности отказов, а распределение отказов от времени наработки $P(t)$ изменяется по экспоненциальному закону:

$$P(t) = e^{-\lambda_0 t}, \quad (5)$$

где λ_0 – интенсивность отказов.

Интенсивность отказов прибора определяется суммой интенсивностей отказов его элементов:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^m \lambda_i n_i, \quad (6)$$

где λ_i – интенсивность отказа i -го элемента;

n_i – количество однотипных элементов;

m – количество групп однотипных элементов.

Величины интенсивностей отказов элементов, входящих в состав разработанного оптико-электронного оборудования (таблица 1), получены из справочных данных.

По результатам расчёта интенсивность отказа оборудования составила $\lambda_0 = 8,48 \cdot 10^{-6}$ (1/ч).

Из таблицы интенсивности отказов видно, что наиболее ненадежными элементами конструкции являются светодиоды, операционный усилитель, микроконтроллер, резонатор и стабилизатор напряжения. С целью уменьшения времени предполагаемого ремонта, в конструкции предусмотрена возможность быстрой замены данных элементов.

Планируемый срок эксплуатации прибора составляет три года. При коэффициенте использования рабочего времени 0,5 наработка за этот срок составит около 3600 часов.

Тогда, по формуле 5, рассчитанная вероятность надёжного функционирования оборудования в течение запланированного времени

работы приблизительно равна 0,97.

Таблица 1 – Интенсивность отказов элементов, входящих в состав люминесцентного анализатора показателей качества посевного материала

№	Элементы	Кол-во, шт	Интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	
			для 1 шт	для всех
1	Светодиод BIVAR UV5TZ-390-30	6	0,50	3,00
2	Фотодиод BPW21R	1	0,10	0,10
3	Операционный усилитель LMH6624	1	0,50	0,50
4	Микроконтроллер ATmega16	1	0,50	0,50
5	Резонатор HC-49SM	1	0,25	0,25
6	STU LM1084	1	0,25	0,25
7	Индикатор BA56-12SGWA	1	0,005	0,005
8	Выключатель клавишный KCD1-1100011BBA	1	0,25	0,25
9	Переключатель сдвиговой IS-2336	1	0,05	0,05
10	Светодиод 2-5613UWC-8cd	1	0,50	0,50
11	Диод Шоттки BAT60A	1	0,20	0,20
12	Конденсатор	9	0,07	0,63
13	Резистор постоянный	20	0,02	0,40
14	Соединения пайкой	38	0,05	1,90
			Итого:	8,5

Среднее время работы прибора до отказа можно определить по формуле:

$$T = 1/\lambda_0. \quad (7)$$

$$T = \frac{1}{8,5 \cdot 10^{-6}} = 117647,1 \text{ (ч)}.$$

Таким образом, при номинальном режиме эксплуатации разработанное оборудование может работать приблизительно в течение тринадцати лет.

1.3 Разработка корпуса прибора

Корпус будет состоять из нескольких деталей с целью удобного монтажа и быстрого ремонта при дальнейшей эксплуатации прибора: плафон, крепление под плату, крепление под светофильтр, ручка, блок под

элемент питания. Эти детали изготавливаются из прочного пластика полиамида П-12Б ТУ6-05-145-72 методом литья. Также возможен вариант их изготовления с помощью 3D-принтера.

Эллипсоидный отражатель с помощью герметика УТ-34 ОСТ 3-1927-81 приклеивается к креплению под светофильтр, вместе с которым далее устанавливается в плафон. Затем устанавливается интерференционный светофильтр, также используя герметик УТ-34 ОСТ 3-1927-81, и с помощью прокладок и герметика устанавливается фотодиод в предусмотренное для него отверстие в светофильтре. Светодиоды припаиваем к плате согласно рисунку 3 на расстоянии 15 мм от центра фотодиода.

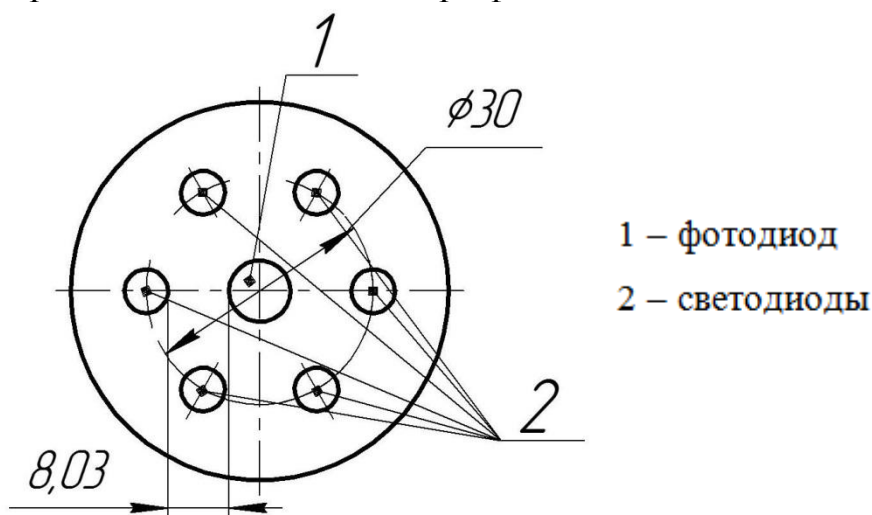


Рисунок 3 – Расположение светодиодов относительно фотодиода

Выводы элементов электронного блока припаиваются к плате, согласно электрической принципиальной схеме. Плата с помощью четырех винтов А2.М2-6gx5 ГОСТ 17473-80 крепится к креплению под плату, вместе с которым устанавливается в пазы плафона. Ручка прибора, в которую предварительно ставятся элементы системы управления прибором и блок под элемент питания, приклеивается с помощью клея БФ-4 к плафону.

В отверстие крышки вставляется цифровой дисплей и уплотняется герметиком УТ-34. Крышка крепится к плафону с помощью четырех винтов А2.М2-6gx5 ГОСТ 17473-80.

Внешний вид прибора в разрезе представлен на рисунке 4.

Выводы: рассмотрено применение люминесцентных методов диагностики. Изучены существующие установки и портативные приборы для анализа люминесцентных характеристик объектов и определены их достоинства и недостатки.

Обоснована целесообразность применения одного отрезающего светофильтра для разделения излучений источника и фотолюминесценции. Экспериментально выявлен оптимальный диаметр входного отверстия анализатора люминесценции для экспресс-анализа всхожести и влажности семян сельскохозяйственных растений.

Произведен расчет оптимальных конструктивных параметров

оптической системы, представляющей собой эллипсоид вращения второго порядка, на внутреннюю поверхность которого нанесено зеркальное покрытие. Применение эллипсоидного отражателя обеспечивает увеличение коэффициента использования потока люминесценции относительно ПОИ и, следовательно, способствует увеличению чувствительности анализатора.

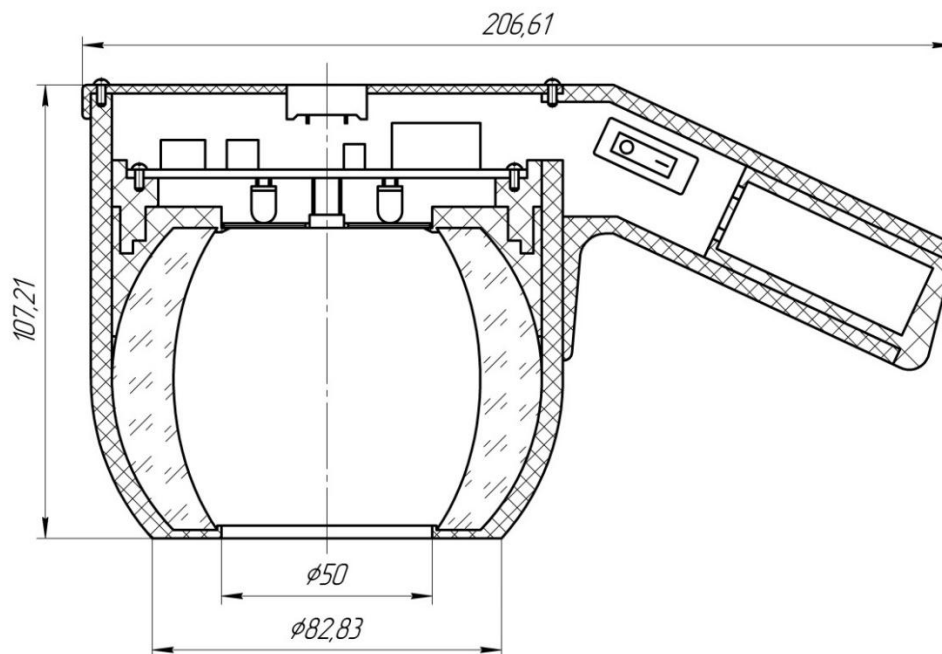


Рисунок 4 – Разработанный люминесцентный анализатор

Обоснован источник излучения – светодиод UV5TZ-390-30 компании BIVAR, спектр излучения которого соответствует спектру чувствительности исследуемых материалов. Обоснован приёмник оптического излучения – кремниевый фотодиод BPW21R от производителя Vishay, спектр чувствительности которого соответствует спектру излучения люминесценции исследуемых материалов. Обосновано применение интерференционного светофильтра, и произведен его расчёт.

Произведен обоснованный выбор компонентов электронного блока: микроконтроллер ATmega16, операционный усилитель LMH6624, стабилизатор напряжения LM1084, резонатор HC-49SM, цифровой дисплей BA56-12SGWA, система управления приборами, состоящая из клавишного выключателя KCD1-110O0111BBA, сдвигового переключателя IS-2336 и индикатора включения режима работы СД 2-5612UWC-8CD, а также конденсаторы, резисторы и диод Шоттки, обеспечивающие стабильную работу электронной части прибора. Подключение всех компонентов разработано на электрической принципиальной схеме.

Обоснован выбор съёмного элемента питания анализатора люминесценции – алкалиновой кроны LONGLIFE напряжением 9 В. И рассчитано время работы прибора от неё, которое составило 11,6 часа.

Рассчитана потребляемая мощность прибора – 941,0 мВт. Определена расчётная надёжность люминесцентного анализатора: интенсивность отказа

оборудования составила $8,5 \cdot 10^{-6}$ ч⁻¹, среднее время работы до отказа составляет приблизительно 13 лет.

Рассчитаны оптимальные размеры анализатора и разработан его сборочный чертеж со всей необходимой детализацией. Также разработан корпус, обеспечивающий удобный монтаж и демонтаж прибора при ремонте в ходе эксплуатации.

Проведен анализ методов изготовления оптических деталей с асферическими поверхностями, рассмотрены отечественные и зарубежные оборудования для формообразования и доводки асферических поверхностей. Из них выбран оптимальный отечественный станок для изготовления асферического отражателя, входящего в состав люминесцентного анализатора, – «Парабола», так как его используют для изготовления эллипсоидов вращения второго порядка, и он более надежен по конструкции и менее прихотлив к перепадам температур из-за отсутствия ЧПУ, чем аналоговые зарубежные оборудования.

Выявлены основные показатели технологичности асферических деталей. Рассмотрены существующие методы контроля асферических поверхностей и выявлены их достоинства и недостатки. Сформулированы основные положения техники безопасности в оптическом производстве.

Разработанный прибор представляет собой устройство экспресс-анализа семян сельскохозяйственных культур. К достоинствам анализатора можно отнести: неразрушающий метод измерений; простота измерений; быстрота и точность анализа; компактность.

Люминесцентный анализатор, разработанный в данной работе, может быть рекомендован к применению в различных областях науки и техники, при исследовании фотолюминесценции различных материалов и др.

2. ПЛАН РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

Сектор экономики – сфера производства. Организация будет относиться к отрасли по ОКВЭД 26.51 – «Производство инструментов и приборов для измерения, тестирования и навигации». ПАО «XXX» административно расположено в г. Смоленске.

Начало реализации данного инновационного проекта запланировано на 10.01.2018 года. Длительность проекта – 5 лет (60 месяцев). Процесс реализации проекта включает в себя несколько основных этапов: организация офисной и производственной площадок в рамках ПАО «XXX»; создание производственных мощностей, пуско-наладочные работы; проведение всех необходимых экспертиз для организации производственного процесса; заключение с поставщиками договоров на поставку необходимого сырья и комплектующих; клиентами – на приобретение люминесцентного анализатора и проведение необходимых маркетинговых мероприятий для формирования необходимого спроса на предлагаемый товар. С 10.04.2018 года планируется начало производственного процесса по производству и реализации

люминесцентного анализатора.

Для реализации инновационного проекта планируется использовать собственный капитал учредителей ПАО «XXX». Вносимый учредителями инвестиционный капитал составит 3,5 млн. руб. на формирование производственного потенциала и 1 млн. руб. на обеспечение потребности в собственных оборотных средствах.

Инновационный проект рассчитан на производство 9600 люминесцентных анализаторов в год при работе технологической линии в одну смену. В случае резкого увеличения спроса на рынке мощность может быть увеличена в 3 раза.

Эффективности инвестиций в проекте составит:

- дисконтированный период окупаемости проекта DBP – 28 месяцев,
- индекс прибыльности PI – 1,88,
- внутренняя норма рентабельности IRR – 76,24%,
- чистый приведенный доход NPV – 3744826 руб.

При этом все финансовые и интегральные показатели инновационного проекта находятся в пределах нормальных значений.

3. ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Для экономического анализа необходимо провести STEP и SWOT-анализ. Для проведения STEP-анализа рассмотрим макроокружение инновационного проекта и проведем бальную оценку параметров внешней среды, оказывающих влияние на деятельность предприятия. STEP-анализ макроокружения компании показал, что наиболее сильное влияние на деятельность предприятия оказывает экономическая и технологическая среда.

При тщательном анализе развития данных компонент макросреды, предприятие сможет использовать открывающиеся возможности и предотвращать угрозы со стороны внешнего окружения, тем самым, повышая эффективность своей деятельности в будущем.

В соответствии с данными SWOT-анализа были приняты следующие стратегические решения (таблица 2).

В качестве целевого сегмента выступают сельскохозяйственные предприятия и предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции.

При выборе стратегии охвата рынка предприятия необходимо учитывать следующие факторы:

- Ресурсы компании: предприятие в своей деятельности планирует поддержание тесного сотрудничества с поставщиками современных запасных частей и комплектующих.

- Степень однородности продукции: в инновационном проекте предлагается первая модель люминесцентного анализатора.

• Этап жизненного цикла товара: поскольку, предприятие с инновационной технологией создает, по сути, принципиально новый продукт на региональном рынке, то этап жизненного цикла услуги можно определить как зарождение.

Таблица 2 – Стратегические решения по функциональным областям деятельности предприятия

Функциональные области	Стратегические решения
Маркетинг	Разработка и проведение широкой рекламной компании в СМИ о деятельности предприятия и инновационном товаре. Создание эффективной системы продвижения инновационного товара предприятия на региональном рынке.
Производство	1. Создание необходимых инновационных производственных мощностей. Открытие в перспективе филиала предприятия, в других регионах РФ.
Финансы	Выделение денежных средств под приобретение инновационного оборудования по производству. Выделение денежных средств под разработку маркетинговой стратегии деятельности предприятия. Выделение денежных средств на подготовку и переподготовку обслуживающего персонала предприятия.
Персонал	Создание постоянно действующей системы подготовки и переподготовки кадров предприятия.
Управление	1. Создание эффективной системы управления организацией и контроля деятельности персонала предприятия.

Таким образом, поскольку предприятие в своей деятельности ориентируется на весь рынок, то оно выбирает использование стратегии массового маркетинга, ориентируясь только сельскохозяйственных производителей и переработчиков сельскохозяйственной продукции.

Составим комплекс маркетинга для люминесцентного анализатора, который состоит из четырех компонент.

1. Услуга. ПАО «XXX» производит и реализует инновационный продукт высокого качества на современном инновационном оборудовании.

2. Цена. Цена люминесцентного анализатора составляет 4100 руб./шт.

3. Распределение. В ПАО «XXX» существует разноуровневые каналы распределения розничная торговля, оптовая торговля.

4. Продвижение. Для продвижения люминесцентного анализатора планируется: рекламные ролики на смоленском радио и телевидении; рекламные щиты на территории города; рекламные объявления в специализированных сельскохозяйственных журналах. Бюджет маркетинга составляет 30 000 руб. ежеквартально в течение всего проекта.

В дальнейшем производственная мощность технологической линии может быть увеличена либо до 19200 шт., при этом предполагается работа в 2 смены; либо до 28800 шт. – работа в 3 смены. Производственный процесс по производству люминесцентного анализатора представляет собой процесс выполнения определенного вида работ. На основании выявленного объема спроса будет реализован следующий объем производства (таблица 3).

Таблица 3 – Планируемый объем производства люминесцентных анализаторов

Годы	2018	2019	2020	2021	2022
Люминесцентный анализатор, шт.	5200	9600	9600	9600	9600

Амортизационные затраты, включаемые с себестоимость услуг, составят по прогнозам 79,5 тыс. руб. в 2018 году, а с 2019 по 2022 год – 119,2 тыс. руб. Для составления производственного плана предприятия необходимо рассчитать себестоимость каждого вида услуги (таблица 4). Себестоимость продукта формируется исходя из переменных затрат – затрат, необходимых на материалы, запасные части и комплектующие и энергоносители.

Таблица 4 – Удельные переменные издержки

№	Элементы	Кол-во, шт.	Цена, руб.	
			для 1 шт.	для всех
1	Светодиод BIVAR UV5TZ-390-30	6	110	660
2	Фотодиод BPW21R	1	920	920
3	Операционный усилитель LMH6624	1	150	150
4	Микроконтроллер ATmega16	1	280	280
5	Резонатор HC-49SM	1	16	16
6	STU LM1084	1	140	140
7	Индикатор BA56-12SGWA	1	210	210
8	Выключатель клавишный KCD1-110O0111BBA	1	110	110
9	Переключатель сдвиговой IS-2336	1	3,68 – 4,90	4,1
10	Светодиод выводной 2-5613UWC-8cd	1	4,25	4,25
11	Алкалиновая крона VARTA LONGLIFE	1	112	112
12	Диод Шоттки BAT60A	1	7	7
			Итого:	2613,35

Переменные затраты по видам используемых материалов составят в прогнозном периоде (рисунок 5).

	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год
▶ Светодиод BIVAR UV5TZ-390-30	590 996,46	1 134 485,43	1 192 879,23	1 255 506,74	1 322 740,68
Фотодиод BPW21R	4 942 879,46	9 488 423,62	9 976 808,12	10 500 601,83	11 062 922,06
Операционный усилитель LMH6624	805 904,26	1 547 025,59	1 626 653,50	1 712 054,65	1 803 737,29
Микроконтроллер ATmega16	1 504 354,62	2 887 781,10	3 036 419,86	3 195 835,34	3 366 976,28
Резонатор HC-49SM	85 963,12	165 016,06	173 509,71	182 619,16	192 398,64
STU LM1084	752 177,31	1 443 890,55	1 518 209,93	1 597 917,67	1 683 488,14
Индикатор BA56-12SGWA	1 128 265,96	2 165 835,83	2 277 314,90	2 396 876,50	2 525 232,21
KCD1-1100011BBA	3 545 978,74	6 806 912,60	7 157 275,39	7 533 040,44	7 936 444,09
Переключатель сдвиговый IS-2336	22 028,05	42 285,37	44 461,86	46 796,16	49 302,15
Светодиод выводной 2-5613UWC-8cd	22 833,95	43 832,39	46 088,52	48 508,21	51 105,89
VARTA LONGLIFE	601 741,85	1 155 112,44	1 214 567,95	1 278 334,14	1 346 790,51
Диод ШотткиBAT60A	37 608,87	72 194,53	75 910,50	79 895,88	84 174,41
ИТОГО	14 040 732,64	26 952 795,51	28 340 099,46	29 827 986,73	31 425 312,36

Рисунок 5 – Переменные затраты на материалы
(с учетом формирования резервных запасов)

В производственный план включаются затраты на персонал, представленные в таблице 5. Для нового производственного участка планируется привлечь 19 человек.

Таблица 5 – Штатное расписание и схема выплат заработной платы

Должность	Кол-во	Зарплата (руб.)	Платежи
Управление			
мастер	2	25 000,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
Производство			
токарь	5	25 000,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
пайщик	3	20 000,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
сборщик	4	20 000,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
контролер	3	20 000,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
юстировщик	2	20 000,00	Ежемесячно, весь период пр-ва
вспомогательный персонал	3	12 000,00	Ежемесячно, весь период пр-ва

Также для составления производственного плана предприятия потребуется сформировать постоянные затраты деятельности предприятия в прогнозном периоде (в расчете на 1 месяц): дополнительные административные затраты -25000 руб.; дополнительные цеховые затраты - 50000 руб.; дополнительные маркетинговые затраты - 10000 руб.

Таким образом, постоянные затраты в прогнозном периоде представлены на рисунке 6.

	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год
▶ Административные	230 215,25	317 792,27	330 877,90	344 774,84	359 545,10
Цеховые	460 430,51	635 584,55	661 755,79	689 549,69	719 090,20
Маркетинговые	92 086,10	127 116,91	132 351,16	137 909,94	143 818,04
ИТОГО	782 731,86	1 080 493,73	1 124 984,84	1 172 234,47	1 222 453,34

Рисунок 6 – Постоянные затраты по годам прогнозного периода

На ход реализации предлагаемого проекта и расширение деятельности предприятия может значительно повлиять участие Смоленской области в Федеральных целевых программах «Ресурсосбережение в России (на 2012-2020 годы)» и пр.

На ПАО «XXX» используется линейно-функциональная система управления. Реализация инновационного проекта не вызовет ее изменения. Изменяется лишь численность персонала: в системе цехового управления добавляется 2 мастера; в системе производства – 17 рабочих, из них 2 вспомогательный персонал.

ПАО «XXX» использует стандартную систему налогообложения. В деятельности рассматриваемого предприятия льготы по налогообложению не используются (таблица 6).

Таблица 6 – Налоговое окружение проекта

Название налога	База	Период	Ставка
Налог на прибыль	Прибыль	Месяц	20 %
НДС	Добавочная стоимость	Месяц	18 %
Налог на имущество	Имущество	Квартал	2.2 %
ЕСН	Зарплата	Месяц	34 %

Инвестиционные затраты в проекте представлены на рисунке 7.

	1.2018	2.2018	3.2018	4.2018
Маркетинговые исследования рынка сбыта	50 000,00			
Преобретение оборудования, установка, наладка и з	993 333,33	993 333,33	993 333,33	
Закупка сырья и материалов для запуска пробной па			450 000,00	
▶ Рыночное тестирование изделия			20 000,00	
ИТОГО	1 043 333,33	993 333,33	1 463 333,33	

Рисунок 7 - Инвестиционные затраты по месяцам, руб.

Таким образом, суммарные инвестиционные затраты составляют 3,5 млн. руб. Структура инвестиционного капитала – 100% собственный капитал.

В рамках учетной политики ПАО «XXX» предусматривается линейная амортизация; метод учета материальных затрат – FIFO; формирования резервного фонда в размере 5% чистой прибыли.

Итоговые документы – результаты финансового планирования в прогнозном периоде представлены: баланс инновационного проекта (рисунок 8); отчет о прибылях и убытках проекта (рисунок 9); денежный поток проекта (рисунок 10); финансовые показатели проекта (рисунок 11).

	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год
Денежные средства	1 664 338,27	4 979 763,63	8 278 338,29	11 645 172,08	15 076 361,69
Краткосрочные предоплаченные расходы					
Суммарные текущие активы	1 664 338,27	4 979 763,63	8 278 338,29	11 645 172,08	15 076 361,69
Основные средства	2 980 000,00	2 980 000,00	2 980 000,00	2 980 000,00	2 980 000,00
Накопленная амортизация	79 466,67	198 666,67	317 866,67	437 066,67	556 266,67
Остаточная стоимость основных средств:	2 900 533,33	2 781 333,33	2 662 133,33	2 542 933,33	2 423 733,33
Оборудование	2 900 533,33	2 781 333,33	2 662 133,33	2 542 933,33	2 423 733,33
Инвестиции в основные фонды					
СУММАРНЫЙ АКТИВ	4 564 871,60	7 761 096,96	10 940 471,62	14 188 105,41	17 500 095,03
Отсроченные налоговые платежи	186 261,78	254 610,20	259 116,66	263 587,49	267 989,74
Суммарные краткосрочные обязательства	186 261,78	254 610,20	259 116,66	263 587,49	267 989,74
► Капитал внесенный сверх номинала	3 500 000,00	3 500 000,00	3 500 000,00	3 500 000,00	3 500 000,00
Резервные фонды		797 605,60	2 674 634,84	5 166 920,52	8 022 039,25
Добавочный капитал	1 000 000,00	1 000 000,00	1 000 000,00	1 000 000,00	1 000 000,00
Нераспределенная прибыль	-121 390,17	2 208 881,16	3 506 720,13	4 257 597,40	4 710 066,04
Суммарный собственный капитал	4 378 609,83	7 506 486,76	10 681 354,96	13 924 517,92	17 232 105,29
СУММАРНЫЙ ПАССИВ	4 564 871,60	7 761 096,96	10 940 471,62	14 188 105,41	17 500 095,03

Рисунок 8 – Баланс инновационного проекта, руб.

	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год
Валовый объем продаж	18 548 482,19	35 334 191,90	36 789 135,46	38 334 287,73	39 976 539,84
Чистый объем продаж	18 548 482,19	35 334 191,90	36 789 135,46	38 334 287,73	39 976 539,84
Материалы и комплектующие	11 898 925,96	22 841 352,13	24 017 033,44	25 277 954,86	26 631 620,64
Суммарные прямые издержки	11 898 925,96	22 841 352,13	24 017 033,44	25 277 954,86	26 631 620,64
Валовая прибыль	6 649 556,23	12 492 839,77	12 772 102,02	13 056 332,87	13 344 919,20
► Налог на имущество	44 104,00	56 719,33	54 335,33	51 951,33	49 567,33
Административные издержки	195 097,67	269 315,49	280 405,00	292 182,07	304 699,24
Производственные издержки	390 195,35	538 630,97	560 809,99	584 364,14	609 398,47
Маркетинговые издержки	78 039,07	107 726,19	112 162,00	116 872,83	121 879,69
Зарплата административного персонала	614 563,82	833 896,80	851 064,79	868 936,67	887 548,81
Зарплата производственного персонала	4 928 801,86	6 687 852,36	6 825 539,65	6 968 872,12	7 118 141,45
Суммарные постоянные издержки	6 206 697,77	8 437 421,82	8 629 981,43	8 831 227,84	9 041 667,66
Амортизация	79 466,67	119 200,00	119 200,00	119 200,00	119 200,00
Суммарные непроизводственные издержки	79 466,67	119 200,00	119 200,00	119 200,00	119 200,00
Другие издержки	440 677,97				
Убытки предыдущих периодов		121 390,17			
Прибыль до выплаты налога	-121 390,17	3 758 108,45	3 968 585,26	4 053 953,70	4 134 484,20
Налогооблагаемая прибыль	-121 390,17	3 758 108,45	3 968 585,26	4 053 953,70	4 134 484,20
Налог на прибыль		751 621,69	793 717,05	810 790,74	826 896,84
Чистая прибыль	-121 390,17	3 006 486,76	3 174 868,21	3 243 162,96	3 307 587,36

Рисунок 9 – Отчет о прибылях и убытках инновационного проекта, руб.

	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год
Поступления от продаж	21 887 208,99	41 694 346,44	43 411 179,84	45 234 459,52	47 172 317,01
Затраты на материалы и комплектующие	14 040 732,64	26 952 795,51	28 340 099,46	29 827 986,73	31 425 312,36
Суммарные прямые издержки	14 040 732,64	26 952 795,51	28 340 099,46	29 827 986,73	31 425 312,36
► Общие издержки	782 731,86	1 080 493,73	1 124 984,84	1 172 234,47	1 222 453,34
Затраты на персонал	4 106 196,80	5 571 666,05	5 686 373,66	5 805 784,29	5 930 140,93
Суммарные постоянные издержки	4 888 928,67	6 652 159,78	6 811 358,50	6 978 018,76	7 152 594,27
Налоги	2 293 209,42	4 773 965,80	4 961 147,22	5 061 620,24	5 163 220,77
Кэш-фло от операционной деятельности	664 338,27	3 315 425,36	3 298 574,66	3 366 833,79	3 431 189,61
Затраты на приобретение активов	2 980 000,00				
Другие издержки подготовительного периода	520 000,00				
Кэш-фло от инвестиционной деятельности	-3 500 000,00				
Собственный (акционерный) капитал	3 500 000,00				
Кэш-фло от финансовой деятельности	3 500 000,00				
Баланс наличности на начало периода	1 000 000,00	1 664 338,27	4 979 763,63	8 278 338,29	11 645 172,08
Баланс наличности на конец периода	1 664 338,27	4 979 763,63	8 278 338,29	11 645 172,08	15 076 361,69

Рисунок 10 – Денежный поток инновационного проекта, руб.

	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год
► Коэффициент текущей ликвидности (CR), %	1 212,08	1 419,20	2 675,80	3 924,18	5 154,19
Коэффициент срочной ликвидности (QR), %	1 212,08	1 419,20	2 675,80	3 924,18	5 154,19
Чистый оборотный капитал (NWC), руб.	993 108,83	3 242 032,35	6 503 648,17	9 834 990,65	13 232 611,46
Чистый оборотный капитал (NWC), \$ US	993 108,83	3 242 032,35	6 503 648,17	9 834 990,65	13 232 611,46
Козфф. оборачиваем. рабочего капитала (NCT)	18,68	10,90	5,66	3,90	3,02
Козфф. оборачиваем. основных средств (FAT)	6,87	12,46	13,54	14,76	16,13
Козфф. оборачиваем. активов (TAT)	4,90	5,59	3,88	3,02	2,50
Суммарные обязательства к активам (TD/TA), %	2,36	3,89	2,67	2,03	1,64
Суммарные обязательства к собств. кап. (TD/EQ), %	2,42	4,04	2,74	2,07	1,67
Козфф. рентабельности валовой прибыли (GPM), %	35,85	35,36	34,72	34,06	33,38
Козфф. рентабельности операц. прибыли (OPM), %	-52,08	10,64	10,79	10,58	10,34
Козфф. рентабельности чистой прибыли (NPM), %	-52,08	8,51	8,63	8,46	8,27
Рентабельность оборотных активов (RCA), %	-892,48	86,20	46,99	32,14	24,51
Рентабельность внеоборотных активов (RFA), %	-357,54	106,01	116,86	124,85	133,46
Рентабельность инвестиций (ROI), %	-255,27	47,54	33,52	25,56	20,71
Рентабельность собственного капитала (ROE), %	-261,44	49,47	34,43	26,09	21,05

Рисунок 11 – Финансовые показатели инновационного проекта, руб.

Анализируя полученные результаты можно отметить, что валюта баланса к концу проекта выросла более чем в 3 раза, причем за счет использования собственного капитала; в структуре активов баланса преобладает доля денежных средств, так как в данном случае, проект рассматривается как генератор денежной массы, и использование свободных денежных средств на возмещение инвестиций и бонусы собственникам предприятия не рассматриваются, как не рассматривается и дальнейшие реинвестиции в организацию, с точки зрения роста ее производственного и

рыночного потенциала; чистая прибыль устойчиво растет, и в 2019 году превышает целевой показатель в 3 млн. руб.; аккумулированный денежный поток растет, и в 2022 году превышает целевой показатель в 15 млн. руб.; по результатам анализа показателей финансового состояния предприятия можно сказать, что баланс предприятия – ликвиден, организация – платежеспособна, рентабельна и инвестиционно привлекательна для внешних инвесторов.

Проведение анализа безубыточности говорит о том, что запаса финансовой прочности по производству люминесцентных анализаторов достаточно. Сравнивая минимально необходимые объемы производства (рисунок 12) и прогнозируемые (рисунок 13), можно сделать вывод о превышении последних в десятки раз.

Продукт	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год
▶ Люминисцентный анализатор	419,75	551,57	551,42	551,60	552,15

Рисунок 12 – Точка безубыточности люминесцентных анализаторов, шт

	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год
▶ Люминисцентный анализатор	5 200,00	9 600,00	9 600,00	9 600,00	9 600,00

Рисунок 13 – Прогнозный объем производства люминесцентных анализаторов, шт.

В результате реализации проекта в бюджеты различных уровней поступят следующие платежи (рисунок 14).

	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год
▶ Налог на прибыль		686 275,38	792 257,78	809 401,51	825 597,65
НДС	826 488,87	2 080 291,97	2 123 727,32	2 167 646,89	2 211 910,47
Налог на имущество	29 551,67	57 315,33	54 931,33	52 547,33	50 163,33
ЕСН	1 437 168,88	1 950 083,12	1 990 230,78	2 032 024,50	2 075 549,33
ИТОГО	2 293 209,42	4 773 965,80	4 961 147,22	5 061 620,24	5 163 220,77

Рисунок 14 – Сумма налоговых поступлений в бюджеты различных уровней

Величина ставки дисконтирования рассчитывается по средневзвешенной цене инвестиционного капитала

$$I = \sum (i_j \times D_j) + R_p,$$

где i_j – плата за привлечение капитала из j -го источника, D_j – доля капитала в инвестиционном капитале из j -го источника; R_p – премия за риск, определенная на основе метода Монте-Карло.

Поскольку в проекте используется собственный капитал учредителей, то ставка дисконтирования составит.

$$I = D_{зк} \times P_{зк} + D_{ск} \times P_{ск} = 10\%$$

Проведем анализ проекта методом Монте-Карло (рисунок 15).

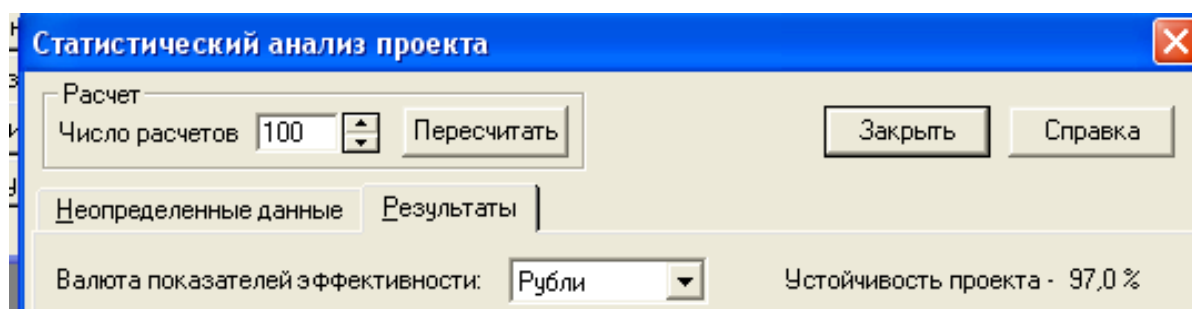


Рисунок 15 – Анализ проекта методом Монте-Карло

При устойчивости проекта выше 90% премия за риск R_p составляет 1-2 ставки рефинансирования. Таким образом, ставка дисконтирования составит 28%.

Итоговые показатели эффективности инвестиций, интегральные показатели проекта представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Интегральные показатели реализации проекта

Показатель	Рубли
Ставка дисконтирования	28 %
Период окупаемости	23 месяцев
Дисконтированный период окупаемости	28 месяцев
Чистый приведенный доход	3 744 791 руб.
Индекс прибыльности	1,88
Внутренняя норма рентабельности	76,23 %

Анализ интегральных показателей эффективности инвестиций проекта показал, что проект окупается по бухгалтерским (статическим) методам через 23 месяца; по динамическим методам через 28 месяцев (при общей длительности проекта – 60 месяцев). Чистый приведенный доход проекта NPV составил 3 744 791 руб. Показатель внутренней нормы рентабельности IRR более чем в два раза больше ставки дисконтирования для проекта, что говорит о хорошей прочности проекта и индекс прибыльности PI составил 1,88, что говорит о хорошей инвестиционной привлекательности проекта.

Таким образом, проект эффективен, экономически целесообразен и инвестиционно привлекателен.

В процессе реализации данного проекта организация может столкнуться с различными видами риска. Данные риски могут быть связаны с ухудшением экономической ситуации в регионе или стране в целом, изменение политической ситуации, изменение технологической ситуации и прочее. Но, как правило, наибольшее влияние на успешную реализацию проекта оказывают экономические риски. Поэтому для данного проекта было рассмотрено влияние изменения экономических параметров, которое было рассчитано с помощью метода анализа чувствительности.

В ходе реализации инновационного проекта ПАО «XXX» может столкнуться со следующими группами рисков:

коммерческие риски – связаны с неопределенностью результата финансово-хозяйственной деятельности предприятия:

производственные риски (связаны с различными нарушениями в производственном процессе в результате возможной остановки производства, повреждения основных или оборотных фондов или с задержками в процессе поставки сырья, материалов и комплектующих);

имущественные риски (связаны с вероятностью потерь имущества по причине кражи, диверсии, халатности);

снабженческо-сбытовые риски (задержки платежей за проданную продукцию);

финансовые риски (обусловлены инфляционными процессами, платежеспособностью клиентов – сельскохозяйственными и перерабатывающими предприятиями, колебаниями валютных курсов и пр.);

инвестиционный риск – риск снижения доходности бизнеса (процентные и кредитные риски) и риск прямых финансовых потерь (риск банкротства);

риски, связанные с форс-мажорными обстоятельствами (природно-естественные, экологические, политические и другие).

Выводы: анализируя полученные результаты можно сказать, что наибольшее влияние на реализацию инновационного проекта оказывает цена сбыта и цена комплектующих.

Для снижения и смягчения рисков, связанных с колебаниями цены сбыта и комплектующих необходимо принять следующие меры:

– постоянно отслеживать динамику и конъюнктуру рынков, действия потенциальных конкурентов;

– стараться снизить производственные издержки

– повысить привлекательность оказываемой услуги (стимулирование продаж, постоянное обновление и расширение ассортимента).

Включение в ставку дисконтирования 18% позволит инновационному проекту по производству люминесцентных анализаторов заложить хорошую финансово-экономическую базу для компенсации возможных потерь.

Таким образом, проект эффективен, экономически целесообразен и инвестиционно привлекателен.

Библиографический список

1. Зиенко С.И., Малышкин В.В. Особенности частотного спектра лазерно-индуцированной люминесценции семян растений // Сборник трудов V Международной научно-технической конференции «Энергетика, информатика, инновации». Смоленск: Издательство «Универсум», филиал НИУ МЭИ в г. Смоленске, 2015. Т.1. С. 357–361.
2. Беляков М.В. Типовые спектральные характеристики люминесценции семян растений // Естественные и технические науки. 2015. №11. С. 521–525.
3. Зиенко С.И., Беляков М.В., Малышкин В.В., Кондрашова М.Е. Люминесцентная диагностика семян кормовых растений при скарификации // Научная жизнь. 2017. №3. С. 4-13
4. Зиенко С.И., Беляков М.В., Малышкин В.В. Статистические характеристики спектров испускания люминесценции материала поверхности семян растений // Сборник трудов VI Международной научно-технической конференции «Энергетика, информатика, инновации-2016». Смоленск: Универсум, 2016. Т.2. С. 79-83.